

A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVII. KÖTET

1-2. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1960. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK RENDEZÉSÉBEN ÁPRILIS 11-13-ÁN  
ELHANGZOTT ELŐADÁSOK



1960

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVII. KÖTET 1—2. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., NÁDOR UTCA 7.  
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

A kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia  
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei  
Budapest, V., Nádor utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Megjelent munkájáért minden szerzőt száz különnyomat illet meg. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 05-915-111-46), külföldi megrendelések a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, I., Fő utca 32., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

**Acta Technica**

című idegen nyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Nádor utca 7.



A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVII. KÖTET



1960

VI. OSZT. KÖZL.



## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Balogh Arthur</i> : Adalék a lengésekkel kapcsolatos számítások egyszerűsítésére.....	227
<i>Balogh Arthur</i> : Torzióslengés karakterisztikus egyenlete együtthatóinak kiszámítása..	333
<i>Csonka Pál</i> : A Macaulay-féle eljárás alkalmazási körének kiterjesztése .....	217
<i>Csonka Pál</i> : A rugalmas körhengerháj feszültségfüggvényéről .....	221
<i>I. A. El-Demirdash</i> : A kerettartók (Vierendeel-tartók) .....	429
<i>Egyed László</i> : A Föld dinamikája és kialakulása .....	133
K o r r e f e r á t u m:	
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> .....	152
H o z z á s z ó l á s o k:	
<i>Barta György</i> .....	155
<i>Renner János</i> .....	157
<i>Egyed László</i> válasza .....	158
<i>Vadász Elemér</i> elnök zárszava .....	161
<i>Geleji Sándor</i> : Az osztályvezetőség beszámolója .....	1
K o r r e f e r á t u m o k:	
<i>Bognár Géza</i> .....	18
<i>Benedikt Ottó</i> .....	20
<i>Rázsó Imre</i> .....	23
<i>Mujor Máté</i> .....	25
H o z z á s z ó l á s o k:	
<i>Szügeti György</i> .....	29
<i>Bán Tamás</i> .....	31
<i>Hevesi Gyula</i> .....	32
<i>Geleji Sándor</i> zárszava .....	33
<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása és ennek segítségével az excenterest elkészítése .....	191
<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása adott méretű görgő esetén.....	201
<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása adott méretű görgő esetén a paralelgörbe egyenletének felhasználásával .....	211
<i>Hankó Géza</i> : A fotogrammetria alkalmazása az 1:10 000 és nagyobb méretarányú térképezéseknél a hazai viszonyok között .....	393
<i>Hazay István</i> : Sztatikai koordinátakiegyenlítés iránymérésekkel, tájékozó irányok nélkül	259
<i>Loa I-can</i> : A finom szén mosása hidrociklonban .....	377
<i>Müllner Tivadar</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak jövőbeli perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. III. ....	111
H o z z á s z ó l á s o k:	
<i>Bognár Géza</i> elnök zárszava .....	132
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> : A merogeológiától a hologeológia felé .....	35



H o z z á s z ó l á s o k :

<i>Vadász Elemér</i> elnök .....	60
<i>Földváriné Vogl Mária</i> .....	61
<i>Egyed László</i> .....	63
<i>Millner Tivadar</i> .....	65
<i>Kertai György</i> .....	65
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> válasza .....	66
<i>Vadász Elemér</i> elnök zárszava .....	68

<i>Szelényi Tibor és Vác István</i> : Árammal iztított drótok alacsonyabb hőmérsékletének megállapítása extrapolációval .....	247
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Szigeti György</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. I. (Székfoglaló előadás) .....	71
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Szőke Béla</i> : Motoros irányváltásnál keletkező ütések a hajtás hézaggal bíró elempárjaiban .....	359
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Tichý M. és Vorlíček M.</i> : Előre nem látható módon változó hajlékonyságú többtámaszú tartók és keretszerkezetek .....	283
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Trautmann Rezső</i> : A mezőgazdasági építés politikája .....	163
------------------------------------------------------------------	-----

K o r r e f e r á t u m o k :

<i>Perczel Károly</i> .....	175
<i>Gerle György</i> .....	180
<i>Hergár Viktor</i> .....	185

H o z z á s z ó l á s :

<i>Széchy Károly</i> .....	190
----------------------------	-----

<i>Vác István és Z. Nagy Lajos</i> : Ultravacuum-mérő, ultravacuum-előállítás .....	293
-------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Valkó Iván Péter</i> : Akusztikai berendezések zajossága .....	313
-------------------------------------------------------------------	-----

<i>Winter Ernő</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak jövőbeni perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. II. Elektroncső .....	83
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

H o z z á s z ó l á s o k :

<i>Barta István</i> .....	107
<i>Valkó Iván Péter</i> .....	109

K Ö N Y V S Z E M L E

<i>Tárczy-Hornoch—Hrisztow</i> : Tafeln für das Krassowsky-Ellipsoid — Regöczy Emiltől .....	457
----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<i>Pentkovszkij, M. V.</i> : Nomográfia — Balogh Arthurtól .....	458
------------------------------------------------------------------	-----

<i>Mihailich Győző</i> : A XIX. és XX. századbeli magyar hídépítés története Korányi Imrétől .....	459
----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**BESZÁMOLÓ**  
**A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK**  
**MUNKÁJÁRÓL A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA**  
**1960. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN**

GELEJI SÁNDOR  
akadémikus, osztálytitkár

Mostani beszámolómnak különös jelentősége van, mert olyan időpontban hangzik el, amidőn a felszabadulás óta eltelt 15 évre és az átszervezett szocialista Tudományos Akadémia és benne a Műszaki Tudományok Osztálya működésének 10 évére tekinthetünk vissza. Nem feladatunk e helyen akár csak vázlatosan is ismertetni azt a sok-sok küzdelmes munkát, amely Pártunk vezetésével és mindnyájunk összefogásával új társadalmunkat kialakította és mai fejlettségi fokához eljuttatta. Népi demokráciánk megszilárdulása és a társadalmunkban bekövetkezett alapvető változások közvetlenül vagy közvetve hozzájárultak ahhoz, hogy Akadémiánk eredményesen működni tudjon, Osztályunk pedig a későbbiekben vázolt és nem lebecsülendő eredményeket elérhesse.

Hogy eddigi munkánkat megfelelően tudjuk értékelni, nem szabad elfelejtenünk, hogy honnan indultunk. A Magyar Tudományos Akadémiának átszervezése előtt műszaki osztálya nem volt. A fiatal technikai tudományoknak így nem voltak olyan akadémiai hagyományai, mint például a humán tudományoknak. De hazánkban a felszabadulás előtt szervezett formában műszaki tudományos kutatás sem folyt. Így tehát a Műszaki Tudományok Osztályára működése kezdetétől fogva kettős feladat várt. Egyfelől meg kellett szervezni a műszaki tudományos erők összefogását, a korábbi és fellelhető műszaki tudományos eredmények rendszerezését, irodalmi feldolgozását és közzétételét, másfelől új eredmények keletkezését kellett akadémiai műszaki kutatási hálózat kifejlesztésével elősegíteni. Lényegében tehát a hazai műszaki tudományt szervezetté kellett tenni, régi, humán típusú Tudományos Akadémiánkkal a modern technikai szemléletet meg kellett ismertetni, és a műszaki tudományok számára az Akadémián otthont kellett teremteni. Fontos feladata lett a Műszaki Tudományok Osztályának a szocialista ipar és mezőgazdaság segítése is.

Osztályunk igyekezett ezeknek a nehéz és megtisztelő feladatoknak megfelelni. A munkát az újonnan szervezett Műszaki Tudományok Osztálya HEVESI Gyula akadémikus, osztálytitkár irányításával végezte, kinek páratlan aktivitással és lelkesedéssel végzett óriási szervező munkája következtében kiterjedt bizottsági rendszer jött létre, és Osztályunkon mozgalmas tudományos élet indult meg.

1953—54-ben az Osztályon 20 főbizottság hatáskörében mintegy 80 szakbizottság működött. Ez a számban is jelentős gárdát — 900—1000 főt — magába foglaló bizottsági rendszer egyesítette a hazánkban működő legkiválóbb elméleti és gyakorlati szakembereket. A bizottságok nagyfokú differenciáltsága következtében ez a rendszer képes volt az egyes elméleti vagy gyakorlati kérdések legapróbb részleteibe is behatolni. Osztályunkon az elmélet és a gyakorlat szoros együttműködése alakult ki és a bizottságok a kollektív tudományos munka új szocialista formájának voltak tekinthetők. Annak következtében, hogy minden hivatali alárendeltségtől mentesek, bennük a kritikai szellem szabadabban érvényesülhetett és érvényesül. Ez az élénk bizottsági élet nem lebecsülhető hatást fejtett ki szakembereink tudományos fejlődésére, és műszaki értelmiségünk tudományos képzését is nagyban segítette. Bizottságaink fontos népgazdasági fejlesztési kérdésekkel is foglalkoztak, mégpedig némegyszer összes tudományterületeink összefogásával. Osztályunk felismerte a bizottsági rendszerben rejlő nagy lehetőségeket, és úgy vélte, hogy ezek munkája népgazdaságunknak hasznos segítséget nyújthat. Ezért bizottságai segítségével részint saját kezdeményezéséből, részint kormányzervek megkeresésére számos tervet és javaslatot dolgozott ki. Meg kell mondanunk azt is, hogy ez a segítő törekvésünk nem járt mindig kellő sikerrel, mert számos javaslatunkat vagy egyáltalán nem, vagy csak későbbi időpontban hasznosították. Bizottságaink tanulmányaikban komoly javaslatokat tettek és rámutattak a népgazdaság, illetve az ipar különböző területein meglévő hiányosságokra. Különösen kiemelkedőnek tartjuk Osztályunknak az alábbiakban ismertetett néhány nagyobb átfogó javaslatát.

*Távlati népgazdasági ipar- és közlekedésfejlesztési tervjavaslat.* Az Osztály saját kezdeményezéséből 1953—54-ben olyan fejlesztési javaslatot készített, amely az összes tudományterületeinkkel kapcsolatos iparág, valamint a közlekedés távlati fejlesztésére kiterjedt. A fejlesztési javaslatot ipari helyzetkép készítése előzte meg. Maga a javaslat nagymértékben igyekezett a népgazdaság bonyolult szerkezetét összefüggéseiben tárgyalni, és számos olyan megállapítást tett, mely korábbi tervezési hibák kijavítását célozta. Különös tekintettel volt hazai nyersanyagaink és energiaforrásaink racionálisabb kihasználására, továbbá olyan munkaiigényes gyártmányok előállítására, amelyekhez a hazai szellemi bázis már megvan vagy könnyen megteremthető. Megkísérelte néhány iparágra vonatkozólag felvázolni, hogy azokat hazai adottságaink ismeretében milyen mértékben szükséges fejleszteni stb. Ez a munka összes fő- és szakbizottságaink tevékenységére támaszkodott, és a jó kollektív szellemi együttműködés eredménye volt.

*Ötéves kutatási tervjavaslatok készítése.* Az Osztály két ízben is, 5—5 éves tervidőszakra, tudományos kutatási tervjavaslatot dolgozott ki. A javaslat országos méretű kutatási hálózatot vázolt fel, és így az akadémiai kutatásokon kívül az ipari kutatásokkal is foglalkozott; az akadémiai kutatószerveken



kívül az ipari kutatóintézetek és egyes nagyüzemi kutatólaboratóriumok tematikai tervét, valamint beruházási és személyi szükségletét is tartalmazta. E tervjavaslatok is bizottságaink kollektív szellemi munkájának eredményei voltak.

*Ipari kutatóintézetek racionalizálási javaslata.* Az Osztály e nagy munkát is összes bizottságai bevonásával végezte. Felmérte a Vegyészeti Osztállyal együtt az ország összes ipari kutatóintézetének helyzetét, ezután pedig az egyes kutatószervek kutatási körülményeit, feladatait és szükségleteit tekintetbe véve tette meg kormánysszervek részére javaslatát az intézetek jövőbeni működésére vonatkozólag.

*A Párt gazdasági irányelveinek megvitatása.* Két alkalommal is foglalkozott az Osztály a Párt gazdasági irányelveivel, 1956-ban az akkor készülöben levő 5 éves tervre vonatkozólag és 1959-ben a VII. Kongresszuson tárgyalt új 5 éves tervünkkel kapcsolatban. Mindkét esetben összes bizottságai segítségével igen alaposan tárgyalta mind az ipar és közlekedés fejlesztésére vonatkozó, mind a tudományos fejlődést érintő elveket. Értékelésével, építő bírálatával és az irányelvek bizonyosfokú kiegészítésével arra törekedett, hogy a készülö tervek minél nagyobb mértékben és tökéletesebben szolgálják népgazdaságunk fejlődését, valamint népünk életszínvonalának emelését.

Részt vett az Osztály ugyancsak összes bizottságai bevonásával az országos távlati kutatási terv gerincét képező *távlati kutatási fő problémák munkájában*. Számos vita és alapos megfontolás után fogalmazta meg javaslatában az egész műszaki tudományterületet felölelő összes, mintegy 31 fő probléma lényegét, amelyek alapján az országos távlati kutatás megtervezése tudományterületenként lehetségessé válik. A Minisztertanács az országos fő problémákat már jóváhagyta, és a műszaki fő problémák közül 5-öt jelölt ki, amelyeknek a jövőben az Akadémia, illetve az Osztály lesz a gazdája.

Ezek után ismertetem bizottságainknak az elmúlt tíz év alatt végzett fontosabb tevékenységét és a részükről képviselt szakterület fontosabb tudományos eredményeit, hogy nagy vonásokban képet kaphassunk az elvégzett munkáról és a bizottságok jelentőségéről.

### *Földtan*

A *Főbizottság* az elmúlt 10 esztendő alatt tevékenységével nagymértékben elősegítette a magyar föld mélyének megismerését és ezzel a benne rejlő ásványi nyersanyagkincsek felkutatását. A népgazdaság elsőrendű ásványi nyersanyagigényeinek kielégítését szolgáló munkák irányítása, koordinálása mellett nagy súlyt fektetett a földtan alaptudományi feladatainak ellátására. A Főbizottság 1951-ben tárgyalta a Nagylengyel környéki kutatások lehetőségeit, és javasolta az első fúrás megtelepítését ezen a területen, amely azóta hazánk legnagyobb kőolajlelőhelyének bizonyult. A Velencei hegységben a Főbizott-

ság közvetlen irányításával végzett tudományos vizsgálatok alapján fluorit- és cinkérclelőhelyeket sikerült felfedezni. A hazai uránércutatás az 1948—54 közötti években a Főbizottság nagyfokú kezdeményező támogatásával indult.

Kiemelkedő tudományos munkásságot jelent a Magyarország földtana, Elemző földtan, Földtörténeti és Földfejlődés, Kőszénföldtan, Bauxitföldtan című munkák megírása, amelyek összefoglalják a földtan, illetve annak részterületeire vonatkozó eredményeket és megszabják a további alap kutatások irányát.

### *Geokémia*

A Főbizottság megalakulása óta a geokémiai, ásványkőzettani országos kutatás megvalósításában mind az elméleti megalapozással, mind a kivitel irányításával működött közre. Döntő szerepe és szava volt legtöbbször a geokémiai problémákat felvető és nagy gyakorlati jelentőségű hazai kutatásokban, amelyek a színesérc, alumíniumérc, uránérc, perlit, bentonit stb. feltárása érdekében folytak. A Főbizottság működési eredményeinek legfontosabb összefoglalása a múlt évi nemzetközi jellegű Geokémiai Konferencia volt, amelynek tudományos tartalmát a Főbizottság évekre visszanyúló koordinált kutatásai szolgáltatták. A konferenciának nagy nemzetközi visszhangja fémjelzi a hazai elméleti eredményeket.

A nemzetközileg is jelentősnek ismert új geokémiai szemlélet, elsősorban a transzvizaporizáció és elem migráció felismert tényei és ezeknek vulkáni hegységeink kutatásában történő alkalmazása a szakterület kutatóit élénk munkára serkentették.

### *Geodézia és geofizika*

A Geodéziai Főbizottság felismerte a geodéziai műszergyártás és export nagy népgazdasági jelentőségét, így központi kérdéssé tette annak fejlesztését, és rendszeresen, állandóan figyelemmel kíséri azt. Működésének fontos eredménye volt az 1956-ban megrendezett Geodéziai Kongresszus, amely jóváhagyta azt a tervet, hogy dolgozzák ki a 40 és 55 fok közötti KRASSZOVSKIJ-ellipszoidra vonatkozó táblázatokat. Ez a munka a múlt évben befejeződött. A táblázatok nyomtatásban is megjelentek.

A geodéziai tudományos kutatómunka nemzetközileg is elismert eredményeket ért el. Kiemelkedők: az invardróttal való alpmérés, a kontinentális hosszálózatok kiegyenlítése, nagyszabotosságú libellák vizsgálata, a vetületi átszámítások és a sztatikai kiegyenlítés terén végzett vizsgálatok.

A Geofizikai Főbizottság a magyar geofizikát fejlődésének minden lényeges kérdésében segítette. A gyakorlati geofizikai kutatás a múltban kizárólag

az olajkutatásra korlátozódott. A Főbizottság javaslatára a karottázsvizsgálatokat a szénbányászat egyes területein a mélyfúrásoknál bevezették. A Geodéziai Főbizottsággal közös kezdeményezés alapján indította el az országos első- és másodrendű graviméteres hálózat bemérését, valamint az országos mágneses méréseket. Külön bizottság létrehozásával megszervezte és lebonyolította a Nemzetközi Geofizikai Év országos munkálatait.

Az akadémiai kutatómunka új módszereket adott a szeizmikus kutatómérések számítására. Ezen módszert külföldön is alkalmazták. A kutatómunka alapján jöttek létre megfelelő műszerek és az észlelést végző obszervatorium. A Föld belső szerkezetének kritikai vizsgálatai és az ezek alapján kifejlesztett új elmélet nemzetközi érdeklődést keltettek.

### *Hidrológia és vízgazdálkodás*

A Főbizottság a Földtani Főbizottsággal közösen megvitatta az Országos Vízgazdálkodási Keretterv vízügyi beruházási kérdését és a vonatkozó tudományos kutatási feladatokat. Foglalkozott a vízellátás, ivóvíz és szennyvíz, öntözés és belvízrendezés országos problémáival. Megtárgyalta a Magyar—Csehszlovák Dunaszakaszi vízerejének hasznosítására vonatkozó problémákat. Kiemelkedő tudományos eredményt értek el a szivárgási kisminta kísérletezés hazai bevezetésével, a tiszalöki vízlépcsővel kapcsolatos kísérletekkel, a folyócsatornázás hajózásra gyakorolt hatásának a vizsgálatával.

### *Bányászat*

A Főbizottság kezdeményezése volt az új magyar bányatörvény megalkotása. Javaslatot készített a hazai kohókokszi előállítására, a karsztvízveszélyes bányák biztonságos lefejtésére, a szilikózis elleni védekezésre. Elvi iránymutatást adott a bányüzemek gépészeti korszerűsítésére, a bányászat termelékenységének növelésére, foglalkozott a magyar bányászat rendkívüli kőzetviszonyaival, az olajbányászat legfontosabb problémáival stb.

A tudományos kutatás terén a kőzetmechanikai vizsgálatokat a matematikai rugalmasságtan elvei szerint új alapokra helyezték. A bányászati telepítések analitikája új elméletet teremtett a bányüzemek főparamétereinek meghatározásában. Újszerű eredményeket hozott a földi hőáramlások vizsgálata. A hidrociklonra vonatkozó elméleti megállapítások jelentősek. A bányászati kutatás további kiemelkedő eredménye a tároló kőzetek relatív nedvesedési, kapilláris nyomásviszonyainak felderítése.

### *Kohászat*

Fontos bizottsági tevékenység volt a nagyszilárdságú öntöttvas kutatások értékelése, viták alapján való lezárása és a realizálás elősegítése; értékes javas-



latok készültek nyersvas- és acélgyártásunk távlati fejlesztésére, továbbá kishányadosú bauxitjaink feldolgozására, új színes- és könnyűfémű felállítására stb. Igen jelentős az az ipari és tudományos helyzetkép, amely nemcsak az ország, de a nagyipari államok kohászatát is felölelte, és belőle a jövőbeni teendőkre a következtetéseket levonta. Számos tudományos rendezvény közül az 1955. évi nemzetközi jellegű Könnyűfém Kongresszus emelhető ki.

A *tudományos kutatás* terén a fémek képlékeny alakítására vonatkozólag új eredményeket értek el, amelyek a különféle alakítási módoknál működő erők kiszámítását, a gyakorlattal megegyezően, az eddigieknél lényegesen pontosabban teszik lehetővé. Kiemelendő egy új hengerlési elmélet felállítása. Az elméleti módszerek igazolására kísérleti mérőberendezést is fejlesztettek ki. A több nyelven publikált eredményeket hazai és külföldi tervezőintézetek hasznosítják. A fémek kristályosodásával kapcsolatban új értékes módszert dolgoztak ki, amellyel a csírák olvadásának menete megfigyelhető. Eredményesen foglalkoztak továbbá a fémolvadékok vákuumban végbemenő gáztalanodásának mechanizmusával. Említésre méltó a hazai nyersanyagokból elektrolit-mangánfém előállításának kidolgozása.

### *Energetika*

A *Főbizottságban* rendezett vitákon alakultak ki azok a szempontok, továbbá azok a műszaki és gazdaságossági módszerek, amelyeket az energetikai és gyártó ipar az ötéves és a távlati terveknel felhasznált, és mindennapi munkájában ma is felhasznál. Az Energetikai Főbizottság és annak ma is működő két szakbizottsága, a Kalorikus Főbizottság és az Erősáramú Villamos Főbizottság kezdeményezte az első energiagazdálkodási távlati terv kidolgozását. A kalorikus és az erősáramú ipar legfontosabb területeire vonatkozóan kidolgozott több ipari és tudományos helyzetkép alapján javaslat készült az érdekelt főhatóságok számára a teendőkről.

A *tudományos kutatás* eredményeképpen a léghővezetés igen jelentősen tökéletesedett. Kutatómunka folyt az atomerőhasznosítás hazai vonatkozású kérdéseinek területén is. Több eredményre nemzetközi viszonylatban is felfigyeltek. Megemlítendő az erősáramú villamos kutatómunka terén a villamos forgógépek kedvezőbb kialakítására és azok üzemi viszonyainak tanulmányozására vonatkozó vizsgálatok.

### *Gépszerkesztés, technológia és anyagvizsgálat*

A *Gépszerkesztési Főbizottság* legfontosabb tevékenysége a dieselesítésre, ezen belül a turbófeltöltő és Diesel-adagoló szivattyú fejlesztésére, a traktor Diesel-motor helyes fejlesztési irányainak kijelölésére irányult. A bányagépesítés és a korszerűszerszámgyártás érdekében 1952-ben ankétet, illetve nemzetközi méretű kongresszust rendezett. Sikeres volt a hazai vízgépgyártás komp-

lex fejlesztése céljából rendezett ankétja is. Az ankét kezdeményezésére vízgép-laboratórium épült és akadémiai kutatócsoport létesült a Budapesti Műszaki Egyetem Vízgép Tanszékén. A mezőgazdaság komplex gépesítése érdekében jelentős munkát fejtett ki. Súlyponti kérdések voltak a korszerű arató-cséplőgép kialakítása, a G 35-ös traktor továbbfejlesztése. Az 1952. évi Akadémiai Nagygyűlésen a fogaskerék-elmélettel kapcsolatos tudományos kérdésről előadássorozatot rendezett, amikor is új magyar fogazási rendszer kidolgozását határozta el, amely megvalósult és átment a gyakorlatba. A kutatás terén említésre méltó a radiális átömlésű ventilátorok és szivattyúk lapátozásának számítására alkalmas módszer kidolgozása. Szép eredményeket értek el a pneumatikus szállítás elméletének és méretezési eljárásának, valamint a mammutszivattyú és vízszugár-szivattyú elméletének és méretezésének kidolgozásával. Említésre méltó a talajművelő gépek talajra gyakorolt hatásának vizsgálata is, valamint a nádatás gépesítésére vonatkozó eredményes kutatások.

A *Technológiai Főbizottság* széles körben foglalkozott az általános gépméretezés problémáival; ez kiterjedt a Siebel-féle méretezés kritikai megvitatására, a korszerű feszültségoptikai és röntgenreflex vizsgálatok alkalmazására. Ezt a problémakört a Főbizottság továbbra is súlyponti kérdésként kezeli.

E terület akadémiai *alapkutatásai* közül igen jó eredményt értek el a titánygártás reakció kinetikájának tisztázása terén. További jelentős eredmények voltak: új eljárás kidolgozása a fémek belső feszültségi állapotának vizsgálatára, a kontrakciós munka-elmélet kidolgozása, a felrakottélú gyorsacél kések egyszerű kikeményítése, a feszültségoptikai vizsgálatok.

### *Híradástechnika*

Jelentős *bizottsági tevékenység* volt a híradástechnika különleges fémek hazai nyersanyagokból való előállítását célzó helyzet-felmérés és a kutatás megindítása, nemkülönben a mágneses anyagok előállítására irányuló munka. Értékes helyzetkép készült 1957-ben az egész híradástechnikai iparágról és feladatairól. A tudományos rendezvények közül az 1959. évi Nemzetközi Mikrohullámú Konferencia emelendő ki.

A *kutatás terén* értékes eredmény az, hogy a mikrohullámú szélessávú televíziós műsor és több száz telefoncsatorna átvitelére szolgáló rendszer televíziós csatornáját és a szükséges bemérő műszereket kidolgozták. Az elektronemissziós kutatások az oxidkatódok minőségének jelentős megjavítását és világviszonylatban új készletkatódok kidolgozását eredményezték. A mikrohullámú elektroncsövek kutatása terén több klystron és nagy teljesítményű magnetrontípust fejlesztettek ki és televíziós képcsövet dolgoztak ki. Jó eredményeket értek el elsősorban a germánium-félvezetők kutatásában és a félvezetők mechanizmusával kapcsolatban. Az elektrolumineszcencia terén sikerült nagyon tiszta cinkszulfid egykristályokat előállítani. Tisztázták az igen

kis szennyezések befolyását a wolframfém technológiájában, és újeljárást dolgoztak ki jobb minőségű wolfram előállítására. Tisztázták továbbá a beta-wolfram képződésének módját és szerkezetét. Értékesek a külföldi televíziós adások vétel-lehetőségeire és minőségének vizsgálatára vonatkozó kutatások. Elkészült egy televíziós képfelvevő vidikon-kamrával.

### *Automatika*

A *Főbizottság* fő tevékenysége a hazai fejlesztés számára jelenleg legfontosabb pneumatikus automatika elemek és rendszerek tudományos kérdéseire és a Nemzetközi Automatika Szövetségben való tagság hazánkra eső feladatainak megoldására összpontosul.

A tudományos kutatás terén elért eredmények közül meg kell említeni az autodin megalkotásával és továbbfejlesztésével kapcsolatos munkát. A Szovjetunió hazánkkal együtt tudományos együttműködési szerződés keretében fejleszti az eddigi eredményeket, amelyekre a nyugati ipari államok is érdeklődéssel figyeltek fel.

A nagy turbógenerátorok feszültség szabályozásának korszerű megoldása, a hazai mágneses erősítők alapváltozatainak kidolgozása, a pneumatikus elemekkel kapcsolatos alapkutatások terén elért eredmények is említésre méltóak.

### *Építéstudomány*

A *Főbizottság* részletesen megtárgyalta a mezőgazdasági építkezések, a helyi építőanyagok, a fatarakérosság, az előfeszítésnek és hegesztésnek a hídépítésben való alkalmazása stb. kérdéseit. Számos tudományos rendezvény előadásai és vitái segítették elő az építési kérdések megoldását; az 1951. évi építési, 1953. évi cement, 1954. évi betonacél, 1955. évi tartószerkezeti és talajmechanikai és az 1957. évi előregyártási és előfeszítési, továbbá az 1959. évi minőségi beton konferencia külön is említést érdemel, mivel javaslatai részben megvalósultak, és az iparnak is komoly segítséget nyújtottak.

A *kutatás terén* jelentősek a korábbi betonzsugorodási és lassú alakváltozási, a földnyomáselméleti kutatások, azonkívül a csőcölöpökkel végzett laboratóriumi és terep-kísérletek, valamint cölöpteherbírési és földnyomási kísérletek és elméleti kutatások. Megemlítenők még a következők: új eljárás kidolgozása cementtalaj utak készítésére, a szerkezeti acélananyagok szilárdsági szórásának hatása a méretezés gazdaságosságára, a betontömörsegi és vízzárósági kísérletek, nedves őrlésű cementekkel végzett, valamint a feszítő huzalokra vonatkozó vizsgálatok. Értékesek továbbá a héjszerkezetek egyszerűsített számítási módszerének kidolgozása, elméleti rugalmasságtani kutatások, a különböző szerkezeti elemek együttdolgozására és a rúdszerkezetek különböző igénybevételére, a gazdaságos szerkezettervezésre vonatkozó kutatási eredmények.



### *Településtudomány*

A *Főbizottság* kijelölte azokat a legfontosabb kutatási feladatokat, amelyek megoldásával városaink és falvaink fejlesztése, tervezése tudományos megalapozottságot nyer. Az eddig egyénekre korlátozódó tervszerűtlen kutatásokat összefogta és szervezettebbé tette. Javaslatára alapján alakult meg a regionális kutatásokkal foglalkozó akadémiai komplex bizottság.

A *kutató tevékenység* nyomán számos tanulmány készült, amely a lakóterületi egységek rendszerére, a regionális tervezésre, a városkörnyéktervezésre, a várostervezés gazdaságosságára stb. vonatkozott.

### *Építészettörténet*

Az *Építészettörténeti- és Elméleti Bizottság* legfontosabb tevékenysége a marxista szemléletű egyetemes és magyar építészettörténet művelése, ennek előmunkálataként résztémák feldolgozása. Ez utóbbiak közé tartozik a műemléki topografiák köteteinek megírása —, a II. Osztályhoz tartozó Művészettörténeti Bizottsággal együttműködésben — építész monográfiák kidolgozása stb. Ezekhez csatlakozik, mint az építészetelméleti munka alátámasztása, „az építészetelmélet klasszikusai” sorozat megindítása. A Bizottság kiemelkedő tudományos kezdeményezése volt az I. és II. Nemzetközi Építészettörténeti és Műemlékvédelmi Konferencia megrendezése, melyeken megállapodás történt a szomszédos államok tudósait foglalkoztató, érintkező témák közös műveléséről, s erre munkacsoportok is alakultak.

*Tudományos eredmények:* Az első magyar nyelvű — marxista szándékú — építészettörténeti mű elkészítése, építész monográfiák, (Hild Józsefről, Pollack Mihályról) és műemléki topografiák kidolgozása.

### *Közlekedéstudomány*

A *Főbizottság* legjelentősebb munkássága, hogy a hazai közlekedéstudomány önálló tudományággá kifejlődését elősegítette, és annak irányító központjává lett. Kidolgozta a vasúti vontatás fejlesztési irányelvét, javaslatot készített a villamos és Diesel-vontatás fejlesztésére, a budapesti közlekedés fejlesztési irányelveire, és új magyar közlekedéspolitikai tudományos alapjainak kidolgozását kezdeményezte. Tudományos rendezvényei közül a hazai úthálózatfejlesztés érdekében tartott 1958. évi ankét emelhető ki.

Jelentősek azok a *tudományos kutatások*, amelyek a közlekedési ágazatok közti forgalommegosztásra, a szocialista közlekedéspolitikai kialakítására, a vasúti üzem fejlesztésére és korszerűsítésére vonatkoznak. Eredményt értek el továbbá a különféle bitumenek vizsgálatával, az útburkolattípusok kísérleteivel, a hézag nélküli hegesztett vasúti vágányokkal kapcsolatban. A hazai vonatközlekedési tervkészítésre új módszert dolgoztak ki, és több irányú közlekedésgazdasági vizsgálatot végeztek.

### *Könnyűipar*

Nagy érdeme a *Főbizottságnak*, hogy a területéhez tartozó eddig empirikus jellegű tudományok ma már elismert tudományos szintre emelkedtek. Jelentős tevékenysége volt a 10 éves fakutatási terv kezdeményezése, amely hazai faféleségeink kiterjedt vizsgálatát tartalmazza. Helyzetfelmérés és akadémiai ankétok munkája és tervei jelzik a szárítás területén kifejtett munkásságot. Komoly tevékenység irányult a hazai műszálgyártás fejlesztési irányainak meghatározására, nemkülönben a hazai cellulózgyártás megindítására, a cserzőanyagok, ragasztott talpfa stb. vizsgálataira. A bizottság részt vett a textilipari mérés-technikai konferencia előkészítésében is.

A *kutatás terén* érdekesek a nyomógépek reológiai vizsgálatai, a cellulóz modifikálási kísérletek, valamint a szövésnélküli textiliák technológiai kidolgozásában elért eredmények. Eredményes kutatás folyt még a láncfonalban keletkező feszültségeknek, valamint a fafajták tulajdonságainak vizsgálatával.

### *Szilikátkohászat*

A *bizottsági tevékenység* a tudományterületek körülhatárolására és felosztására, valamint különböző műszaki fejlesztési kérdések megvitatására irányult. A bizottság a Kémiai Osztállyal közösen kidolgozta a szilikátkohászat és szilikátkémia távlati kutatási tervjavaslatát, azonkívül javaslatot tett a szilikátkohászati és szilikátipari felsőoktatásra vonatkozólag. Az Építőanyagipari Tudományos Egyesülettel közösen rendezett Szilikáttechnológiai Konferenciának nemzetközi visszhangja volt.

### *Műszaki tudománytörténet*

Figyelmet érdemlő tevékenységet végzett a Műszaki Tudománytörténeti Főbizottság, amely színvonalas vitákkal és tartalmas előadásokkal kidolgozta az akadémiai jellegű műszaki tudománytörténet alapelveit, munkatervét, irányította és serkentette a tudománytörténeti tanulmányok és könyvek kiadását. (Ezek között kiemelkedő „A XIX. és XX. századbeli magyar hídépítés története”.). Elindította és segítette a műszaki emlékek védelmére vonatkozó rendeletet, és a Technikai Múzeum megvalósítását állandó közreműködéssel támogatja.

\*

Bizottságaink munkájának elismerése mellett szólni kell azokról a meglevő, vagy a korábbi időben fennállott hiányosságokról is, amelyek a bizottsági munkát hátráltatták, sőt a bizottsági rendszer bizonyosfokú visszafejlődését

idézték elő. Természetes, hogy a nagyszámú bizottsági tag tudományos felkészültségében színvonalbeli különbségek voltak, és ebből eredően az egyes bizottságok munkája sem lehetett egyenlő nivójú. Nagy nehézségeket okozott a széles bizottsági rendszer irányításában a titkársági apparátus létszámának fokozatos csökkenése, amely 9 főre zsugorodott össze, és így a széles bizottsági rendszerhez szükséges adminisztratív és szervező munka nehezzé vált. Mégis sikerült ismét elérni, hogy az Osztály tudományszervező tevékenységét a bizottságokon keresztül ki tudja fejteni. Elég itt a távlati tudományos tervek és helyzetképek kidolgozására utalni. Ezeket a feladatokat csak a tudósaink és szakembereink legszélesebb bevonásával lehet jól elvégezni, és hazai viszonylatban az ilyen feladatok elvégzésére egyedül az állandó jellegű akadémiai bizottsági rendszer alkalmas.

Az 50-es évek elején bizottságaink szoros kapcsolatot építettek ki ipari kutatóintézetekkel, sőt nagyobb ipari vállalatokkal is. Bár ezek a kapcsolatok már akkor is igen hasznosnak bizonyultak, mégis az ipari üzemek államosítását követő évek nehézségei között nem lehettek eléggé gyümölcsözőek. Az azóta elért hatalmas ipari fejlődés következtében e tekintetben is lényegesen megjavult a helyzet. A Párt helyes iparpolitikája következtében a mennyiség hajszolása helyett, a gazdaságos termelés követelményeinek szem előtt tartása mellett, egyre fontosabb követelmény a minőség javítása, és új, korszerű gyártmányok kibocsátása, ami pedig főleg műszaki fejlesztés útján és a tudományos eredmények bátor alkalmazásával érhető el. Ezért fontos feladat, hogy bizottságaink szakterületük egy-két nagyobb üzemével, tervezőintézetével létesítsenek állandó jellegű kapcsolatot, hogy segíthessék üzeink műszaki fejlődésének folyamatát. A bizottságoknak figyelemmel kell lenni arra is, hogy a felügyeletük alatt működő kutatási szervek (intézetek, laboratóriumok, egyetemi tanszékek) szocialista szerződéseket kössenek ipari üzemekkel, hogy az ilyen együttműködés útján fejlesszék mind az ipari termelést, mind a kutatómunkát.

Úgy véljük, hogy bizottsági rendszerünkre rendkívül fontos feladat hárul a tudományos káderutánpótlás gondos és céltudatos fejlesztésében is. Kívánatos, hogy szemmel kísérje a fiatal tehetséges mérnökök tevékenységét és segítse elő szakmai és politikai fejlődésüket. Az utóbbi időben szerzett tapasztalataink szerint nagyon sok fiatal tehetséges szakember dolgozik hazánkban, akikkel érdemes ilyen módon foglalkozni. Az üzemben és tervezőintézetekben dolgozó műszaki szakemberek tudása egyre fejlődik, a tudományos gondolkodás mind nagyobb tért hódít és a szakemberek nemcsak fogékonyvá válnak a tudományos eredmények alkalmazására, hanem egyre nagyobb számban kívánnak részt venni a tudományos munkában is. Ezt a fejlődési folyamatot bizonyítja, hogy az iparban működő mérnökök egyre nagyobb számban jelentkeznek aspirantúrára. Úgy gondoljuk, hogy a Párt VII. Kongresszusá-

nak a tudományos élettel, a Tudományos Akadémiával kapcsolatos megállapításai szellemében járunk el, ha ezeket a feladatokat bizottságaink munkájában fontos helyre állítjuk.

\*

A bizottságok működésének ismertetése után most áttérek a Műszaki Tudományok Osztálya működésének másik alapvetően fontos feladatára, a műszaki tudományos alap kutatási bázis megteremtésével kapcsolatos munkára.

Már a bevezetőben említettem, hogy a felszabadulás előtt hazánkban nem volt szervezett műszaki alap kutatás. Ennek megteremtése óriási feladatot rótt az Osztályra és rögtön előjáróban leszögezem, hogy ha e téren értünk is el eredményeket, azok még korántsem tekinthetők elegendőknek.

A felszabadulás után rövid idővel a Tudományos Tanács gyors ütemben teremtette meg az ipari kutatás bázisát, melyet az érdekelt minisztériumok az ötvenes évek elején jelentős mértékben fejlesztettek. Természetesen abban az időben az első öt éves terv hatalmas beruházásai mellett nem is lehetett arra gondolni, hogy a korszerű műszaki alap kutatás költséges, nagy beruházásokat igénylő objektumait megépíthessük. Más kérdés az, hogy ezek hiánya milyen mértékben éreztette káros hatását a műszaki fejlődésben úgy, hogy a hiány következtében egyre inkább elmaradtunk a technikailag fejlett ipari országok mögött, még olyan szakterületeken is, ahol a magyar iparnak értékes hagyományai vannak. Csak egy-két példát említek: a Műszaki Fizikai Intézetet tulajdonképpen már korábban létre kellett volna hozni, tekintve, hogy éppen a híradástechnika területén rendkívül gyors a fejlődés világszerte. Így tehát hasznos lett volna már hamarabb mindent megtenni, hogy a híradástechnikai ipar korábban kivívott előkelő pozícióját biztosítsuk, illetve az élvonalba felfejlődjünk. Sajnos, az intézet létesítésére csak a legutóbbi években kerülhetett sor. Az intézet profilját a szilárd testek fizikája képezi, és ezen belül főként elektronfizikai, fémfizikai feladatokkal, félvezető kutatásokkal, a fényforrások fizikájával, végül mikromorfológiai kutatásokkal foglalkozik. Kutatási módszerei korszerűek, de az intézet kifejlődését a helyhiány nagymértékben gátolja. Mindezek ellenére már értékes eredményei vannak. Erről a kérdéstről egyébként Nagygyűlésünk előadásain SZIGETI György, WINTER Ernő és MILLNER Tivadar akadémikusok részletes előadásokat tartottak. Hasonló a helyzet az automatizálással, melynek hazai kifejlesztése érdekében az Automatizálási Tudományos Kutató Intézetet is már jóval korábban célszerű lett volna létrehozni.

Ilyen körülmények között az Osztálynak egyetlen lehetősége maradt a tudományos bázis megteremtésére: a műszaki egyetemi tanszékek aktivizálása és a lehetőséghez képest támogatása. Eleinte úgyszólván válogatás nélkül juttattunk céltámogatást mindazon tanszékvezetőknek, akik hajlandók voltak részt venni a kutatómunkában. Ennek a módszernek kétségtelenül voltak

pozitív eredményei. A szívós munka következtében komoly kutatási góccok alakultak ki az egyes egyetemi tanszékeken, ahol figyelemre méltó, értékes tudományos eredmények is születtek az évek folyamán. Ennek a munkának következtében jöttek létre az önálló akadémiai laboratóriumok: a Geodéziai, a Geofizikai, a Geokémiai és az Automatika Laboratórium, amelyek profilja a Föld geometriai és fizikai paramétereinek a megismerésére, a földkéreg korszerű geokémiai módszerekkel való felderítésére, valamint az új társadalmunk szempontjából különösen fontos automatizálási és távirányítási feladatok megoldására terjed ki. Le kell szögezni, hogy ezek az intézmények nemzetközi vonatkozásban is komoly tudományos eredményeket mutattak fel. Az igazsághoz híven meg kell azonban mondanunk, hogy ezek a laboratóriumok alig, vagy egyáltalában nem haladták meg a komolyabb tanszéki kutatócsoportok méreteit. Feltétlenül szükségesnek tartjuk további céltudatos fejlesztésüket. A Nehézipari Minisztériummal megegyezve átvettük a Bányászati Kutató Intézet olajipari osztályát soproni székhellyel, melyből létrehoztuk az Olajbányászati Laboratóriumot. Ez a két éve fennálló fiatal intézmény a zilált örökség sok nehéz problémájának felszámolásával küzdve, helyes tudományos irányvonalon végzi munkáját, de egyelőre még eredményről nem lehet beszámolni. Itt külön nehézséget okoz az a körülmény, hogy a bányamérnöki kar Sopronból Miskolcra való áttelepítésével a Laboratórium igazgatója, mint a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem tanszékvezető tanára, kevés időt tölthet csak a Laboratóriumban, és így az jelenleg jóformán gazdátlan. Az Osztály ezen a helytelen állapotban úgy változtat, hogy a miskolci egyetem rektorának segítségével a Laboratóriumot áttelepíti a miskolci egyetemre, és ott fog majd hozzá annak tervszerű fejlesztéséhez. Tekintettel az olajipar nagyfokú érdekeltiségére, a Nehézipari Minisztérium hathatós támogatást helyezett kilátásba a Laboratórium fejlesztéséhez. Ez a segítségnyújtás bizonyos mértékben már meg is kezdődött. Az Osztályvezetőség nevében e helyen is köszönetet mondok a Nehézipari Minisztériumnak a kilátásba helyezett segítségért. Reméljük, hogy a minisztérium tudományt támogató ígérete mielőbb realizálódik, és a többi ipari minisztériumot is hasonló lépésekre ösztönzi.

A válogatás nélküli tanszéki támogatás természetesen hibákat is okozott. Egyes tanszékek tudományos színvonalának elégtelensége, majd az ún. ipari KK munkáknak egyes tanszékeken túlzott mértékű vállalása következtében ezek az akadémiai támogatások sok helyen nem jártak kellő tudományos eredménnyel. Meg kellett szüntetni az amúgy is rendkívül szűk céltámogatási keret elaprózását, egyrészt azért, mert a kis összegekkel néha a tanszék nem is tudott mit kezdeni, másrészt a nagyszámú támogatott tanszék munkájának összefogása, irányítása és ellenőrzése is rendkívül nehézkes és ezért sokszor formális volt. Az utóbbi időben egyre inkább az erőnk koncentrációja került előtérbe. A távlati fő problémák, a kutatás fő irányai körvonalainak kibontakozásával kialakultak azok a fő témakörök is, melyekre anyagi erőinket és szellemi

kapacitásunkat koncentrálnunk kell. Ennek a célkitűzésnek megfelelően alakultak ki, vagy vannak kialakulóban azok az egyetemi munkaközösségek, melyekre az Osztály a fő feladatok nagy részét kívánja bízni. Az Osztályvezetőség 9 ilyen tanszéki munkaközösséget szervezett meg, (Bányászati, Kohászati, Nehézipészeti, Áramlástechnikai, Gépszerkezettani, Kalorikus, Könnyűipari, Építéstudományi és Közlekedéstudományi Munkaközösség), melyek egyre inkább tudományos intézeti formában kezdenek működni, amennyiben tudományos terveiket közösen dolgozzák ki és egyre gyakrabban fordul elő, hogy több tanszék közös téma részleteinek kidolgozásán munkálkodik. Úgy látszik, az Osztály erőfeszítéseinek és az érdekelt egyetemek rektorai, rektori tanácsai egyetértő tudománypolitikájának következtében, megtaláltuk azt a formát, mely jelen viszonyaink között az egyetemi tudományos alap kutatás legmegfelelőbb formája lesz.

A munkaközösségi tudományos munka minden pozitív vonása mellett sem mondhatunk le az önálló akadémiai kutató hálózat kiépítéséről. Ezt a jogos igényünket az elmúlt 10 év tapasztalatai, a rendkívül gyors technikai fejlődés és a baráti államok példái is igazolják. Egyetlen intézetünkről, a Műszaki Fizikai Intézetről már szoltam, amely rendkívül sok nehézség leküzdése után úgy látszik 1—2 éven belül saját székházában végezheti majd munkáját. Ez az egy intézet azonban távolról sem elegendő. A meglevő laboratóriumok határozott fejlesztésén kívül létre kell hogy jöjjenek azok a műszaki alap kutatási intézetek, melyek feltétlenül szükségesek ahhoz, hogy tudományos kutatásunk élvonalbeli eredményeket érhessen el.

Alap kutatási hálózatunk fejlődéséről — jóllehet a fejlődés nem kielégítő — képet kapunk, ha a kezdeti és a jelenlegi állapot összehasonlítjuk. Az Osztálynak kutatásra rendelkezésre állt: induláskor kb. 60 fő személyzet és kb. 4 millió forint évi költségfedezet. 1959-ben 260 fő személyzete volt és évi kutatási költsége 16 millió Ft volt. Erről a kérdéstről részletesebben BOCNÁR Géza akadémikus, az Akadémia főtitkár helyettese szól majd korreferátumában.

Az elmúlt 10 év munkájának vázlatos értékelése nem lenne teljes, ha nem szólnék néhány szót Osztályunk másik két rendkívül fontos tevékenységéről: a tudományos minősítésről, illetve tudományos kádernevelésről, valamint a tudományos könyv- és folyóiratkiadási tevékenységről. Egyébként e két területről BENEDIKT Ottó akadémikus, illetve RÁZSÓ Imre lev. tag 1—1 korreferátummal egészíti majd ki beszámolómat.

Az új akadémiai tudományos grádusoknak 1951. évben történt bevezetésével megkezdődött hazánkban a szervezett tudományos káderfejlesztés. Ez a munka hatalmas feladatokat rótt és ró ma is Osztályunkra. Osztályunk rendkívül körültekintő és felelősségteljes munkát végzett 1952—53-ban az egyszerűsített minősítések során, amikor is több száz kérelmet kellett felülvizsgálnia. Ennek a munkának eredményeképpen kialakult az osztály tudományos aktívahálózata, amely azóta jelentős mértékben kibővült. Az aspirantúra külön-

böző formáinak bevezetésével igen sokan fordultak a tudományos munka felé. Kezdetben voltak tapasztalatlanságokból eredő hibák e téren is. Ezek azonban az évek múlásával egyre inkább csökkentek, és ma meglelégedéssel állapíthatjuk meg, hogy e tudományos címeknek egyre inkább növekszik a tekintélyük. Amilyen mértékben emeltük a követelményeket, növeltük a színvonalra vonatkozó tudományos és politikai igényeket, olyan mértékben növekedett meg a tudományos címek vonzóereje. Évről évre százan és százan jelentkeznek az aspirantúra különböző formáira, köztük sokan, nagyon örvendetes módon, az iparból is.

Jelenleg az osztályhoz már 77 tudományok doktora és 257 tudományok kandidátusa tartozik.

Általában ismert a Műszaki Tudományok Osztálya vezetőségének elvi álláspontja, hogy egyetemi professzori és docensi állások betöltését legalább a kandidátusi fokozat alapján javasolja, és a professzoroktól elvárja, hogy törekedjenek tudományos munkásságukkal a tudományok doktora fokozatának elnyerésére. Ismételten hangsúlyozni kívánom, hogy Osztályunk egyik legfontosabb feladatának tekintjük a tudományos minősítési rendszer továbbfejlesztését; a színvonal állandó emelését, a jók közül is a legkiválóbbak kiválasztását. A kiválasztásnak a szakmai rátermettségen kívül nem kevésbé fontos kritériuma népi demokráciánk, a szocializmus építése mellett való kiállítás. A megtisztelő akadémiai tudományos fokozatokat csak az a kiváló szakember érdemli meg, aki a nép ügyét teljes erejével szolgálja.

Jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt 10 évben folyóirat- és könyvkiadási munkásságunk is. Ezt tudósaink és kutatóink eredményeinek növekedésén kívül bizottságaink aktív munkája is elősegítette. A bizottsági üléseken, akadémiai rendezvényeken elhangzott előadások és viták nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy műszaki tudományos irodalmunk újabb lendületet kapjon. Anélkül, hogy itt a részletekbe kívánnék belemenni, röviden csak néhány számot említek, amely irodalmi működésünket legjobban megmutatja. Eddig az Osztály kiadásában megjelent 95 könyv 3300 ív terjedelemben. Megindított az osztály két idegen nyelvű és 2 hazai folyóiratot, mégpedig: az Acta Technicát, az Acta Geologicát, a Műszaki Tudományok Osztálya Közleményeit és az Építés és Közlekedéstudományi Közleményeket eddig összesen 63 kötet terjedelemben és 1534 szakcikk tartalommal. Az Acta Technica és Acta Geologica folyóirataink világszerte általános megbecsülésnek örvendenek. Egyre több magyar művet jelentetünk meg idegen nyelven is, ami hazai tudományunk, tudósaink nemzetközi elismerését bizonyítja.

Az Osztály nemzetközi kapcsolatai évről évre bővülnek és erősödnek. Sokoldalú kapcsolat fejlődött ki a baráti államok akadémiaival kötött tanulmányút-cserék, együttműködési egyezmények, az Osztály által rendezett konferenciákra érkezett külföldi szakemberekkel létesített kapcsolatok, külföldi konferenciákon való részvételeink révén. Nagyon fontosnak tartjuk a nemzet-

közi együttműködés szélesítését és különösen a távlati tudományos terv sikeres elkészítése, illetve végrehajtása szempontjából a baráti országok közötti tudományos munkamegosztás helyes megszervezését. Ezekről a problémákról MAJOR Máté lev. tag korreferens beszél majd bővebben.

Nagy vonásokban összeállított helyzetképeket eddigi munkásságunkról ezzel befejeztem. Szeretném még röviden összefoglalni az előttünk álló feladatokat. Bár munkánk kiterjedt, sokrétű és nem könnyen vázolható, mégis — úgy gondolom — feladatainkat továbbra is két fő csoportra oszthatjuk. Egyfelől továbbra is és még jobban ki kell használnunk azt a kollektív szellemi erőt, ami bizottságainkban adva van, másfelől folytatnunk kell a műszaki alapkutatói hálózat kiépítését. Bizottságainkról sokat beszéltem. Véleményem szerint sok hasznos munkát végeztek. Osztályunk munkájának továbbra is az ő segítségükre kell támaszkodnia. Feladataink közül kettőt befejezésül is kiemelnék. Bizottságainknak erősíteniök kell a tudomány és gyakorlat kapcsolatát, ezenkívül fokozottabban kell foglalkozniok a tudományos káderutánpótlással is.

Műszaki alapkutatói bázisunk további fejlesztése óriási erőfeszítéseket ró ránk. Szükségességét még külön is indokolja az a tény, hogy a népi demokratikus államok akadémiai kutató hálózatához képest nagymértékben el vagyunk maradva. Nem véletlen, hogy a kölcsönös együttműködés ellenére kialakultak ezek a hálózatok. Minden országnak vannak általában olyan speciális problémái (saját speciális nyersanyag-bázis, különleges viszonyok, adottságok, értékes hagyományok stb.), amelyek megoldása hazai viszonyok között saját szellemi és anyagi erők segítségével szükséges és legjobban lehetséges is, de amelyet éppen ezért más országok nem tűznek ki maguknak feladatul. Így van ez nálunk is. Szocialista iparunk fejlesztése, korszerűsítése nem képzelhető a folyamatok automatizálása nélkül. Ehhez pedig jól megalapozott tudományos kutatás is szükséges. De fémanyagaink korszerű feldolgozásához, korszerű gépgyártásunkhoz is elengedhetetlenek a hazai fémszerkezet vizsgálatok és a modern mechanikai-technológiai kutatások. Hasonló a helyzet szocialista fejlődésünkkel nehezen lépést tartó közlekedésünknel és a nagy feladatokkal küzdő építőiparunknál is. Általában megállapítható, hogy ipari kutatóintézeteinket a folyó termeléssel összefüggő kérdések és egyes speciális iparági fejlesztési problémák túlnyomórészt lekötik. Ezenkívül létesítendő akadémiai intézetek profilját képező, nagyobb elmélyülést kívánó problémák megoldására a meglévő ipari intézetek sem berendezésüknel, sem szervezetüknel fogva nem alkalmasak.

Ezért a második 5 éves tervben négy műszaki intézetet szeretnénk még létrehozni, azaz a már meglévő laboratóriumból és munkaközösségekből kifejleszteni. Ezek az intézetek az Automatika, a Fémek Mechanikai Technológiája és Metallográfia, a Közlekedéstudományi és az Építéstudományi Akadémiai Intézet. Később néhány alkalmas és addig még megerősítendő munkaközös-



ségből hasonlóan intézeteket óhajtunk szervezni. (Gépszerkezettani, Áramlás-technikai, Bányászati munkaközösségből stb.) A Műszaki Fizikai Intézet teljes felfejlesztése mellett a műszaki fizikai kutatás további szélesítését tervezük pl. akusztikai, optikai intézeti kutatásokkal. Természetesen további cél laboratóriumaink erősítése. Reméljük, hogy terveinkhez megkapjuk Pártunk és kormányunk támogatását és úgy gondolom, ha vázolt feladatainknak eleget teszünk, Osztályunkat komoly tudományos bázissá és Népköztársaságunk jelentős támaszává tudjuk majd kifejleszteni.

Ezzel beszámolóm végére értem. Azt hiszem, ha voltak is hiányosságaink, eddigi munkánkért, eredményeinkért, amelyeket csak nagy vonásokban ismertethettem, nem kell szégyenkeznünk. De eddigi munkásságunk egyúttal biztatásul is kell, hogy szolgáljon az előttünk álló nagy feladatok elvégzésére. Természetesen ehhez akadémikusaink, minősített szakembereink, bizottságaink összefogása, az egész magyar műszaki tudományos értelmiség segítségével is szükséges; azt hiszem azonban, hogy ez szocialista tudományunk és új társadalmunk fejlesztése érdekében nem is fog elmaradni.

## KORREFERÁTUMOK

BOGNÁR GÉZA akadémikus

Az osztálytitkári beszámoló foglalkozik alapkutatási bázisunk további kiépítésével. Szükségességét azzal indokolja, hogy a népi demokratikus államok akadémiai kutatóhálózatához képest nagymértékben el vagyunk maradva, és országunk speciális problémái, mint a saját nyersanyagbázis, adottságok, hagyományok, szükségessé teszik a problémák saját szellemi és anyagi erőink segítségével való megoldását. Ez az indokolás feltétlenül helytálló, és helyes a Műszaki Tudományok Osztályának az a törekvése, hogy alapkutatási bázist létesítsen az országban folyó ipari kutatás alátámasztására.

A felszabadulás után országunk anyagi erejéhez viszonyítva jelentős ipari kutatóintézet hálózat létesült. Ugyanakkor azonban nem történt gondoskodás alapkutatási feladatokat ellátó intézetek létesítéséről.

Műszaki alapkutatások folynak az Akadémia irányításával tanszékeken, akadémiai laboratóriumokban és intézetekben, de folynak ezenkívül alapkutatások ipari kutatóintézetekben is, azonban legtöbb esetben akadémiai irányítás és felügyelet nélkül. Az alapkutatásra fordított beruházás és költségvetés csak néhány százaléka az ipari kutatásra fordított összegeknek és ilyen módon rendkívüli aránytalanság mutatkozik az ipari- és alapkutatás között. Természetesen nehéz azt megmondani, hogy mi a ráfordítások helyes aránya az ipari- és alapkutatás között. Ez nyilvánvalóan függ a szakterülettől, az adottságoktól, a nemzetközi kooperáció lehetőségétől és számos egyéb tényezőtől. A törekvés az ipari kutatóintézetben belül is az, hogy az alapkutatási hányadot növeljék. Míg néhány — részemről ismert — kutatóintézetben az alapkutatásra fordított hányad jelenleg 7—8%, feltétlenül kívánatos lenne ezt a hányadot 15—30%-ig emelni. Újabb problémát vet fel a különböző helyeken folyó alapkutatások koordinálása, ami feltétlenül akadémiai feladat lenne. A problémát az jelenti, hogy a kutatás koordinálása, és különösen az alapkutatás koordinálása, nem tisztán adminisztratív feladat, és nem is lehet tisztán adminisztratív eszközökkel végezni. Alapkutatások koordinálására csak alapkutatást végző intézet képes, tehát annak előfeltétele, hogy az Akadémia az alapkutatásokat koordinálni tudja, az, hogy saját alapkutatási bázissal rendelkezzen. Van-e és milyen lehetősége van az akadémiai műszaki alapkutatási bázis kiépítésének? Véleményem szerint van lehetősége, és erre alapot szolgáltat a TFT eddigi munkája, az országos kutatási fő problémák meghatározása és az előkészítő bizottságok munkájának megindulása. Annak az eldöntése ugyanis, hogy hol, milyen területen szükséges új kutatóintézmény létesítése, feltételezi annak ismeretét, hogy az új intézmény hogyan kapcsolódik be szervesen az országos kutatóintézeti hálózatba, illetve a nemzetközi együttműködés kereteibe. A kutatási fő problémákat előkészítő bizottságok országos és nemzetközi viszonylatban feltárják az egyes kutatási területek helyzetét és munkájuk alapján — várhatóan — teljes áttekintést kapunk a hazai kutatásról, figyelembe véve a nemzetközi kooperációs lehetőségeket is. A teljes kép ismeretében az eddiginél sokkal könnyebben megállapítható az, hogy összes lehetőségeink figyelembevételével mely területen szükséges és lehet új intézményt létesíteni vagy esetleg milyen módon lehet meglévő intézményeket átprofilozni.

Önálló akadémiai műszaki alapkutatást végző intézet létesítése elsősorban azokon a területeken indokolható, amely területeken a fő feladatok felelőseként az Akadémia van kijelölve. Ezek:

Szilárd testek kutatása,  
Geodéziai alapkutatások,  
Fémek elméleti és alkalmazott mechanikai technológiai kutatásai,  
Műszaki technikai, szilárdságtani és anyagvizsgálati kutatások,  
Automatizálási és távirányítási kutatások,  
Gázok és folyadékok áramlási jelenségeinek problémái.

Az alapkutatások és alkalmazott kutatások fejlesztésének viszonya kérdésében KÓNYA Albert és ERDEI Ferenc elvtársak megállapítása szerint két szélsőséges felfogás jut érvényre. Az alapkutatás számos művelője szerint a hatékonyabb munka feltétele minden területen önálló intézetek létrehozása. A másik véglet néhány ipari minisztérium felfogásában tükröződik, amikor egy-egy alapkutatási feladatnak ipari kutatóintézetben való elvégzése elől elzárkóznak, még ha annak anyagi feltételei biztosíthatók is. Alapkutatások végzése feltétlenül szükséges, azonban önálló alapkutatási intézetek minden tudományágat átfogó hálózatának létrehozását sem anyagi erőnk, sem kutatókáderekkel való ellátottságunk nem teszi lehetővé.

Az alapkutatási feladatok megoldásánál számolnunk kell az egyetemi tanszékek kutatási lehetőségeivel és az ipari kutatóintézetekben már most folyó, de feltétlenül megerősítendő alapkutatásokkal is. Azokon a területeken, ahol az alapkutatási szükséglet túlnő a tanszéki vagy ipari kutatóintézet lehetőségein, a népgazdaság erőforrásaihoz mérten, új alapkutatási intézetek létesítésének kérdését is meg kell vizsgálni. E kérdést azonban érdemi és nem a múlt tervszerűtlenségét tartósító esetleges szempontok szerint kell elbírálni. A kérdéssel kapcsolatban nyomatékosan felhívják a figyelmet arra, hogy anyagi erőinket a legfontosabb területekre kell koncentrálni, ami a fejlődés új perspektíváit nyithatja meg számunkra.

Az alapkutatások anyagi fedezetének biztosítására — véleményem szerint — felhasználható a műszaki fejlesztési alap. A műszaki fejlesztési alap az egyes ipari tárcák keretén belül jön létre oly módon, hogy a kutatási költségeket a gyártmányok árába számítják be iparáganként változó kulcs szerint. Ez a kulcs pl. a híradástechnika területén kb. 8%. A műszaki fejlesztési alap tehát ilyen módon a termelés függvénye, és mivel az ötéves terv folyamán jelentős ipari termelésnövekedést irányoztunk elő, ezzel arányosan nő a műszaki fejlesztési alap, tehát a kutatásra fordítható összeg is. Nyilvánvaló, hogy ha az ötéves terv folyamán folytonosan növekvő anyagi alapra számíthatunk, az ipari kutatás és alapkutatások közti aránytalanság oly módon szüntethető meg, hogy a műszaki fejlesztési alap terhére elsősorban az alapkutatási bázist szélesítjük ki.

Az anyagi lehetőségekre vonatkozólag KÁDÁR elvtárs kongresszusi vitazáró beszédében elhangzottakat emelem ki, amelyben rámutatott arra, hogy a technika fejlődésével szükségszerűen nő a tudomány és a kutatás jelentősége is, és ennek megfelelően évről évre bővebb anyagi lehetőségeket kell a tudományos kutatás rendelkezésére bocsátanunk. Az ideális törekvéseket azonban reális lehetőségeinkkel kell összekapcsolni.

BENEDIKT OTTÓ akadémikus

Amint GELEJI elvtárs referátumában említette, 1951-ben megkezdődött az új akadémiai fokozat bevezetése.

Ha ma visszatekintünk a TMB munkájának a műszaki osztály területén látható eredményeire, meg kell állapítanunk, hogy e munka nem volt ugyan hibamentes, de mégis jelentékeny eredményeket ért el.

Hogy csak egy tényre hivatkozzam: 1951. év óta mai napig a TMB a műszaki tudomány terén 77 doktori és 267 kandidátusi fokozatot ítelt oda. Ezek közül a régi nagytudású, a néphez hű tudósréteghez tartozó 39 doktor és 122 kandidátus külön tudományos értekezés benyújtása és megvédése nélkül kapta meg az újrendszerű tudományos fokozatokat, a többi 38 doktor és 145 kandidátus viszont értekezések megvédése és részben vizsgák letétele után. Így tehát azt lehet mondani, hogy mai napig kitérmeledött már jelentékeny gárdája olyan tudósoknak, akik nemcsak a szocialista építés mindinkább fokozódó szaktudományos követelményeinek eleget tudnak tenni, hanem az eredményes tudományos ténykedéshez szükséges ideológiai felkészültséggel is rendelkeznek. Mint negatívumot meg kell azonban jegyezni, hogy a fokozatoknak szakterületek szerinti megoszlása rendkívül egyenlőtlen és a tudományos fokozatokkal bíró tudósok száma egyáltalán nem arányos a szakterületük népgazdasági fontosságával, és az e területen dolgozó, diplomával rendelkező szakemberek számával. Érdekes továbbá az is, hogy a doktorok és kandidátusok közötti számarány különböző területeken rendkívüli mértékben különböző.

Konkrét képet az említett jelenségekről a következő összeállítás ad, amely mutatja az eddig megadott fokozatok szakterületek szerinti megoszlását:

Először a kandidátusi fokozatra vonatkozólag:

Gépészet .....	39
Építészet .....	35
Földtan .....	32
Kohászat .....	32
Energetika .....	24
Bányászat .....	21
Híradástechnika .....	20
Hidrológia .....	16
Geodézia .....	9
Közlekedés .....	9
Geofizika .....	7
Könnnyűipar .....	7
Méréstechnika és automatika .....	7
Szilikátkohászat .....	5

Még egyenlőtlenebb a doktori fokozatok eloszlása:

Földtan .....	19
Építészet .....	16
Energetika .....	11
Gépészet .....	7
Híradástechnika .....	5
Geodézia .....	4

Hidrológia .....	4
Bányászat .....	4
Geofizika .....	3
Szilikátkohászat .....	1
Kohászat .....	1
Közlekedés .....	1
Könnyűipar .....	1
Méréstechnika és automatika .....	0

Mint negatívumot meg kell még jegyezni azt a tényt, hogy a fokozattal rendelkező tudósok közül rendkívül kicsi a nők száma, miután mind a doktorok, mind a kandidátusi fokozatok területén ez a szám csak kb. 3%. Konkréten a kandidátusok közül csak a könnyűipar, a földtan, az építészet és a kohászat területén van összesen 8 nő. Doktori fokozattal rendelkező nők pedig csak egyetlen területen — a földtan terén — vannak, mégpedig ketten.

Érdekes az a másik összeállítás is, amely azt mutatja, hogy az egyes szakterületeken a minősítettek életkora rendkívül különböző. Időhiány miatt csak néhány tényre akarok rámutatni.

A legnagyobb életkor a doktoroknál a földtan terén 90 év, viszont a geofizika területén csak 60 év. A legkisebb életkor a kohászat területén 79 év viszont az energetika területén csak 38 év. Az átlagos életkor a kohászat terén 79 év, viszont a geofizika terén csak 51 év.

Kandidátusoknál pedig a következő képet kapjuk: A legnagyobb életkor a bányászatban és az energetika terén 84 év, viszont a szilikátkohászat területén csak 51 év. A legkisebb életkor a geodézia területén 49 év, viszont a kohászat területén csak 28 év.

A doktoroknál az átlagos életkor: 61,3 év.

Kandidátusoknál az átlagos életkor: 49,1 év.

Szeretnék néhány szót az aspiránsképzés terén elért eredményekről is elmondani. 1951-től mai napig a műszaki osztály keretén belül 173 rendes és 182 levelező, összesen 355 aspiráns, 1953-tól kezdve pedig 241 rövidített aspiráns volt. Ezek közül tudományos fokozatot kapott 52 rendes és levelező és 42 rövidített aspiráns. Disszertációt beadott 29 rendes és levelező és folyamatban van 11 rövidített aspiráns disszertációja. Kérvényt a határidő meghosszabbítására beadott 41 rendes és levelező aspiráns. Lemorzsolódott 89 rendes és levelező és 47 rövidített aspiráns. Még nem járt le a határideje a 1956-os évben felvett 6 levelező, továbbá az 1959-es évben felvett 20 levelező és 6 rendes aspiránsnak.

Röviden kitérek még néhány, a munkánkban mindig megismétlődő kérdésre. Az 1959-es évben lefolytatott aspiránsfelvételekkor a jelentkezők gyakran feltették azt a kérdést, hogy tulajdonképpen milyen alapon történik annak elbírálása, hogy mely területek azok, amelyekre az Akadémia irányítani óhajtja az aspiránsokat? Ezen kérdésre válaszolva nyilvánvalóan több szempontot lehet felsorolni.

Egyrészt már említettem, hogy néhány szakterületen nincsenek megfelelő tudományos káderek, vagy igen magas az életkoruk. Másrészt kormányrendelet szerint bizonyos tudományos főfeladatok fontossága külön is ki van emelve és természetesen sikeres megoldásuk egyik döntő előfeltétele az eléendő számú, megfelelő fokozattal rendelkező tudósgárda utánpótlásának biztosítása. Ehhez hozzájárul még az a tény is, hogy a műszaki osztály tervében

több intézet, mint pl. a műszaki fizikai, a közlekedéstudományi és az automatikai intézet létesítése van, ami az Akadémiát megfelelő tudományos utánpótlás biztosítására is kötelezi. Megnyugtathatók azonban mindenkit, minősítő politikánknak alapja az, hogy akárkit, aki tehetséges, rendelkezik megfelelő tudással és egyébként eleget tesz az idevonatkozó rendeletek előírásainak, tudományos továbbképzésre, tudományos minősítésre bocsátunk.

Rátérek a felvételi vizsgák kérdésére. Gyakran tapasztalhatjuk, hogy az önálló aspiránsok közül sokan nem értik a vizsgák jelentőségét. Pl. elég sokszor kéri a TMB-t, hogy engedjék el az orosz nyelvvizsgát. Pedig tudjuk, hogy ma már az Egyesült Államokban is felismerték az orosz nyelvű tudományos irodalom nagy fontosságát, és ezért nagyszabásúan megszervezték úgyszólván az egész műszaki tudományos szovjet irodalom angolra való fordítását. Kis országunk természetesen nem tud ilyen hatalmas fordítási munkát megvalósítani és éppen ezért kell, hogy tudósaink elérjék az orosz nyelvtudásnak azon mértékét, mely a szovjet tudomány eredményeinek átvételéhez és a vele való baráti kooperációhoz szükséges. Gyakran kéri tőlünk a filozófiai vizsga elengedését olyanok is, akik nem végezték el a törvény előírta és megfelelőnek bizonyult tanfolyamokat. Ezek a kollégák úgylátszik, még nem értik meg, hogy a szocializmus építése szempontjából hasznos tudományos munka sikeres elvégzésének egyik döntő feltétele a marxista világnézet teljes megértése, elméleti elsajátítása és a szakterületen való alkalmazása.

Sokan kéri a szakvizsgák elengedését arra való hivatkozással, hogy nagy szakmai gyakorlatuk van. Ha az illetők gyakorlatban tényleg megmutatták már, hogy a kandidátusi fokozat eléréséhez szükséges tudással és tudományos tehetséggel rendelkeznek, a TMB elengedi a szakvizsgákat. Azonban általában ezt a kérdést is szigorúan szoktuk bírálni. Aki kandidátus akar lenni, annak meg kell értenie, hogy a tudományos munkával való foglalkozás adottsága nincs meg mindenkinél. Vannak olyanok, akik kiváló gyakorlati mérnökök az üzemben, de nincsenek tudományos adottságaik. Természetes, hogy a TMB azoktól, akik a tudományos munkát életpályájuknak tekintik, a tudományos irányú tehetséget és bizonyos tudományos alaptudást kíván. Ezzel kapcsolatosan arra is rá kell mutatnom, hogy mi az aspiráns felvételeknél mindinkább növekvő mértékben követeljük a szilárd elméleti alapok igazolását, főképpen a matematika és fizika terén.

Gyakran találkozunk azon ténnyel is, hogy aspiránsaink nem értik eléggé a határidők fontosságát és indokoltságát. Nem értik, hogy az aspiránsképzés terén óriási áldozatokat hozó népi állam joggal követeli, hogy tudományos munkásságuk eredményeivel mielőbb viszonyozzák ezeket az áldozatokat. Ezen jelenséggel találkoztunk nemrégben is, amikor ugyanis 1959. decemberében 105, a nekik szabott határidőkből elmaradt önálló aspiráns került felülvizsgálatra, és ebből 43-at el is utasítottunk.

Egy másik hiba, amely nem a minősítettekre, hanem magára a TMB munkájára vonatkozik, az, hogy sokszor a vizsgák és a védések formálisak. Egyes esetekben az opponensek nem mondják el tényleges véleményüket valamilyen „kollegiális” érzéstől vezéreltetve. A disszertációról jó írásos véleményt adnak, de négy szemközt más a véleményük.

Máskor a bizottsági tagok nem foglalkoznak eléggé a disszertációval, sokszor pontosan nem is ismerik azt. A szavazásnál is érvényesülnek karitatív elképzelések, és volt már olyan példa, hogy a TMB Műszaki Szakbizottsága egyhangúan megszavazott doktori disszertációt kénytelen volt alaposabban

megvizsgálni, amelynek azután az lett a következménye, hogy a disszertáció rossznak, hibásnak minősült. A bizottság tagjai pedig azt hangoztatták, hogy ők pontosan nem is tudták, miről volt szó, mi volt a disszertációban stb. Ez esetben a bizottság tagjait bizonyos időtartamra eltiltottuk a védésekben való részvételtől. Sok esetben hibája a disszertációknak, hogy nem az élet által felvetett kérdésekkel foglalkoznak, hanem úgynevezett „jó disszertációs témákat” választanak ki, amelyről sok mindent lehet írni, levezetések készíteni, de amelyek gyakorlati értéke viszonylag csekély. Az ilyen disszertációkkal szemben is fel kell lépni, és az opponenseknek ilyen körülményekre rá kell mutatni.

Mindent összefoglalva, az elmondottak, úgy hiszem, — ha nem is teljes mértékben — megmutatták azt, hogy 1951 óta a magyar műszaki tudósképzés nagy utat tett meg és hogy a még mutatkozó hibák felszámolása segítségével a következő években az eredmények mind jobbak lesznek és hozzájárulnak ahhoz, hogy a magyar műszaki tudomány teljes mértékben elfoglalhassa a szocializmus építésében őt megillető helyet.

RÁZSÓ IMRE lev. tag

Az osztálytitkári beszámoló nagy vonásokban már beszámolt arról az örvendetes fejlődésről, amelyen az Osztály könyv- és folyóiratkiadó tevékenysége az elmúlt 10 év alatt keresztül ment. Kétségtelenül igen jelentős eredménynek könyvelhető el az, hogy az Acta Technica közleményeinek visszhangja a nemzetközi tudományos világban nagyon élénk. A szocialista országok referáló sajtója pontosan és úgyszólván hiány nélkül referálja nemcsak az idegen nyelven megjelent közleményeket, hanem sokszor az osztályközleményekben magyarul megjelent dolgozatokat is. A nyugati referáló folyóiratok is nagyon gondosan kivonatolják az Acta Technicában közzétett cikkeket, sőt számos példa volt arra, hogy teljes terjedelemben újra lenyomtatják azokat. A számok tükrében vizsgálva az Osztály idegen nyelvű folyóiratkiadási tevékenységét, az Acta Technica és Acta Geologica terjesztési számadatai az elmúlt 1959. évben a következő képet mutatják.

Az Acta Technica megjelent összesen 1100 példányban. Ezek a következőképpen kerültek elosztásra:

Belföldi előfizetők .....	177
Külföldi előfizetők .....	280
Cserepéldányok .....	357
Akadémikusok stb. tisztelet-pl. ....	149
Akadémiai Könyvtár .....	50
Tartalékpéldányok .....	87
Összesen: .....	1 100 db

Az Acta Geologica megjelent 750 példányban a következő elosztásban:

Belföldi előfizetők .....	78
Külföldi előfizetők .....	153
Csere példányok .....	247
Akadémikusok stb. tisztelet-pl. ....	149
Akadémiai Könyvtár .....	50
Tartalékpéldányok .....	79
Összesen: .....	750 db

A terjesztési példányszámokat vizsgálva, értékesnek kell minősítenünk a cserépéldányok formájában forgalomba kerülő példányokat, amelyekért értékes külföldi folyóiratokat kapunk cserébe. Sem a belföldi, sem a külföldi előfizetési példányszám azonban nem tekinthető kielégítőnek, jöllehet ilyen vonatkozásban az Acta Technicánál az 1958. évi állapothoz képest a belföldi előfizetők terén fejlődés állapítható meg, amennyiben az előfizetők száma 107-ről 177-re emelkedett. Az előfizetett példányok viszonylag kis számával az elmúlt évek során a Szerkesztő Bizottság és az Osztályvezetőség egyaránt ismételtén foglalkozott. Fő hibaként megállapítható, hogy mind ez ideig az Akadémiai Kiadónak nem volt joga, hogy a terjesztéssel közvetlenül foglalkozzék, viszont f. évtől, azaz 1960-tól kezdve az Osztály folyóiratainak terjesztését is saját kezébe vehette, és ennek folytán remélhető, hogy az előfizetett példányszámokban további számottevő növekedést sikerül majd elérni.

Meg kell említeni ezzel kapcsolatosan azt is, hogy az Acta Technica keretében már a múlt évben is önálló sorozatként jelentek meg a geodézia és geofizika szakterületét érintő tanulmányok és a f. évben a 2. sz. ilyen füzet megjelenése esedékes. Remélhető, hogy ez a körülmény szintén hozzá fog járulni az előfizetők számának növekedéséhez.

Ami a könyvkiadást illeti, a 10 év alatt megjelent könyvek száma — 96 — igen tekintélyes ugyan, de ha szakterületenként vizsgáljuk az Osztály ilyen irányú tevékenységét, kétségtelenül hiányosságok állapíthatók meg, amelyekre fel kell figyelniünk. A szakterületenkénti megoszlás a következő:

Geodézia .....	4
Geofizika .....	6
Földtan és ásványtan .....	14
Hidrológia .....	4
Bányászat .....	1
Kohászat .....	11
Képlékenység és képlékeny alakítás .	4
Metallográfia .....	5
Gépészet .....	12
Mechanika .....	2
Elektrotechnika .....	6
Híradástechnika .....	3
Automatika .....	1
Műszaki fizika .....	2
Építés .....	5
Településtan .....	1
Építészettörténet és elm. ....	3
Könnyűipar .....	2
Műszaki tudománytörténet .....	2
Összesen: .....	96

A felsorolásból megállapítható, hogy az egyes szakterületek részesedése a könyvkiadási tevékenységből korántsem arányos. Kiemelkedően jó a földtan és ásványtan területét érintő ilyen irányú tevékenység, ugyancsak jó a kohászaté is, látszólag kielégítő a gépészeté is, de itt már részleteiben vizsgálva a gépészet igen nagy tárgykörét, megállapítható, hogy vannak fontos rész-



területek, ahol a könyvkiadói tevékenység már eléggé hézagos. A kiadói tevékenységben erősen lemaradtak a bányászat, a híradástechnika, automatika és könnyűipar, amelyek jelentőségükhöz mérten mind ez ideig nem kielégítő módon vesznek részt könyvkiadásunkban. Kétségtelen, hogy a hiányolt szakterületeken a Műszaki Könyvkiadónál ugyan megjelennek gyakorlati szakkönyvek, azonban az elméleti jellegű munka viszonylag rendkívül kevés. Főbizottságainknak és bizottságainknak fontos feladatát képezi tehát többek között az is, hogy a hozzájuk tartozó szakterület helyzetét gondosan felmérve, megfelelő könyvkiadási terveket, illetve javaslatokat dolgozzanak ki.

MAJOR MÁTÉ lev. tag

Az Osztályvezetőség megbízásából több mint egy esztendeje vagyok tagja az Akadémia Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának, s ez indokolja hogy ebben a vonatkozásban én egészítsem ki az Osztálytitkár beszámolóját.

A Bizottság tagjaként ez ideig mindössze négy-öt ízben képviseltem az Osztályt, s igyekeztem jól eleget tenni megbízatásomnak. Meg kell azonban mondanom, hogy ez ideig nem alakult ki az a munkamódszer, mely lehetővé tenné, hogy valóban az Osztály szempontjait képviseljem a Bizottságban. Ugyanis, mivel magam nem ismerem — nem ismerhetem — az Osztály húsz tudományágának nemzetközi kapcsolataira vonatkozó dolgait, szempontokat, szereplésem csak akkor lehet hatékony, ha a jövőben — amennyiben ez technikailag megoldható — a Bizottság ülései előtt, a tárgyalandó anyag birtokában, az osztály- és a szaktitkárral meg tudom beszélni a képviselendő osztályálláspontokat. Ennek eddigi hiánya miatt történhetett meg, hogy épp a legutolsó bizottsági ülésen olyan döntéshez járultam hozzá, amellyel az Osztály egyik fontos tudományágának reprezentánsai nem értenek egyet. Bár — s ez is előfordulhat — nem szükségszerű, hogy egy-egy tudományág ilyen szempontjai kongruensek legyenek az Osztály egyetemes szempontjaival, vagy, hogy az Osztály ilyen szempontjai egybeessenek az Akadémia még egyetemesebb szempontjaival. Mindenesetre, amit erről, az utóbbiaktól függetlenül, előbb mondtam: önkritikaként is, kritikaként is mondtam.

\*

A továbbiakban — amikor röviden beszámolok az Osztály nemzetközi kapcsolatainak alakulásáról az elmúlt esztendőben — jelentős eredményekről beszélhetek. Jelentősekről, ha ezeket nem valami abszolútumhoz, hanem a közelebbi és távolabbi múlt eredményeihez mérjük.

Az Osztály nemzetközi kapcsolatai 1959-ben jellegük szerint négyfélék voltak:

1. kiküldetések tanulmányutakra, kongresszusokra, konferenciákra;
2. kongresszusok, konferenciák rendezése itthon, külföldi tudósok részvételével;
3. tanulmányutakra érkező és meghívott külföldi kutatók, tudósok vendégüllátása; s végül
4. nemzetközi szervezetekben — kollektív vagy személyes tagság formájában — együttműködés a világ tudósaival.

A tanulmányutakra kiküldetések részben a külföldi akadémiaikkal kötött egyezmények és munkaterv-megállapodások alapján, illetőleg a Műszaki

Tudományos Együttműködés keretében történnek. A külföldi kongresszusokon, konferenciákon való részvételt részben az akadémiai kiküldetések, részben a külföldi meghívások biztosítják. Mindezekre vonatkozólag az 1959-es mérleg így alakul:

kiküldetések akadémiai egyezmények alapján .....	12 fő
a Műszaki Tudományos Együttműködés útján .....	11 fő
kongresszusokon, konferenciákon részvétel:	
baráti országokban, akadémiai kiküldetéssel .....	13 fő
baráti országokban, meghívásra .....	18 fő
nyugati országokban, akadémiai kiküldetéssel .....	10 fő
nyugati országokban, meghívásra .....	6 fő
Összesen: .....	70 fő

Ezen túlmenően az Osztály egy kutatója hosszabb (6 hónapos) tanulmányúton vehetett részt a Nemzetközi Atomenergia Bizottság támogatásával.

A tanulmányutakra, kiküldetésben, zömmel az Osztály fiatal kutatói mentek, de — természetesen — az Akadémia rendes és levelező tagjai is. Behizonyosodott, hogy ezek a tanulmányutak általában rendkívül hasznosak, hozzájárulnak a kiküldöttek szakmai továbbfejlődéséhez, szakterületük külföldi intézményeinek, ezek munkájának megismeréséhez, tudományos tapasztalatok szerzéséhez, és nem utolsósorban a magyar tapasztalatok átadásához. Egyes kutatóink, tudósaink tanulmányútjukon nemegyszer olyan anyagot gyűjtöttek, vagy olyan — hogy úgy mondjam — inspirációt kaptak, mely elősegítette a magyar tudomány lendületesebb továbbhaladását.

Így, egyetlen például, egyik akadémikus és egyik levelező tagunk az NDK-ban rendkívül hasznos anyagot szerzett a létesülő Műszaki Fizikai Intézet épületeinek, felszerelésének, kutatóeszközeinek, egész munkájának kialakításához.

A nemzetközi rendezvényeken való részvétel ugyancsak igen értékesnek bizonyult a tudományos kapcsolatok kiszélesítése, a magyar tudományosság állandó fejlődésének, eredményeinek bemutatása és elismertetése szempontjából.

Így például a Bolgár Tudományos Akadémia, valamennyi baráti állam kiküldötteinek részvételével tartott, az öntözőrendszerek kérdéseivel foglalkozó konferenciáján határozati javaslatban a Magyar Tudományos Akadémiát kérték fel, hogy a vízvesztések meghatározásának elméleti és kísérleti munkáját nemzetközi szinten irányítsa.

Az Osztály küldöttséggel képviseltette magát a Freibergben megtartott bányászati és kohászati ülészen. A delegációban részt vett akadémikusunkat az NDK geológiai főigazgatósága meghívta a magyar tudós által bevezetett új genetikai, rendszertani és nomenklatúrai alapon folyó ólom-cink ércesedési vizsgálatok megtekintésére és véleményezésére. Ugyanekkor az ülészen résztvevő kohászok az ólom és cink egyidejű kinyeréséről tartott előadásból a fémek kohászatában forradalmat jelentő eljárásról szereztek tudomást, amely kihatással lesz az ólom és cinkérczek dúsitására is.

Egy Stuttgartban megtartott akusztikai világkongresszuson résztvevő levelező tagunk felhívta a nyugati országok szakembereinek figyelmét hazánkban az akusztika területén folyó nagy jelentőségű munkára. Ugyanitt a magyar küldöttek számára igen hasznosak voltak a sztereo-hangátvitel, a térakusztika kérdéseivel kapcsolatban felvetett problémák.

A Nagy Villamoshálózatok Nemzetközi Kongresszusa túlfeszültségvédelmi szakértőbizottságának stressziós ülésén a hazánkban e téren végzett munka ismertetése lényegesen új elemeket is tartalmazott, úgyhogy a bizottság elnöke felkérte a magyar küldötteket, hogy az 1960. évi konferencián benyújtandó elnöki jelentéshez bocsássák rendelkezésre a magyar módszerrel kidolgozott mérési eredményeket.

A külföldi tanulmányutak és kongresszusok, konferenciák révén szélesedő nemzetközi együttműködés kitűnő példájaként említhető meg a Szovjet Közlekedési Mérnökök Moszkvai Intézete és az Osztály Automatikai Kutató Csoportja között kialakuló kooperáció, neves akadémikusunk „autodyn” nevű új villamos gépének kifejlesztésére.

Az elmondottakban példákkal is illusztrált tudományos és népgazdasági jelentőségű tevékenység mellett a külföldi tanulmányutak és rendezvényrésztvételek komoly politikai haszonnal is járnak. Elsősorban a Szovjetunióban, de a népi demokráciákban is mélyül és gazdagodik a kiküldöttek politikai szemlélete, a nyugati országokban pedig széles lehetőség adódik, a rosszindulatú politikai ferdítések és hazugságok ellenében, az igazi Magyarország propagálására.

A Magyarországon 1959-ben az Osztály által rendezett két tudományos konferencia és egy konferencia-előkészítő munkaértekezlet jól betöltötte a nemzetközi kapcsolatok fejlesztésére és hasznosítására vonatkozó funkcióját.

A Geokémiai Konferencián *harminchat* külföldi tudós vett részt. Ez a nagy érdeklődés a konferencia anyagának — mely mintegy ötven előadásból állott, s melyet három idegen nyelven (oroszul, angolul, németül) két füzetben publikált az Akadémia — és a téma magyar akadémikus képviselője nagy nemzetközi tekintélyének köszönhető.

A második nemzetközi Építészettörténelmi és Műemlékvédelmi Konferencia *hat* külföldi résztvevő közreműködésével igen fontos munkát végzett közép-európai építészettörténelmi kutatás nemzetközi kapcsolatainak erősítése terén. A konferencia kijelölte azokat a témákat, melyek művelése Közép-Európában csak nemzetközi összefogással valósítható meg.

A Munkaértekezleten *öt* külföldi vendég részvételével megbeszélések folytak a szocialista országok tudományos szervezetei között, a villamosenergia-rendszerek kooperációja tudományos alapelveinek kidolgozására vonatkozó együttműködés érdekében. Az itt megtárgyalt javaslatoknak az érdekelt akadémiák általi jóváhagyása után állandó együttműködés jön létre a téma kidolgozására.

A belföldi kongresszusokon és konferenciákon tehát összesen *negyvenhét* külföldi tudós vett részt, a tanulmányút-cserék során pedig tizenkilenc kutatót látott az Akadémia, illetőleg az Osztály vendégül. A vendégek a szakterületükhöz tartozó intézmények, a magyar kutatási módszerek, tudományos eredmények stb. mellett megismerkedhettek Magyarország gazdasági, politikai viszonyaival és kultúrájával is. Végül élt az Osztály azzal a lehetőséggel, hogy az Akadémia költségén, néhány kiváló külföldi tudóst hívjon meg előadások tartására, konzultációra stb. Így került sor egy-egy szovjet geodéta, illetőleg kohász, egy francia hidrológus, és egy-egy nyugatnémet elektromos szakember, illetőleg talajmechanikus magyarországi meghívására, mely mind szakmai, mind politikai szempontból sikeresnek bizonyult.

Végül az Osztálynak a nemzetközi tudományos szervezetekben viselt tagságával kapcsolatos tényekről, eredményekről kell szólnom. Az Osztály,

1959-ben hét jelentősebb nemzetközi szervezetben tag, némelyikben funkciót is visel. Legjelentősebb szerephez eddig a Nemzetközi Automatika Szövetségben jutott, melynek egyik alelnökévé magyar akademikust választottak, egyik műszaki bizottsága titkárságának vezetését pedig Magyarországra bízták (a másik kettő egyikét a Szovjetunióra, másikat pedig az USA-ra). A magyar vezetésű műszaki bizottság feladatai közé tartozik az automatika-elemek területén folyó nemzetközi tudományos és fejlesztési munka koordinálása, az írásos anyagok cseréje, a szabványosítás, a tudományos konferenciák rendezése, stb. Magyarországnak ez a szerepe egy igen jelentős nemzetközi szervezetben elismerése annak a tudományos munkának, melyet a terület magyar tudósai végeztek és végeznek.

Az elmondottak is bizonyítják, mennyire fontos, hogy a legjelentősebb nemzetközi szervezetekben az Osztály tagságot szerezzen, illetőleg a meglévő tagságokat megtartsa, mert ezen a réven lehet leghatékonyabban publikálni és propagálni a magyar műszaki tudományok eredményeit.

\*

Befejezésül néhány nehézségre, hiányra, hibára szeretnék rámutatni, melyek ez idő szerint még lassítják, nehezítik, akadályozzák a nemzetközi kapcsolatok építésének adott lehetőségeit is, de e kapcsolatok még szélesebb és még termékenyebb kibontakoztatását is.

A nemzetközi kapcsolatok elevenen-tartása, fejlesztése, különösképpen ami a hazai rendezvényeket és a vendéglátást illeti, igen nagy és súlyos feladatokat ró az Osztályra, elsősorban az osztály adminisztratív dolgozóira, mivel létszámuk, az egyéb vonatkozásokban is állandóan növekvő teendőkhöz viszonyítva, igen szűkös. A létszám felemelése, hovatovább a nemzetközi kötelezettségek jó lebonyolításának alapvető feltételévé válik.

A vendégül látottak programjának megfelelő kialakítását egyre inkább nehezíti, hogy az Osztály saját kutatóintézménnyel alig rendelkezik, s ezért kénytelen a minisztériumok és az ipar segítségét igénybevenni. Ez a segítségnyújtás, bár általában készségesen és megfelelő formákban történik, nem leplezheti teljesen azt a tényt, hogy sem a minisztériumok, sem az ipari üzemek közvetlenül nem érdekeltek e vendégül látásokban.

A devizakeretek viszonylagos szűkössége következtében az Osztályhoz tartozó hús szakterület közül tizenkettőnek nincs tagsága a számukra fontos nemzetközi szervezetekben, de a meglévő tagságok nyújtotta lehetőségek nagymértékű kihasználása, — például a nyugati kongresszusokon, konferenciákon való részvétel bővítése — sem lehetséges emiatt stb. stb.

Ezek és a többi nehézségek, hiányok, hibák fokozatos leküzdésével, a kiküldetési keretek tervszerű tágításával, a tanulmányút-terveknek a kurrens és a távlati tudományos tervekkel koordinálásával, egyre intenzívebb és aktívabb munkával a nemzetközi szervezetekben stb. az Osztály mind nagyobb sikerrel fog elegendő tehetni a nemzetközi kapcsolatok fejlesztésére és hasznosítására vonatkozó kötelezettségének.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

SZIGETI GYÖRGY akadémikus

Az osztálytitkári beszámolóban említés történt a Műszaki Fizikai Kutató Intézetéről. Ezzel kapcsolatban szeretnék néhány szót szólni és ezzel kiegészíteni a beszámolót.

Ismeretes, hogy a Műszaki Fizikai Kutató Intézet 1958. január elsejével kezdte meg működését. Működése során első feladatául azt tekintette, hogy megfelelő szakértői gárdát igyekezzen toborozni, és ezeket bevezesse a téma területén folyó munkába, hogy igyekezzenek megszerezni a szükséges szak-képzettséget.

Ez az első feladat — bár igen nagy nehézségekkel — folyamatosan teljesül, és ezt a munkát nagy erővel végezzük. Több alkalommal sikerült fiatal dolgozóinkat tanulmányútra küldeni a Szovjetunióba és az NDK-ba. Sikerült biztosítani azt, hogy egyrészt azok a fiatalok, akiket az egyetemről közvetlenül vettünk fel a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet keretébe, másrészt a Távközlési Kutató Intézetbe, szakképzett vezetők mellett dolgozzanak, és elsősorban előremozdítsák az ipari intézetek tervteljesítését, másrészt azonban ők maguk is szakmailag képezzék magukat. Ezzel kapcsolatban már több önálló eredményről is be tudunk számolni. Fiatal kutatóink több előadást tartottak, részben a balatonfüredi híradástechnikai fizikai nemzetközi konferencián, részben egyéb helyeken is. Több cikkük is megjelent már a Műszaki Tudományok Osztályának közleményeiben, az Acta Physicában.

1959 végén az intézet létszáma 79 fő volt. Ennek kb. a fele tudományos dolgozó, másik fele pedig ezek munkáját elősegítő segédszemélyzet. Létszámukat további 14 fővel 1960 végére 93 főre kívánjuk emelni. Ezenkívül még gondunk van arra, hogy az Akadémia elnöksége az intézethez irányított két gyakornokot is munkába állítson. Ez kezdetnek elég jónak látszik. Más a helyzet, ha most megmondom azt, hogy az intézet építkezése tulajdonképpen még a mai napig sem indult meg, bár igen biztató kilátások vannak arra, hogy a következő egy-két vagy három héten belül mégiscsak megkezdik. De ha most meg is kezdik, ez azt jelenti, hogy csak 1962 folyamán tudjuk befejezni, s ez bizonyos tekintetben eléggé szomorú dolog, és az intézet munkáját ez a körülmény nagyon nagymértékben hátráltatja, már csak azért is, mert a vendéglátó intézeteknél a helyhiány olyan nagy, hogy a dolgozók nem tudják kifejtetni sem abban az intézetben, sem a mi intézetünkben azt a tudományos munkát, amit egyrészt a dolgozók létszáma és felkészültsége alapján, másrészt pedig a rendelkezésre álló műszerek kihasználásával tudnának kifejtetni, és még kevésbé van módjuk új műszerek elhelyezésére.

Az építkezéssel kapcsolatban a következőket szeretném közölni. Eredeti terveink szerint az intézet épületét annak az iparvállalatnak a területére kívántuk elhelyezni, amely az intézet eredményeit — mint reméltük — a legjobban fel tudja használni. Eredeti terveinket azonban meg kellett változtatni. Egyrészt azért, mert az illető vállalat távlati fejlesztése, amelyet most kellett még jobban kibővíteni, a helyet teljes mértékben saját termelő üzemei céljaira igényeli, és kell, hogy igénybe is vegye, másrészt pedig a Fővárosi Tanács a rendelkezésre álló helyet is túlságosan szűknek találta ahhoz, hogy itt az intézet távlati fejlődését biztosítva lássa.

Mindennek alapján meg kellett nézni, hogy milyen egyéb helyek jönnek számításba. A Fővárosi Tanács illetékes osztályai 8 vagy 10 telket jelöltek ki abból a szempontból, hogy vizsgáljuk felül, vajon melyik lenne az intézet részére a legmegfelelőbb. A telkeket igen alaposan megnéztük, a helyszínen megvizsgáltuk, és információkat szereztünk be. Kiderült, hogy egyes helyeken az altalajban mutatkozó keserűvíz előfordulás az építkezés tartósságát igen erősen befolyásolná, illetőleg ha ezt tekintetbe vesszük, akkor az építkezést rendkívüli módon megrágitaná. Más helyeken viszont a közvetlen közelben vezetett főútvonalak vagy vasútvonal az intézet rázkódásmentességét veszélyeztették volna, ami azután számos mérésnél nehézséget jelentett volna.

Voltak azután olyan területek, ahol a szomszédos erős por- és koromtermelő üzemek a levegő tisztaságát veszélyeztették. Úgyhogy mindezek alapján legcélszerűbbnek mutatkozott az a terület, amit a HIKI, a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet részére a IV. kerületi Tanács már kijelölt. Ezen a területen közvetlenül a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet szomszédságában építkezénnék. Ez az építkezési mód —, tehát hogy a Műszaki Fizikai Intézet és a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet közös telken, egymás szomszédságában, egymással kooperálva létesít intézetet —, számos előnyt jelent.

Egyrészt a telek maga az Egyesült Izzótól kb. 1 km távolságban van, nem légvonalban, hanem az útvonalnak megfelelően. Ez azt jelenti, hogy tízperces gyaloglással oda lehet jutni. Közlekedési szempontból egyébként is jól megközelíthető. Másodszor az, hogy ezen a helyen a két intézet közösen építkezik, biztosítja a megfelelő tudományos centrum kialakítását éppen a szakterületnek ezen a részén. Biztosítja tehát azt, hogy azok a kutatók, akik az iparban kívánják megvalósítani az elvi kutatás eredményét, állandó kontaktusban legyenek az elvi kutatást végzőkkel, problémáikat állandóan megvitathassák. Az iparvállalat közelsége másrészt azt is lehetővé teszi, hogy az ottani dolgozókkal is, szükség esetén naponta esetleg többször is, közvetlenül megbeszélést tudjunk folytatni. Az ilyen módon való település ezenkívül lehetővé teszi, hogy a két kutatóintézet számos intézményét, létesítményét közösen valósítsa meg.

Így tehát közösen kerülne megvalósításra a két intézet műhelye, amely állna mechanikai fémmegmunkáló műhelyből, elektromos műhelyből, üvegtechnikai műhelyből, kisebb asztalos műhelyből is, tehát lehetővé tenné az intézet eszközeinek elkészítését. Abban az esetben, ha a két kutatóintézet közösen rendezi be ezt a műhelyt, azt kell mondani, hogy a műhely majdnem 60%-kal kerülne kevesebbe, mintha mindkét intézet külön-külön létesítene műhelyt. A gépek kihasználása ti. így jobb lenne. Kutatóintézeti műhelynél nem az a tervezési szempont, hogy minden gép napi nyolc órán át forogjon, hanem hogy az összes szükséges gépek rendelkezésre álljanak. De nem megvetendő az a szempont sem, hogy ha már a gépek megvannak, akkor azok lehetőség szerint jól ki legyenek használva. Így pedig ha a két intézet használja ki, akkor előzetes terveink szerint a létesítés költsége kb. 60%-a volna annak, mintha két külön műhely létesülne.

Ugyanez a helyzet a szociális létesítmények, a konyha, az étkező stb. szempontjából, amiket szintén közösen tudunk megvalósítani. Nagyon nagy előnyöket nyújt a közös könyvtár használatának lehetősége, még ha külön létesít is könyvtárat a két intézet, de miután ezek egy telepen vannak, a dolgozóknak mindkét könyvtár rendelkezésére áll, tehát a két könyvtár megfelelően szakosítva, jobban biztosítja a tudományos fejlődés lehetőségét.

Mindezek alapján döntöttünk úgy a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézettel megegyezve, — amennyiben ezt a megegyezést az Akadémia és a Kohó- és Gépipari Minisztérium jóváhagyta, és végül a főváros is kiszolgáltatta a helykijelölési dokumentációt, — mondom, ilyen módon döntöttünk úgy, hogy az építkezést ezen a helyen kezdjük meg.

Az építkezés ütemezése a következő lenne: először megépülne a Műszaki Fizikai Kutató Intézet épülete. Ez az épület egy kb. kocka alakú épület volna, amelynek alapja kb.  $26 \times 26$  m, magassága pedig valami 25 m lenne.

Ily módon lenne a legjobban biztosítható a hely legjobb kihasználása és az, hogy az intézet egyes laboratóriumai egymáshoz közel kerüljenek. Ez lenne az első épület, amit megkezdének. A műhelyek és az étkezők egy épületben lennének, mégpedig úgy, hogy a földszinten foglal helyet a műhely és az emeleten az étkező és a konyha. Ennek az építése később indulna meg. Mivel azonban ez egyemeletes, kis épület, várható, hogy a befejezés a nagy épülettel egyszerre történik meg.

Arra számítunk, hogy az épületet körülbelül 1962-ben üzembe tudjuk helyezni. Összes műszer- és egyéb rendeléseinket is ennek megfelelően időzítjük. Lehetővé vált, hogy sok olyan műszert, amit eredetileg külföldről kellett volna behozni, a Kutesznél rendeljünk meg. Ez kettős eredmény: egyrészt a Kuteszt jobban tudjuk kihasználni éppen alapítási szempontjainak megfelelően, másrészt pedig bizonyos mennyiségű valutát tudunk megtakarítani.

Jelen pillanatban az építési engedély még nincs a kezünkben. A Tervhivatalnak kell még döntést hoznia, hogy véglegesen engedélyezze a jelenleg rendelkezésre álló dokumentációk alapján az építkezés megkezdését. A kivitelező kapacitás úgy látszik, biztosítva van. A tervezőintézet a tervekkel annyira elkészült, hogy az építkezést a kivitelező szerint is meg tudjuk kezdeni. Tehát a Tervhivatal döntésére és a fővárosi hatóságok részéről az építési engedély kiadására várunk, hogy de facto el tudjuk kezdeni az építkezést.

Ezekben szerettem volna az Osztályt tájékoztatni a jelenlegi helyzetről.

BÁN TAMÁS

Szíveskedjenek megengedni, hogy a Műszaki Fizikai Kutató Intézet közvetlen felügyelete alatt álló Műszerügyi Szolgálat tevékenységéről röviden beszámoljak. A szolgálat nyolcéves működése alatt mintegy 800 intézménynek nyújtott segítséget tudományos, kutatási, fejlesztési és ipari kérdésben. Ezeknek mintegy 25 százaléka akadémiai intézmény volt, 60 százaléka a fejlesztési területet foglalta magában.

Tevékenysége négy területre terjed ki. Szaktanácsadás, amely műszerbeszerzésre, műszerkezelésre, mérés technikai módszerekre vonatkozott, mintegy 500 esetben történt, kb. 17 000 katalógusból álló speciális gyűjtemény igénybevételeivel.

A legjelentősebb szolgáltatás a műszerkölcsonzés volt. A szolgálat nyolc éve alatt mintegy 143 millió forint értékű műszert adott a hozzá fordulóknak. A jelenlegi műszerpark 2300 műszer körülbelül 17 millió forint értékben. Ez tehát azt jelentette, hogy a műszerek évente többször is gazdát cseréltek. A kölcsönzésben igen fontos volt a kooperáció, azaz olyan műszereknek, amelyek egyes intézményeknél pillanatnyilag nem voltak kihasználva, más intézményhez rövidebb időre való átirányítása.

A szolgálat másik tevékenysége, a nagy műszeres szolgáltatások, különösképpen az utolsó évben kezdett kifejlődni, elsősorban a nagy sebességű jelenségek lassítása, a mikrofotográfia, a mikrokinematográfia és a spektrofotometria területén.

További tevékenysége a speciális műszerek korrekciója, illetőleg javítása, ami az egyes helyeken — elsősorban nem műszaki jellegű helyeken — meghibásodott nagy műszerek helyreállítási és beállítási munkáját jelentette.

Ezeket a tevékenységeket a szolgálat 14 főből álló munkatársi gárdája látta el, egyre nagyobb mértékben vette azonban igénybe az egyes intézményeknél levő szakmunkatársakat, akik egy-egy speciális esetben az egyes feladatoknak a megoldásában közre tudtak működni. A szolgálatfejlesztés során műszerparkja az ötéves terv keretében mintegy háromszorosára növekszik, és remélhetőleg megoldódnak a hely- és létszámnehézségek, amelyek most tevékenységét gátolják és így fokozott mértékben állhat a tudományos és fejlesztési feladatok rendelkezésére.

HEVESI GYULA elnök

Mivel senki nem kíván hozzászólni, befejezésül az Osztály tagjainak általános véleményét fejezem ki, ha helyeslőleg vesszük tudomásul GELEJI akadémikus osztálytitkári beszámolóját. Egyben felhasználom az alkalmat arra is, hogy az Osztály köszönetét fejezzem ki GELEJI akadémikusnak azért a kitartó, lelkes munkájáért, amellyel eddigi tevékenységét osztálytitkári hatáskörében kifejtette.

A magam részéről szeretném még néhány szóval kiegészíteni az elmondottakat az Osztály jövőbeni munkáját illetően. Az Akadémia átszervezésének tíz évvel ezelőtt egyik leglényegesebb momentuma a műszaki osztály létesítése volt. Sőt úgy gondolom az Akadémia átszervezésének egyik fő oka volt az, hogy a műszaki tudományok az Akadémián belül megfelelő szinten képviselést nyerjenek és fejlődési lehetőséget kapjanak. Népi demokráciánk célja ezzel az volt, hogy a műszaki tudományokat a lehető legnagyobb mértékben a szocialista építés szolgálatába állítsuk. Ma ezt különösen szem előtt kell tartanunk, amikor az egész szocialista tábor együttes erőfeszítéssel arra törekszik, hogy mennél gyorsabban és mennél eredményesebben haladjon előre azon az úton, amely a szocializmus végső győzelméhez vezet, amelyen történelmileg nyilvánvalóvá válik a szocialista társadalmi rend óriási fölénye a kapitalista rendszerrel szemben, és amely végső fokon biztosíthatja az emberiség további békés fejlődését. Ezért az elmélet és a gyakorlat kapcsolatára a továbbiakban még nagyobb súlyt kell helyeznünk.

Ez volt az Osztály alaptörekvése már kezdettől fogva, ahogy azt GELEJI kartársunk is kifejezte: de szeretném aláhúzni, hogy ebből a szempontból ma sokkal kedvezőbb a helyzet, mint a múltban, különösen egyik-másik minisztériumunkkal való kapcsolatunkban volt. Ma gazdasági vezető szerveink éppúgy, mint pártszerveink is, nemcsak a legnagyobb készséggel fogadják az Akadémia kezdeményezéseit, de számítanak is azokra és minden értékes tudományos javaslat megértésre és méltánylásra talál részükről. Talán nem ártana kissé a múltra visszatekintve rámutatnom arra, hogy ma már távolról sincsenek olyan példák, amikor egyes gazdasági vezető személyek egyenesen rossz néven vették, ha az Akadémia vagy egyes bizottságai tudományos objektivitással szóltak hozzá azokhoz az intézkedésekhez, vagy tervekhez, amelyeket



egy-egy gazdasági területen kidolgoztak. Nem szívesen látták, hogy az előterjesztett javaslatok vagy tanulmányok esetleg rámutathatnak bizonyos fejlesztési vagy gazdasági tervek tudományos megalapozottságának hiányosságaira. Előfordultak a múltban olyan esetek is, hogy egyes gazdasági vezetők a közvetlenül alájuk rendelt vagy hozzájuk tartozó kutatóintézetek tudósainak javaslatait sem kívánták figyelembe venni. Emlékszem olyan esetre, amikor egy igen jelentős ipari kutatóintézetünk vezetője felkeresett és előadta, hogy kénytelen volt egy magasszintű tanácskozáson meggyőződése ellenére más álláspontot elfogadni, mint amelyet az Akadémia főbizottságában képviselt, mert nem kívánta magát kitenni esetleges kellemetlenségeknek felesleg hatósága részéről. Sőt találkoztunk olyan nézetekkel is, amelyek egyenesen illetéktelen beavatkozásnak minősítették az Akadémia műszaki bizottságainak azt a törekvését, hogy a gazdasági építést komolyan megalapozott tudományos javaslatokkal támasszák alá.

Mindezt csak azért idéztem fel a múltból, hogy annál jobban aláhúzzam a gazdasági és a politikai vezetés jelenlegi pozitív beállítottságát az Akadémia irányában. Az utóbbi években — GELEJI akadémikus erre nem térhetett ki, mert ez az elnökség vonalán történt — egyes bizottságok vagy osztályok kezdeményezésére elég gyakran volt alkalmam komoly javaslatokkal és előterjesztésekkel fordulni egyes miniszterekhez, a Tervhivatal és más gazdasági szervek vezetőihez. Ezek a javaslatok kivétel nélkül a legkomolyabb méltatásban részesültek. Megfelelő intézkedések történtek; olyan esetekben pedig, mikor a javaslatok nem voltak megvalósíthatók, ezt kellően megindokolták.

Rá szeretnék mutatni arra is, hogy kedvező tapasztalataink vannak az akadémiai és ipari kutatóintézetek együttműködését illetően. A múlt év folyamán mintegy 50 ipari kutatóintézethez fordultunk az elnökség részéről kérdéssel, hogy milyen tudományos témák terén tartanak szükségesnek a kapcsolatot és együttműködést tanszékekkel vagy az akadémiai kutatóintézetekkel. Igen érdekes volt ennek a körkérdésnek az eredménye, amennyiben 41 ipari vagy más gazdasági főhatósághoz tartozó intézet jelentette be erre vonatkozó javaslatát és kívánságait. Összesen 164 témában kérték az együttműködést, amelyek közül 81 elméleti jellegű volt, amit nem is oldhattak volna meg az Akadémia segítségével. Mindezeket a megkereséseket átadtuk az illetékes bizottságoknak, és ha nem is minden esetben volt az Akadémiának módja megfelelően kielégíteni az ipari és mezőgazdasági intézetek kívánságait, egészséges, jó együttműködés indult meg, nem egy esetben igen pozitív eredménnyel.

Szeretném minderre felhívni a figyelmet. Nagyon helyes az a törekvés, hogy a műszaki osztály alapkutatási bázisát erősítsük és fejlesszük, de sohase felejtjük el ennek a fejlesztésnek a célját. Ezek a kutatások azért kellene, hogy ha nem is máról holnapra, de távolabbi perspektívában előre vigyék a szocializmus építését; ha ezt szem előtt tartjuk, akkor az Osztály valóban meg fog felelni annak a hivatásnak, amelynek betöltésére létrejött és amelynek kedvéért minden tekintetben a legnagyobb támogatásban részesül.

GELEJI SÁNDOR zárszava

Nagyon szépen köszönöm HEVESI elvtárs elismerő szavait, és mindazt, amit az osztálytitkári beszámolóhoz hozzáfűzött, meg fogjuk szívlelni és igye-

kezni fogunk annak szellemében eljárni. Méltánytalan dolog volna azonban, ha nem emlékeznék meg arról, hogy az osztálytitkári beszámolóban megnyilvánuló munka az egész osztálytitkárság kollektív munkája, és ugyanúgy őket is megilleti a köszönet, illetőleg az elismerés azért a munkáért, amely az osztálytitkári munkában megnyilvánult, mint engem, az egyik résztvevőt.

# A MEROGEOLOGIÁTÓL A HOLOGEOLOGIA FELÉ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR

akadémikus

## I.

Az abszolút kormeghatározás legújabb eredményei alapján kialakult a Föld kérgének minden eddigi elképzelést felülmúló 4,1—4,5 milliárd éves értéke. Nagy utat tett meg az újkori ember USSHER skót érsek óta, aki 1654-ben egyházi iratok alapján arra a pontosságával is meglepő következtetésre jutott, hogy a teremtés Krisztus előtt a 4004. év október 26-án reggel 9 órakor történt. Egy évszázad múlva a világos gondolkodás nagy mintaképe, GOETHE — elvetve a teremtés hittételét — földtudományi ismeretek birtokában 6000 évnél semmi esetre sem tartotta idősebbnek az akkor még WERNER részéről is özönvíznek nevezett negyedkort. További félszázad múlva az üledékképződés megfigyelt sebességeiből kapott értékek extrapolálásával sokan már néhány százmillió évre becsülték a Föld korát. A radioaktív alapú abszolút kormeghatározás kezdetén, századunk második évtizedétől kezdve pedig a kambrium helyesen már 0,5—0,6 milliárd évesnek talált korából a Föld teljes korát 2,0—2,5 milliárd évre becsülték, annak a feltevésnek alapján, hogy a prekambrium a geológiai időknek kb. 3/4 része. A prekambriumi kőzetekre vonatkozó abszolút mérésekkel azután az utolsó évtizedben kb. 3,3 milliárd, legújabban pedig a módszerek elveinek kritikai egyeztetése alapján az említett kb. 4,3 milliárd éves érték adódott.

Így a kambriummal kezdődő egész hosszú időszak, amelyet a geológia két évszázad óta részletesebben vizsgált, és lényegileg a Föld tulajdonképpeni történeteként taglalt, a Föld életének csekély, mindössze kb. 1/8-nyi részletének adódott.

Viszonylag még jelentéktelenebb a Földnek *térbelileg*, illetve tömegileg eddig rendszeresen geológiailag közvetlenül vizsgált része. Mélyfúrások alapján jelenleg a Föld sugarának mintegy ezredrésze tekinthető hozzáférhetőnek, a legrégebb kéregrészek lepusztulásával 20—30 km mélységig, a vulkáni kőzetek fő-magmakamráinak 60—70 km-ben feltételezett mélysége alapján pedig a földgömbnek kb. 1/100-ad sugár-mélységéig lehetséges közvetlen kőzettani megfigyelés.

Amit tehát geológiának nevezünk, lényegileg a Földnek legújabb korára és legkülsőbb burkára vonatkozott. Ebbe mint kényszerhelyzetbe a geológusok

nagy része bele is törődött, úgy véelve, hogy a részükről vizsgált képződmények úgyis függetlenek a Föld többi részének sajátosságaitól.

A nagyvonalú tudományos szervezés megindulása idején, 15 éves tudományos tervünk előkészítésekor azonban világosan szembe kell néznünk a ténynyel, hogy tudományunk súlypontja e vonatkozásban eltolódóban van. Az utolsó évek kutatásai alapján döntő lépéssel közeledtünk az eddigi részgeológia, a merogeológia fokozatából a Földnek időben és térben teljesebb földtani, *hologeológiai* szemlélete felé. Keletkezőben van egy módszereiben, szemléletében és igényeiben új tudománycsoport, amely a földtörténeti kutatásnak eddigi alapvetően rétegtani módszerei mellett geokémiai-geofizikai szintézissel máris legalább 3 milliárd évre és 700 km mélységre kiterjedően képes többé-kevésbé sorozatos adatokat szolgáltatni, és gyorsan halad a Föld teljes egésze összefüggéseinek, sőt kozmológiai kapcsolatainak vizsgálata irányába. A szintétikus geológiai-kozmológiai módszer jelenleg az abszolút geológiai koradatokkal dolgozó migrációs és meteorit-petrológia, a geo- és kozmokémia, a túlnyomóan szeizmikus geofizika, az égitestek mechanikája, továbbá a magfizika kapcsolatából jön létre. Ehhez az asztronautika fejlődésével, de feltehetően már a távlati kutatási tervidőszakon belül fontos további tényezőként hozzájárulhat a szelenopetrológia, mint a kozmopetrológia első fejezete. Ennek az eltolódásnak az alkalmazott földtani gyakorlat számára is fontos következménye, hogy az egyes földtani képződmények, kőzetek egymástól független jellegének eddigi kényelmes feltevése többé nem tartható fenn.

Az MTA új korszaka 10 éves jubileumi nagygyűlésén, egyben az első távlati tudományos kutatási terv születésekor, indokoltnak látszik a szemléletében alapvetően átalakuló petrológia és a geokémia legújabb eredményeinek összegezéséből kiindulva a geo- és kozmo-tudományok szorosabb kapcsolatához vezető utat vizsgálni.

## II.

Az eddigi geológiai anyagvizsgálat többé-kevésbé kielégítően elvégezhető volt a közismert hármas kőzetbeosztás, a magmás, üledékes és átalakult kőzetcsoportosítás alapján. A kőzetek képződésében gyakorlatilag egyetlen, illetve az átalakult kőzetek esetében két petrológiai folyamattal lehetett számolni. Az egyes kőzetcsoportok egymástól élesen elkülönülni látszottak, és az egyes kőzetek képződése önállóan, önmagában levezethetőnek mutatkozott. Ennek megfelelően a magma kémiai fejlődése a mellékkőzettől lényegileg független folyamatként volt értelmezhető. A magma és mellékkőzet kölcsönhatásának feltételezésére csak a keskeny exo- és a még keskenyebb, sőt gyakran ki sem mutatható endo-kontakt övben volt szükség. A kölcsönhatásban az ún. kontakt-pneumatolízisen kívül főleg csak fizikai jellegű termometamorf jelenségekkel kellett számolni. Ez lényegileg **z á r t m a g m á s f o l y a m a t o k** feltevését jelentette.

A múlt század utolsó évében azonban felmerült már LOEWINSON—LES-  
SING elképzelésében a mellékkőzet magmás beolvasztásának, a kőzetasszimilá-  
ciónak feltevése. Ezzel megjelent — egyelőre kisebb lokális tömegeket illetően  
a nem zárt magmafejlődés eszméje. Ezt a geológiai közvetlen megfigyelés is  
sok esetben alátámasztani látszott és DALY mészkőasszimilációs alkálimagma-  
képződési feltevéséhez vezetett. Mégis nagyobb mérvű jelenségként az asszimi-  
lációt a fizikai-kémiai jól megalapozott BOWEN-féle reakció-elv elméletileg  
lehetetlennek mutatta.

Az átalakulási kőzetképződésben a kőzetek egymásra hatása feltevésének  
egyelőre ugyancsak nem jutott jelentőség, elsősorban azért, mert KJERULF és  
ROSENBUSCH — a könnyen illókat nem tekintve — az agyagos kőzetek lényegileg  
változatlan kémiai összetétellel történő kontakt metamorfózist bizonyították.

A zárt kőzetképződési folyamatok így továbbra is uralmon maradt elmé-  
letei mint egyszerűsítések hasznosak és szükségesek voltak, mert nélkülük  
egyéb tényezők sora nem lett volna világosan elkülöníthető. Azonban sokszor  
önkéntes és végeredményben helytelen voltukat MICHEL—LÉVY már a múlt  
század második felében felismerte, hirdetve, hogy minden metamorfózis kémiai  
változással jár. Ez azonban kézzelfoghatóbbá csak a századforduló után vált,  
amikor SEDERHOLM, majd ESKOLA kimutatták a szilárd kőzetek folyékony  
mágmává válásának jelenségeit, a migmatitos és anatexises folyamatokat.  
Az izokémikus és az állókémikus átalakulás most egymás mellett érvényes el-  
vekként együtt megférni látszottak.

A migmatitosodás és anatexis felismerésével indult meg a mélyebb kéreg  
hatékonyabb kőzettani vizsgálata. Teljesen újszerűnek látszó jelenségekkel  
kellett itt szembenézni. Az eddigi petrológia élesen elkülönített hármas kőzet-  
beosztása és a kőzetcsoportok egyszerű mono-, illetve digén származtatása  
mindinkább érvényét veszítette, hiszen a mélyebb kéregben nemcsak üledékes  
kőzetek hiányoznak eredeti állapotukban, hanem az átalakulási és magmás  
kőzetek határai is migmatitosan vagy metasomatikusán elmosódnak. A mag-  
más és metamorf kőzetképződés hosszan tartó, részint t ö b b s z a k a s z o s  
p o l i g é n f o l y a m a t n a k bizonyult, amelynek legfőbb tényezőjeként  
a szilárd kőzetanyagon áthatoló, azt kémiaiilag átalakító elemvándorlást, a  
szelektív migrációt kellett feltételezni.

A s z e l e k t í v m i g r á c i ó pontosabb elemzése azonban a mennyi-  
leges értelmezéseket lehetővé tevő új fegyverzetet követelt, mert az egyelőre  
sem kísérletileg, sem közvetlen természeti megfigyeléssel számszerűen nem volt  
követhető. E folyamatok pontosabb meghatározása tehát annak elméleti  
számíthatóvátételét igényelte, és erre irányultak utolsó 10 évi saját vizsgálá-  
tink is.

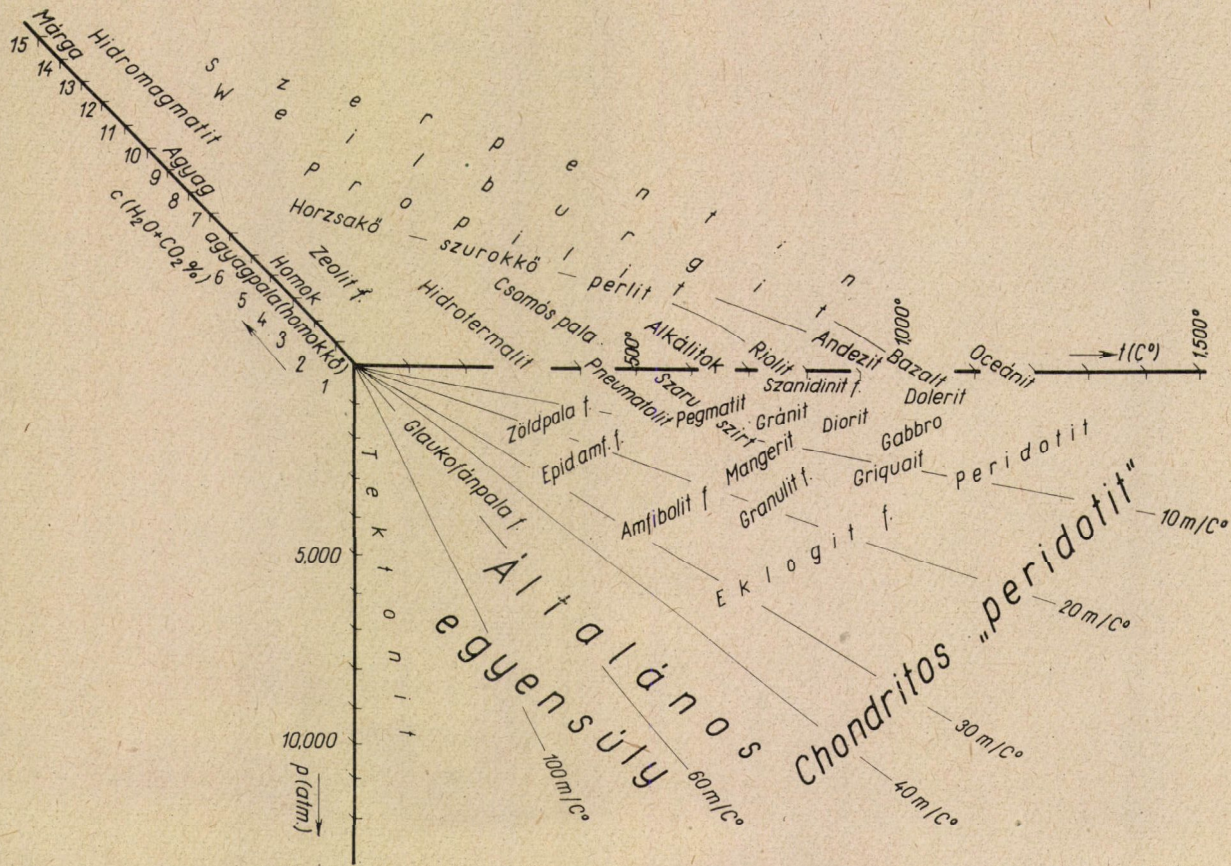
Először a metamorfózissal szemben legérzékenyebb kőzetek, a kőszenek  
egyszerű rétegterheléses átalakulása és maximális rétegterhelési értékei közti  
összefüggés vizsgálata alapján a m e t a m o r f ó z i s f o k o z a t a i n a k,

ESKOLA ásványfáciasei  $p-t$  értékeinek pontosabb meghatározására törekedtünk. Ugyanakkor ugyanezt a kérdést az ásványátalakulási egyensúly hőmérsékletekből kiindulva többek közt BARTH és RAMBERG is vizsgálták. Egymástól teljesen függetlenül elért eredményeink meglehetősen egyeztek. Érdekes módon a legkisebb metamorf fokozatokra vonatkozó  $p-t$  értékekben jelentkeztek százalékosan jelentékenyebb különbségek. A szénközetek rétegetterhelés mélységei alapján ui. mi az üledékes és a típusos metamorf kőzetek közt széles agyagpala-öv, feltevésére jutottunk. Ebből a zöldpala fációs alsó határára vonatkozóan jóval nagyobb  $p-t$  érték adódott, mint az ásványátalakulási egyensúlyi adatokból. Az agyagpala  $p-t$  iránt közömbös, nem jellemző ásványtársasága (kvarc, csillámok és agyagásványok) alapján azonban határozott kritikus ásványtársasággal jellemzett ásványfációsaként az agyagpala-öv nem volt elkülöníthető, és így az agyagpala-képződést magunk is az epigenezis névvel különítettük el a kőzetformálódás (diagenezis) és a kőzetátalakulás (metamorfózis) folyamataitól. Az MTA 1959. évi Geokémiai Konferenciáján bemutatott új  $p-t-c$  diagramon, amelynek továbbfejlesztett alakja az 1. ábra, az agyagpala-öv felső, vagyis a zöldpala fációs alsó határát BARTH és RAMBERG eredményeire tekintettel magunk is csökkenteni láttuk indokoltnak. A SZOBOLJEV és SAVUL akadémikusok részéről idézett és egyéb adatokból azonban kiderült, hogy a kőszenek átalakulási mélységeiből levezetett értékek voltak a helyesebbek.

FYFE szerint a zöldpala fációs aligha terjed  $300\text{ C}^\circ$ -nál kisebb hőmérsékletre. H. G. F. WINKLER kísérletei szerint a zöldpala fációs ásványtársasága közel  $400\text{ C}^\circ$ -on kezd kristályosodni. Az „agyagpala-öv” tehát eredeti megállapításunknak megfelelően kb.  $300-350\text{ C}^\circ$  határig terjed.

Ez az öv azonban még mindig nem volt határozott kritikus ásványtársasággal jellemezhető. A metamorf fáciések ily módon főleg az érzékenyebb bázisos ásványtársaság segítségével különíthetők el. Már 1939-ben maga ESKOLA felvetette a csekély hőmérsékleti zeolit fációs lehetőségének kérdését, de a zeolitos ásványtársulásokat nem tartván egyensúlyban levőnek, feltevését határozottan nem fejtette ki. 1950-ben RENGARTEN szovjet kutató uráli, kaukázusi és más üledékes kőzetekben regionális kiterjedésben talált zeolitos ásványtársaságot, amelynek alapján egy zeolitos fációs elkülönítését javasolta, amelyet PUSZTOVALOV glaukonitos fáciésének megfelelő, de nagyobb oxidációs potenciál értékeken keletkező üledékes fációsnek tekintett. Legújabban TURNER (1958), majd COOMBS, ELLIS, FYFE és TAYLOR (1959) rámutattak, hogy bizonyos addig üledékesnek tartott zeolitos kőzetek önálló metamorf fációs képviselőinek tekintendők, amelyekben a zeolit képződése kritikus ásványjelleggel lényegileg egyensúlyi viszonyok közt történhetik. Ezeket az egyensúlyi viszonyokat kísérletileg is igazolták. Ezzel az 1948-ban meghatározott agyagpala-övrünk pontosabb körülhatárolást és önálló zeolit-ásványfációsaként igazolást kapott (1. ábra).





1. ábra

Az ábra a zöldpala fácies az elülső pt-síkba vetítve mutatja. A valóságban ez a fácies nagyobb víztartalmának megfelelően mélyebb síkokban jelentkezik, részben összeolvadva a hidrotermalitokkal

A zeolitok megjelenése alkáli-felesleg, pontosabban nátrium + kalcium-bőség és rendszerint széndioxid- és káliumhiány esetében lehetséges. Ezáltal az alumínium koordinációs száma itt négyessé válik. A zeolit fáciesbe sorolható, de Na- és Ca-ban szegényebb, K-ban gazdagabb, közönséges agyagpalákban viszont az alumínium túlnyomóan hatos koordinációjú. A zeolitos csillámos alfáciesek elkülönülése a zeolit fáciesen belül tehát bizonyos mértékig analógiája az agpaitos és a plumazitos magmatitok elkülönülésének, néhány száz fokkal magasabb hőmérsékleten.

A zeolit fáciesben az eddigi vizsgálatok szerint több alfácies különböztethető meg, nevezetesen: 1. a heulandit-analcim alfácies részben montmorillonitos ásványokkal, szeladonittal és kvarccal, 2. a laumontit alfácies részben albittal, adulárral, kvarccal, szeladonittal, montmorillonittal, sőt helyenként már klorittal is, 3. a prehnit-pumpelleiit alfácies, részben klorittal, adulárral, kvarccal. Ezekben az alfáciesekben a  $\text{SiO}_2$  és  $\text{H}_2\text{O}$  mennyisége fokozatosan csökken a mondott sorrendben. Ezután (4.) az epidot megjelenésével átjutunk a zöldpala fáciesbe.

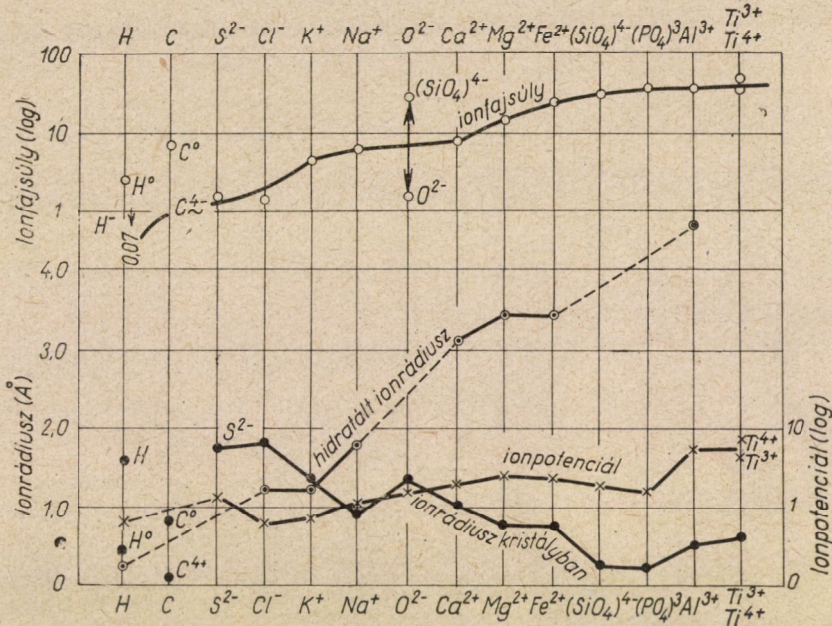
### III.

Ezelőtt 8—12 évvel az ásványfácieseket BARTH, RAMBERG és magam is a  $p-t$  értékekkel többé-kevésbé egyértelműen meghatározhatónak véltük, és elhanyagoltuk a könnyen illó mobilis komponensek hatását.

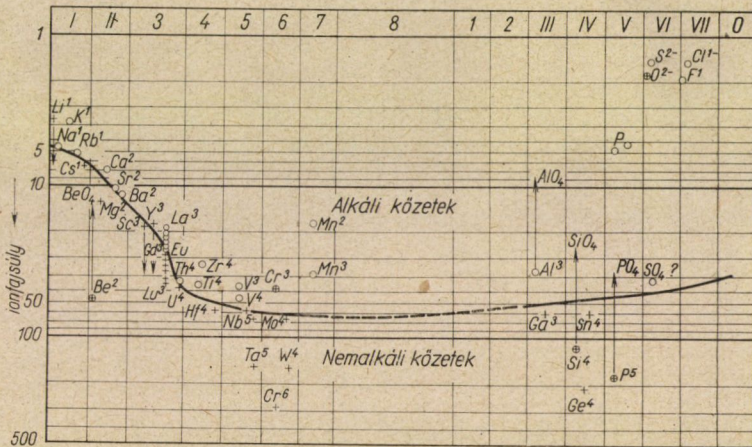
Geokémiai vizsgálataim második lépcsőfokában azonban az alkáli-metaszomatózis, a gránitosodás és az alkálimagmatit-képződés problematikájának mennyileges meghatározása céljából a különböző elemek migrációs készségének számszerű megkülönböztetésére törekedtem. Számításba vettem a szilárd kőzeteken keresztül történő, ún. iononkénti intrakristályos migráció lehetőségét, noha azt a kutatók túlnyomó többsége akkor geológiai mértékben valószínűtlennek, sőt egyesek a közönséges nyomáson végzett diffúziós kísérletek alapján lehetetlennek tartották. Minthogy a kérdés földtaniilag használható tényleges közvetlen kísérleti vizsgálatára egyelőre kilátás nem volt, mert e célból a diffúziót a nagy mélységeknek megfelelő nagy nyomáson kellett volna mérni, ezért ezt a kérdést számítás útján igyekeztünk levezetni. A különböző elemek migrációs készségére akkor egyedül a RAMBERG-féle fiktív molekula-térfogatok alapján lehetett következtetni. Ezért az ion- és atomfajlyok fogalmának bevezetésével igyekeztem konkrétabb alapot adni a kérdésnek. Ezzel kvantitatív értelmezéshez jutott a KORZSINSZKIJ-féle, ún. migrációs sorozat (2. ábra), továbbá az alkáliák különösen nagy migrációs készsége, valamint az alkáli-magmatitok sajátos elemeloszlásának (3. ábra) eredete. Az ionfajsúlyok felhasználásával ESKOLANAK később sikerült a gránitosodás jelenségét, általában a szilárd kőzeteknek alkáli, különösen káli-migrációval fokozatosan gránittá alakulásának jelenségét is elméletileg levezet-



nie. Erre vonatkozó eredményeit ESKOLA legújabban egyik amerikai folyóirat számára a következőleg foglalta össze. „I have discussed the granite genesis from the viewpoints presented by E. Szádeczky-Kardoss based on the



2. ábra



3. ábra

conceptions of »wichtes« of the ions and atoms, involving upward diffusion of the lighter elements, and on the ionic and bonding potentials, whose numeric values vary parallel to the sequence of crystallization of minerals. Application

of these concepts leads, in an elegant manner, to a satisfactory theory of the genesis and development of the plutonic rocks.”\*

Legújabbán BUDDINGTON a magmás és metamorf gránitképződés térbeli eloszlásának a kérdését is megvilágította, megállapítva, hogy a magmás gránit intruzió az epi-övben csaknem kizárólagos, a mezo-övben egyenrangú a migmatitos, illetve metasomatikus gránitosodással, a kata-övben pedig a metasomatikus-migmatitos gránitok uralkodnak.

LAPADU-HARGUES és RAMBERG kőzetkémiai statisztikai vizsgálatai alapján másrészt mindinkább megvilágosodott, hogy az alkáli-metasomatózis nem korlátozódik a migmatitos gránitok övére, hanem a kato-metamorf gneiszek, sőt kisebb mértékben a mezo-metamorf csillámpalák övében is rendszeres és általános jelenség. Ez az alkáli-, különösen kálium-metasomatózis is kezdetben még részben a szilárd kőzeteken keresztül hatoló iononkénti diffúziós migrációként értelmezhető, melyet azonban egy más tényező, a vegyület-potenciálok hőmérsékleti változása befolyásol. Ha ui. kizárólag oldatos vándorlás határozná meg e folyamatot, úgy az az oldatok vándorlásának inkább utat nyitó kisebb nyomású epi-metamorf övében jelentkeznek, nem pedig a nagynyomású kata- és mezo-övekben.

Ma már az eddig legszkeptikusabb iskola egyik reprezentáns vezére, K. R. MEHNERT professzor is elismeri a szilárd kőzeteken keresztül történő diffúziós migrációt abban a formában, hogy azt csak a felső földkéreg-részben tartja kizártnak, ahol valóban nem is tételezzük fel azt.

#### IV.

A szilárd kőzeteken keresztül történő intrakristályos iononkénti migráció a kémiai kötés gyengülésére utalhat. Ugyanitt az atomok bizonyos fokú „ionizációjára” lehet következtetni. Ez az ionizáció azonban más jellegű, mint az ún. ionos kémiai kötésben jelentkező ionizáció, amely a kovalens kötésnél erősebb külön ionos kötőerők keletkezését jelenti, és főleg a Föld legkülső részében gyakori. A Föld nagymélységű öveiben mutatkozó ionizáció viszont mélyrehatóbb, ti. nagyobb számú elektron leszakadásával az ún. plazma állapothoz közelálló fémes szerkezet felé tendálást fejez ki.

Vizsgálataink következő lépcsőfokán így a kötés erőnek a geokémiai viszonyok közt követhető általánosabb értelmezésére törekedtünk. A Föld mélyebb öveiben uralkodó nyomás és hőmérsékleti viszonyok közt a geokémiai folyamatok nagy részének levezetése termodinamikai alapon, kalorimetrikus értékekből a szükséges adatok hiányában túlnyomóan nem volt lehetséges. Így kezeztünk tehát a kötés erőket tisztán a hőmérséklettől függetlenebb atomos

\* „A gránitképződést a könnyű elemeknek az ion- és atomfajsúlyok eszméjéből következő felfelé diffúziója szempontjából vizsgáltam. Ezek numerikus értéke az ásványok kristályosodásának sorozatával párhuzamosan változik. E felfogás alkalmazása elegáns módon elvezet a plutoni kőzetek képződésének és fejlődésének kielégítő elméletéhez.”

állandókból levezetni. Erre az ionpotenciál értékek látszottak legalkalmasabbnak. Az ionpotenciált GOLDSCHMIDT alapvetőnek találta az üledékes kőzetek elkülönítésében, FERSZMAN pedig bizonyos mértékig analóg értékeket az EK-értékek számításában használt fel. Ezért — noha az ionpotenciál értékek fizikai jelentése bizonytalan volt — megkíséreltük e fogalom továbbfejlesztését oly módon, hogy azt kiterjesztettük az anionokra és a komplex anionokra is, amivel lehetővé vált a potenciálértékekből a vegyületekre jellemző értékek levezetése is. Ez az értelemszerűen **v e g y ü l e t p o t e n c i á l n a k** elnevezett érték első közelítésben könnyen számíthatónak és egyszerű feltevessel a kovalens kötésben való alkalmazásával a kőzetek egész világára kiterjeszthetőnek bizonyult. Ennek alapján ui. meghatározható volt a magmás differenciáció kristályosodási sorrendje, másrészt pedig a metamorf kőzetek átkristályosodására jellemző krisztalloblasztos sorrend is (4. ábra), ami megadta az ún. kristályosodási erő mértékszámát. Emellett alkalmazhatónak bizonyult ez a számítás a kémiai üledékképződés (evaporitok) ásványkiválási sorozataira is. A geokémiai potenciálszámítás ily módon a geokémiai folyamatok egységes értelmezését lehetővé tevő általános szemléletté fejlődött, amelynek segítségével a legkülönbözőbb összetételű, koncentrációjú rendszerekben elkülöníthető a vándorlásra alkalmas mobilis gáz és folyékony állapot, a vándorlásra alkalmatlan vegyületté kötött állapottól.

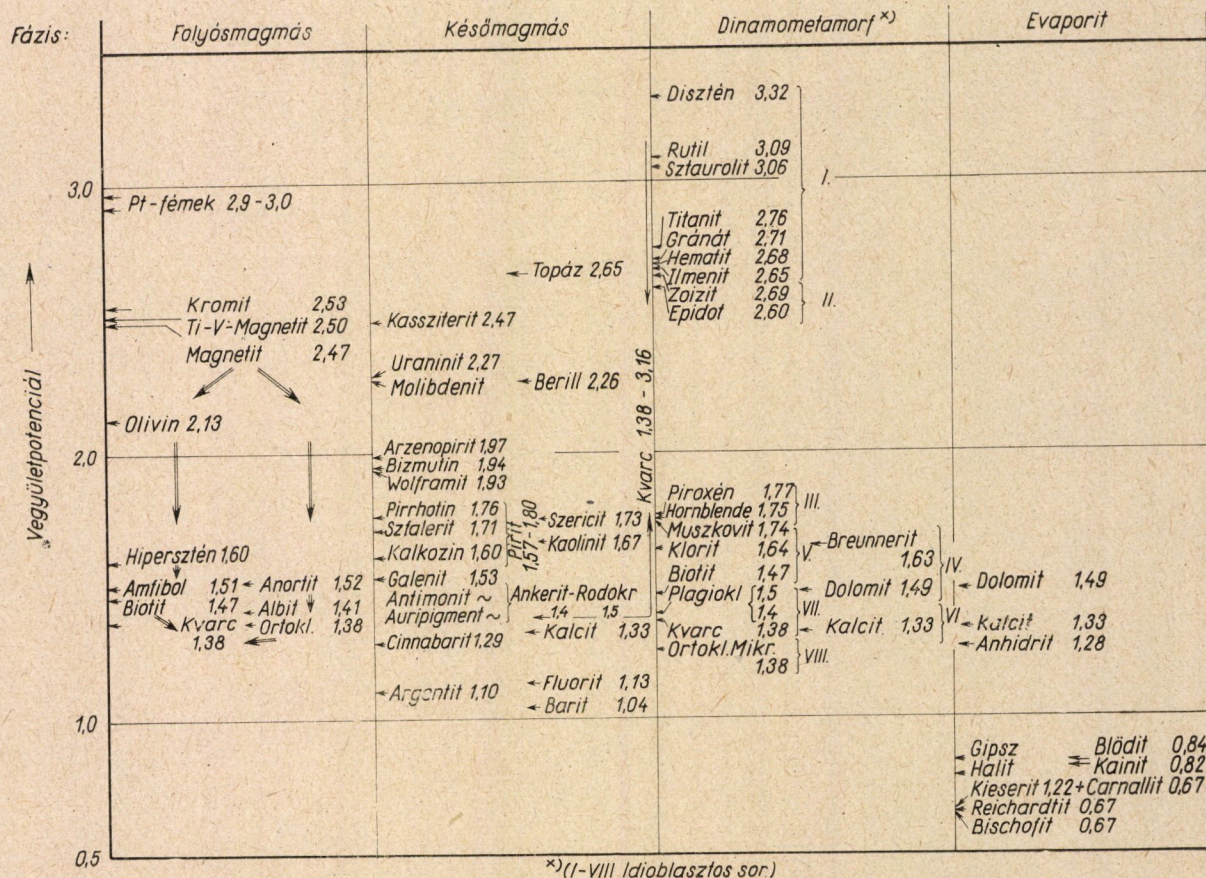
A geokémiai potenciálszámítás bevezetése érdekes eredményekhez vezetett. Ezen az alapon volt kimutatható, hogy az ún. magmás kristályosodás két egymásban nem oldódó folyékony fázisból történik, a szilikátolvadékból és vizesoldatból, amelyek a pegmatitos stádiumban váltják fel egymást. Ezért itt a csökkenő vegyületpotenciálok szerinti kristályosodásnak új sorozata kezdődik, mely a hidrotermális stádium végén fejeződik be. Az ércépződés ásványkiválásai vegyületpotenciálok szerinti sorozatára vonatkozó ezeket a vizsgálatokat legújabbán SCHNEIDERHÖHN fejlesztette tovább (5. ábra).

Általában a potenciálszámítással rendszeresen kimutatható, hogy egy ásványparagenezisen belül mely ásványok keletkeznek ugyanazon oldatból és hol jelentkeznek rejuvenációk. Ezt konkrét példák kapcsán TOKODY LÁSZLÓ, majd KASZANITZKY FERENC és mások bizonyították.

A potenciálszemlélet alapján kiszámítottuk a különböző ionok oldatban jelentkező, ún. hidratált ionrádiuszait is. Ennek alapján legújabbán OVCSINYIKOVVAL igazoltuk MACKAY és KORZSINSZKIJ feltevését, hogy a késő magmás ércépződés összetételének változása idő- és térbelileg nagyjából a hidratált ionrádiuszok növekvő sorrendjének felel meg (6. ábra.) Ugyanakkor kiadódott, hogy a folyós-magmás ércépződés nem függ a hidratált ionrádiusztól.

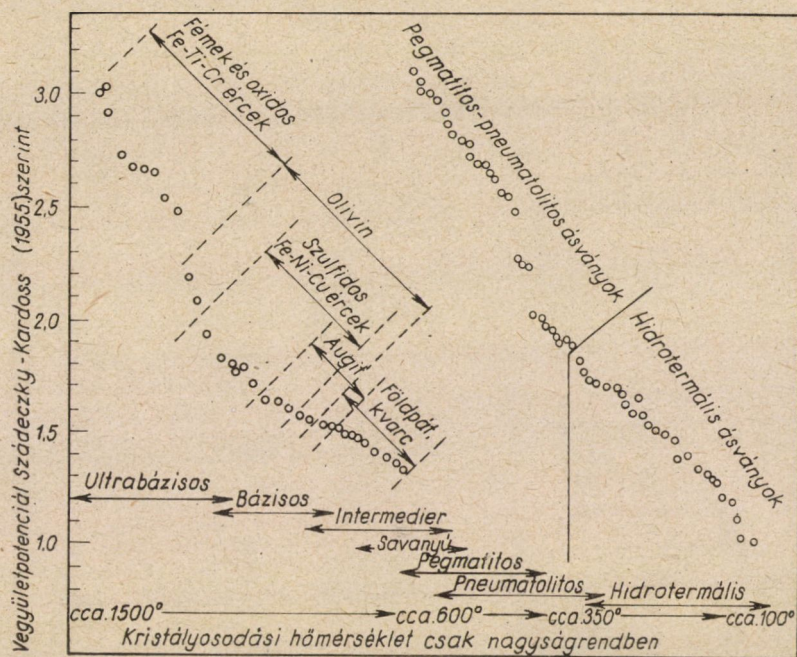
A potenciálszemlélet alapján lehetségessé vált egy új érctelep típusnak, a bizonyos mértékig laterálszekréciónak üledékes eredetű hidrotermális szulfidos érctelének elvi levezetése. Ezt a típust legújabbán a tilkerodei szelénércesezés alakjában TISCHENDORFF valóban ki is mutatta.



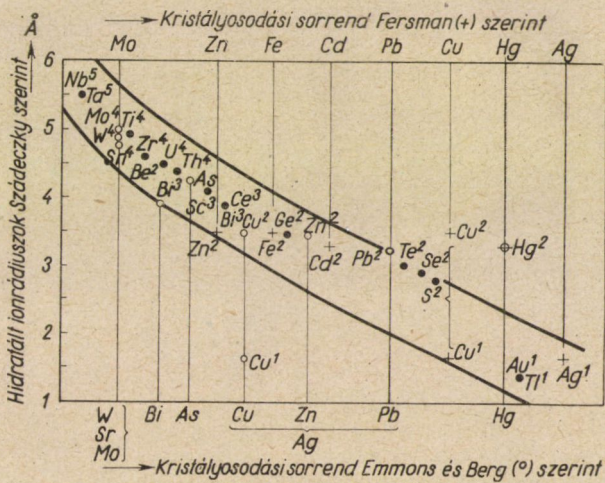


4. ábra





5. ábra



6. ábra

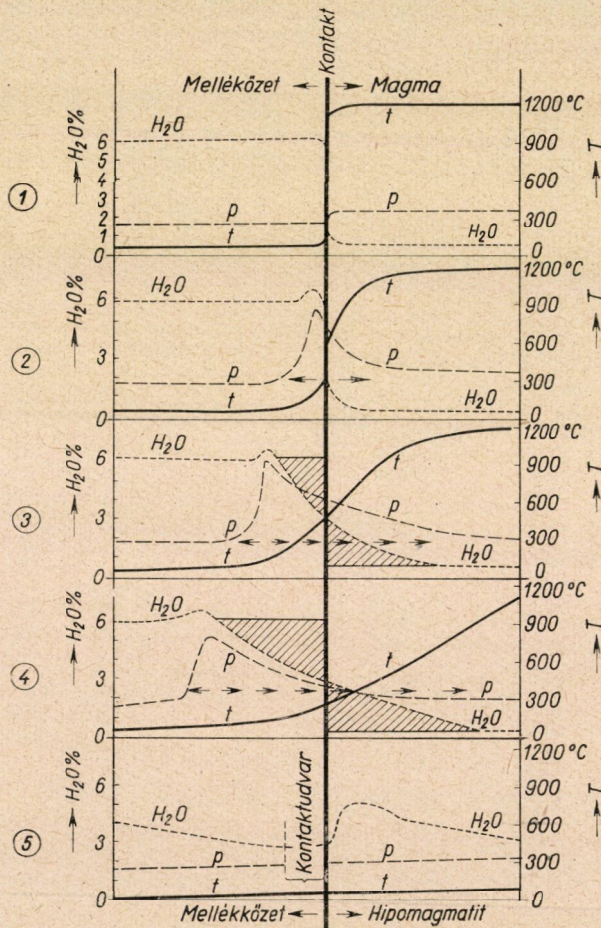
A geokémiai potenciálszemlélet általánosabb megismertetésében része volt LEUTWEIN és DOERFFEL tanulmányának is azáltal, hogy a nagyrészt negatív állásfoglalásukkal alkalmat adtak eddig kevésbé megvilágított kérdések pontosabb kifejtésére.



GRASSELLY GYULA legújabbán többek közt a potenciálértékek és a kötési energiák közötti szoros kapcsolatot mutatta ki. GRASSELLY a potenciál-szemlélet továbbfejlesztéséhez különösen értékesen járult hozzá azzal is, hogy kidolgozta a végtelen komplex-anionos szilikátok esetében a vegyületpotenciál kiszámításának pontos módját, amelyre addig csak közelítő eljárásunk volt.

## V.

A potenciálszemlélet eddigi legfontosabb alkalmazásának egy, a magmás kristályosodást jellemző rejtett, közvetlenül alig felismerhető migrációs jelenség kimutatása bizonyult. Ennek a transz vaporizációnak nevezett jelenségnek lényege, hogy a könnyen illó tartalmú kőzetekben a magma hőhatására keletkező nagynyomású gőz a nyomáslejtő irányában haladva a magmába vándorol és azt átalakítja (7. ábra). Ez a felismerés azután — vizsgálá-



7. ábra

tunk negyedik lépcsőfokaként — a kőzetek nagyvonalú egymásra hatásának, továbbá új magmás kőzetrendszernek, majd a magmaképződés földtörténeti fejlődésének felismeréséhez, legújabbán pedig a Föld és bolygó keletkezés és a Naprendszer fejlődésének új kozmogeológiai felfogásához vezetett.

A leggyakoribb agyagos mellékkőzet a magma számára leadott nedvességet a kőzet felszínre kerülésekor újból könnyen felveheti. Ezért ez a jelenség észrevétlen maradt, és az általa a magmában felhalmozódó nedvességet a mélységből származónak tekintették, feltételezve, hogy a magma saját gőzeinek hatására autopneumatolitosan vagy autohidrotermálisan átalakulhat. A magma könnyen illó tartalmának valódi eredetét a magmának szénkőzetekkel való érintkezésénél lehetett bizonyítóan kimutatni (8. és 9. ábra), ahol az agyagos kőzeteknél említett megfordítható folyamat nem mehet végbe.

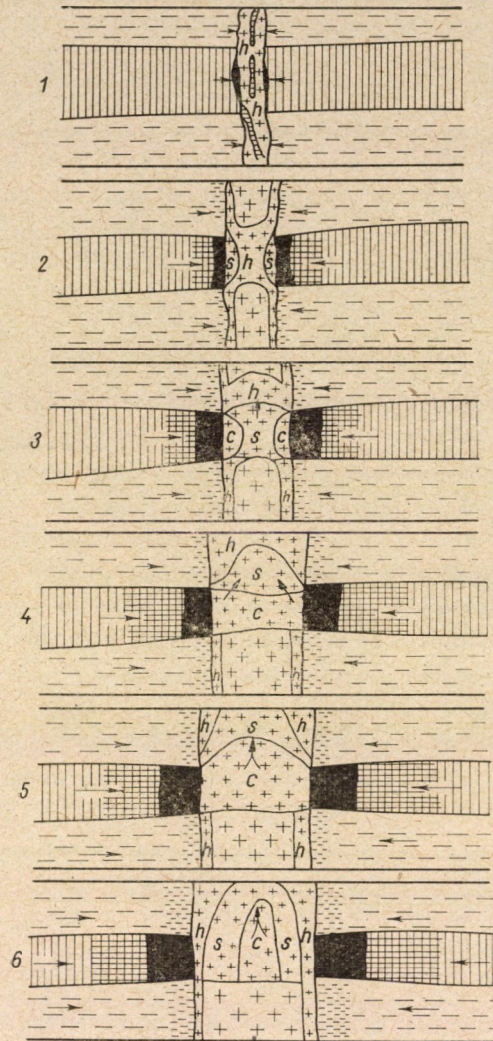
A transzaporizáció így magyarázatot ad arra a régi kérdésre, miért tör fel a felszínre vulkáni alakban ugyanolyan típusú magma, amely máskor a mélyben reked meg plutoni kőzetté kristályosodva. A magyarázat az, hogy könnyen illókban gazdag mellékkőzetben erős transzaporizáció esetében a magma felhajtó ereje megnövekedik, s vulkánként a felszínre törhet, ellenkező esetben plutoni képződményként a mélyben marad.





A transzaporizáció felismerése alapján többé nincs értelme a magma saját állandó víztartalmáról beszélni, hiszen a nehezen illó magmás olvadék és a könnyen illó, ill. gőzoldat nagymértékben különböző mozgékonyságú, tehát szükségképpen nagyrészt különböző sebességgel vándorol. A magma könnyen illó tartalma felhatolása közben is változik, elsősorban a mellékkőzet víztartalmának megfelelően: nedves kőzetben növekedik, szárazban csökken (pozitív és negatív transzaporizáció). Általában azonban felfelé haladva a kőzetek fokozódó nedvességtartalmának megfelelően a magma könnyen illó tartalma is növekedik. Már a fillitben is 3–4% az átlagos víztartalom, a bizonyítottan 10 km mélységig is megmaradni képes „üledékes” (valószínűleg azonban már zeolitfáciesű) kőzetekben pedig még több.

A felszín közeléből ismert kontakt-övek befagyott, teljes egyensúlyt el nem ért, gyorsabban megmerevedett magmás állapotokat rögzítenek. Ezt a folyamatot a szénkőzetekkel való magmaérintkezés bonyolult példáján a 8. és 9. ábrák foglalják össze. A kőszénből kiszabaduló  $\text{OH}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $(\text{HCO}_2)^-$  ionok növekvő potenciáljainak megfelelően a magmát ebben a sorrendben hidro-, szulfo- és karbomagmákká transzaporizálják, majd a hőmérséklet csökkenő ágában fordított sorrendben újra kiszorítják egymást. A különböző magmás telér és kőszén érintkezések, pl. a PÓKA T. által részletesen vizsgált nagybányai előfordulás a végállapotot tünteti fel.

A transzaporizáció nemcsak a magmára hat, hanem a szilárd kőzetekre is és ezekből is izzón folyó magmát teremthet. Amikor például nagyobb mélységben felmelegített karbonátos kőzetekből álló kőzettömeg viszonylag gyors tektonikai emelkedéssel kisebb nyomású övbe kerül, a nyomáscsökkenés hatá-





$\begin{matrix} + & + \\ \hline + & + \end{matrix}$ andezit (magma)	 barnakőszén
$\begin{matrix} + & h & + \\ \hline + & + & + \end{matrix}$ hidroandezit (magma)	 oxikőszén, koks
$\begin{matrix} + & s & + \\ \hline + & + & + \end{matrix}$ szulfoandezit (magma)	 agyag
$\begin{matrix} + & c & + \\ \hline + & + & + \end{matrix}$ karboandezit (magma)	 agyagpala

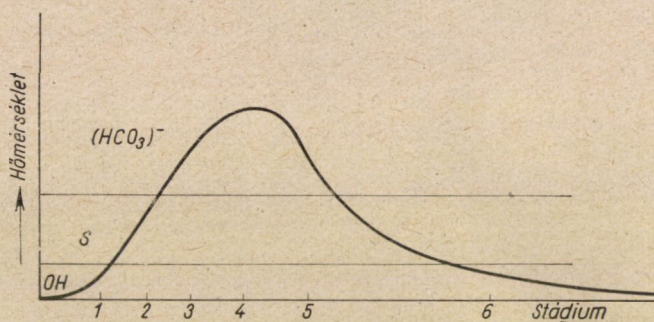
→ migráció

8. ábra



sára hirtelen disszociáció lép fel. A karbonátos kőzetekből ilyen módon felszabaduló nagy mennyiségű és nagynyomású  $\text{CO}_2$  a szilikátkőzetből alkáliakat kioldva a mellékkőzetek olvadáspontját annyira csökkentheti, hogy azok folyékony, alkália-dús magmává válnak (t e k t o n i k u s t r a n s z v a p o r i z á c i ó). A karbonátos kőzetek mellett tehát alkáli magmás kőzetek képződnek. Hasonló folyamatot természetesen a feltörő magma is létrehozhat, amint azt DALY és utána számos más kutató megállapította, csak hogy az alkáli-magmatit nem a magma által beolvasztott, asszimilált mészkő hatására keletkezik, ami a BOWEN-féle reakciósorozat elve alapján nem is lehetséges, hanem széndioxidos transzaporizáció eredményeként. A transzaporizáció elve tehát elveti az asszimiláció elméletét.

De ugyanakkor a zárt differenciáció elvét is tagadja. Az eredetileg vízben szegény magma viszkózus és így differenciációra kevésbé alkalmas. A külö-



9. ábra

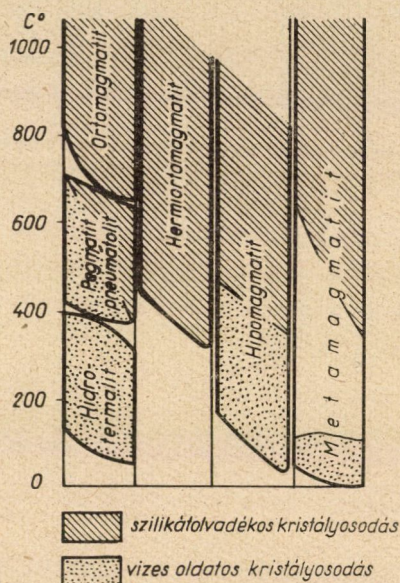
nösen viszkózus savanyúbb magmák kezdődő elkülönülésével az esetleg meginduló folyamat önmagát automatikusan megállítja. Ha azonban a magma nyílt rendszerként könnyen illók felvétele folytán fokozatosan híg folyóbbá válik, megtörténhetik a teljesebb differenciáció és a különböző összetételű magmás kőzetekre való szétválás. A transzaporizáció tehát a mélyrehatóbb differenciációnak is feltétele.

A transzaporizáció ily módon a differenciációs és asszimilációs elméletek tényleges magját kihámozva eltünteti az önmagukban és egymásközt is fennálló eddigi ellentmondásokat. A magmás folyamatokra vonatkozó megismerés folyamatában VADÁSZ E. akadémikus szerint a differenciáció a tézis, az asszimiláció az antitézis, a transzaporizáció pedig a szintézis szerepét tölti be.

A transzaporizáció elve a migmatitok, a szalagos és erezett gneiszek, sávós magmatitok, általában a s z a l a g o s k ő z e t e k szövetét is megvilágítja. A könnyen illók különleges mozgékonyosságuk következtében a nehezen illóktól elkülönülve járatokat fejlesztenek ki a kőzetben. E járatokban a



könnyen illók a folyékony-fluid fázisként gyorsabban mozognak, míg a nehezen illók túlnyomóan szilárd fázisként viszonylag elmaradnak. Ez az elkülönülés a kolloidikából ismert szinerézishez közelálló jelenség. A kristályos-palák „telepes” szövete, pl. a kvarc és a csillámtelepek elkülönülése a csillámpalában már az első jele a kőzet saját vízben gazdag elegyrészei elkülönülésének. Az így kialakult szövetben kezdetben a saját könnyen illók vándorolnak, de ugyanezeket a pályákat használhatják a kívülről jövő könnyen illók is. Végül ezek mentén bizonyos mértékig a kevésbé könnyen illók is mozgásba jöhetnek. Irányított nyomás, vagy kőzet eredeti irányított textúrája követ-



10. ábra

keztében a könnyen illók pályái a megfelelő iránnyal párhuzamosan alakulnak ki: sávos, szalagos kőzetek keletkeznek. Ellenkező esetben az elkülönülés a centrumok körül gömbösen történik: variolitos szerkezetek jönnek létre. A csomós kontaktpalák többnyire e két szélsőség között vannak.

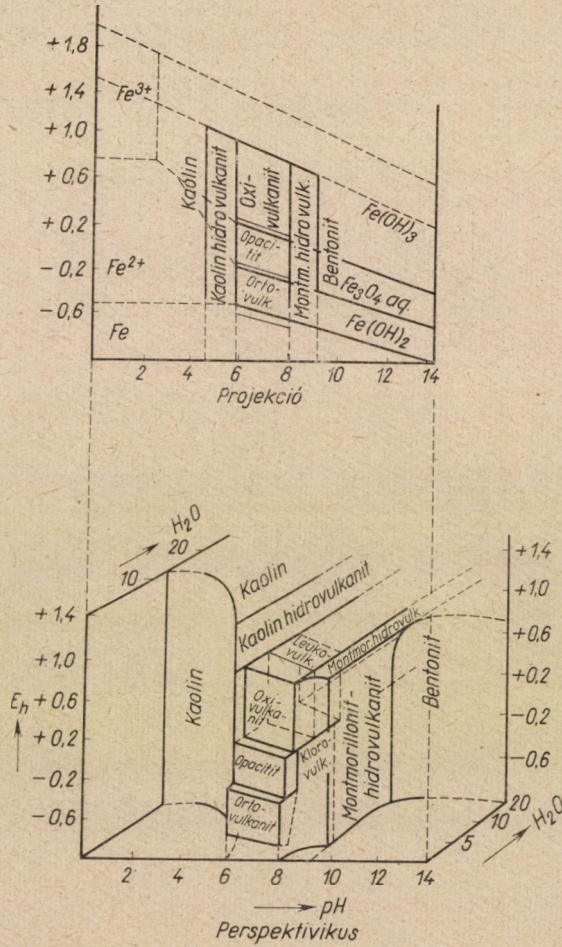
Mindebből durva első közelítésként az következik, hogy a kőzetek érzékenysége a különböző endogén változásokkal szemben nagyjából a könnyen illó tartalom növekedésével nő.

A transzporizációs szemlélet új magmatitrendszer kialakításához vezetett, amelyet a 10. ábra szemléltet. Az ebből kiadódott új kőzetosztályok, a hipomás és metamagmatitok genetikai viszonyait a 11. ábra foglalja össze. A teljesebb új kőzetrendszer ESKOLA, ANGEL és EXNER professzorok szerint a régi szükség-



letet elégíti ki, és a magmás területek pontosabb földtani térképezését teszi lehetővé.

Az új kőzetrendszer alapvetően megkönnyíti a műszaki kőzet-tani értékeléseket is. Ismeretes, hogy a kőzetmechanikai adatok közti összefüggések felismerését eddig nagymértékben nehezítették az ugyan-



11. ábra

azon kőzefajra vonatkozó kőzetmechanikai értékek közti nagy eltérések és a különböző kőzefajokra vonatkozó adatok közti átfedések. Ezek az eltérések és átfedések azzal magyarázhatók, hogy a kőzetek igen különböző mértékben lehetnek „elbomlottak”. A valóságban ugyanazon név alatt eddig különböző kőzefajtákat vontunk össze. Az új kőzetrendszer tan mélyrehatóbb genetikai elvek alapján ezeket a fajtákat azonban szétválasztja, elkülönítve az orto-, hemiorto-, hipo-, endometa- és exomagmatitok sokféle, most már rendszerez-

hetővé vált fajait (10. ábra). Az új rendszer tehát egy kőzetcsoporton belül már csak homogén kőzetfajtákat kapcsol össze. A kőzeteknek ez az elkülönítése, valamint a PANTÓ GÁBORRAL és SZÉKINÉ FUX VILMÁVAL erre kidolgozott nomenklatúra a műszaki kőzettan és a kőzetmechanika értelmezéseit pontosabbá, összefüggések kimutatására alkalmasabbá teheti.

A transzvaporizációs szemléletet, a könnyen illók különleges befolyását a kőzetképzésben fejezi ki az egész kőzetrendszerrel szemléltető  $p-t-c$  diagram (1. ábra), ami a kőzetek rendszerének összefüggéseit, kölcsönhatásait a nyomás, hőmérséklet és a könnyen illók függvényében teszi ábrázolhatóvá.

A  $p-t-c$  diagram nemcsak a magmás kőzeteknek az eddigi  $p-t$  diagrammal ki nem fejezhető tartományait tünteti föl és az üledékes kőzetek elkülönülését biztosítja, hanem magában a  $p-t$  síkban is a kőzetképződési viszonyoknak új sajátosságát világítja meg. A nagyhőmérsékletű, kisnyomású tartomány felől a viszonylagosan kishőmérsékletű, de nagynyomású terület felé közeledve a metamorf-fáciesek után egy metamorfózis nélküli, vagyis az összes fáciesekre egyensúlyt képviselő tartományba jutunk, ahol a kémiai változások és az átkristályosodás lényegileg megszűnnek, és a migráció hatása is a minimumra csökken. A hőmérséklet és nyomás növekedése ugyanis egymással ellentétesen hatnak. A hőmérséklet növekedése a kristályrácsszerkezeteket lazítani, a koordinációs számot csökkenteni, a nyomás csökkenése azt tömöríteni, a koordinációs számot emelni igyekszik. A két tényező együttes növelésével tehát olyan tartományba jutunk, amelyben a két hatás egymást lényegileg megsemmisíti. Ez az általános egyensúlyok, vagyis a kémiai folyamatok nélküli tartomány.

Ilyen tartomány létezése magyarázza meg a régi táblák részben több milliárd éves kőzeteinek megmaradását, szemben az orogén-övek általános gyors kőzetváltozásaival. Minthogy a geotermikus grádiens különbözősége a kratogén táblás és a gyűrt orogén területeken már számszerűen ismertek, azért ezen az alapon meghatározhatjuk az általános egyensúly tartományának határait is (1. ábra).

Ha azonban a kratogén táblák újra az orogén-övbe kerülnek, úgy kőzetei az általános egyensúly tartományát elhagyva, újra mobilizálhatók válnak. ESKOLA rámutatott, hogy a skandináviai átlagban 2500 millió (2000–2800 millió) éves Svecofennid kőzetek a kb. az 1800 millió éves — nemrég még 800 millió évesnek becsült — Karelida orogenezis alkalmával újra aktiválódtak és az ionfajsúly, majd az ionpotenciál szerint kálimetaszomatizálódtak. Így a maradék ásványai, pl. a cirkon és az ércelérek galenitje még mintegy 2500 millió, viszont az új ásványai, pl. a csillámok 1800 millió év körüli kort mutatnak. A nagy Karelida orogenezis kőzetátalakító hatása egyébként az új szovjet mérések szerint az egész fennoszarmát táblán, tehát Fennoszandiától Ukrajnán át Kazahsztánig kimutatható. Ez arra utal, hogy a kontinentális táblákon belül már aligha van olyan részlet, amelyet az igazi könnyen illókban

igen gazdag „protodifferenciációs” időszak (lásd alább) után később a mélyben maradt kevésbé könnyen illók, elsősorban alkáliák újra át ne dolgoztak volna.

## VI.

A transz vaporizációs szemlélet kimozdítja a holtpontról a magmatizmus időbeli változásának kérdését is. Eddig a magmatizmus folyamataiban nem fejlődés, hanem csak evolúciós és revolúciós idők változása, a hegyképződés ciklusai szerinti egyszerű körforgás volt ismeretes. Az új szemlélet szerint viszont az időben visszafelé haladva a korai prekambriumban olyan időszakhoz jutunk, melyben a könnyen illók eloszlása egyenletesebb, differenciátlanabb volt. A felszíni (nem magmás) kőzetek víztartalma, valamint a hidro- és atmoszféra könnyen illói ui. végső fokon nyilván maguk is mélységi eredetűek. E kezdeti időszakban a Föld mélye a jelenleginél több, felszíne talán a jelenleginél kevesebb vizet tartalmazott, és a mélyből felszálló izzó tömeg a felszíni és felszínközeli környezetnek adta át víztartalmát. A jelenleg túlnyomó pozitív transz vaporizáció időszakából visszafelé haladva — valahol a Föld életének első milliárd éveiben — eljutunk az uralkodóan negatív transz vaporizáció korába. Ekkor a migrációs folyamatok sem voltak még szükségképpen nagyrészt törésrendszerek csökkentnyomású öveire korlátozva, hanem a nagyobb víztartalmú, kisebb viszkozitású mélységi anyag regionálisabb jelleggel differenciálódhatott. Így a szilíciumban és alkáliákban gazdagabb anyag ionfajsúly szerint elkülönült a kalciumban, illetőleg vasban és magnéziumban gazdag anyagoktól, regionálisan létrehozva a szial, szima és peridotitos öveget. Ezt a folyamatot nevezzük *protodifferenciációnak*. Eszerint a protodifferenciáció kőzetei vízben és egyéb könnyen illókban már eredetileg gazdagok, tehát hemiorto- és hipomagmás jellegűek. Azonban ezt a jellegüket a későbbi átkristályosodás folytán elvesztik, amikor orogén-övekbe jutva nagyrészt vízben szegény trondjhemites jellegű kőzetekké dehidrálódtak, másrészt kálimeszomatikus regenerálódtak, amint azt a karéliei átkristályosodás példája mutatja. A transz vaporizáció elve szerint a magmás működés mindinkább kiszárítja a kőzeteket és általuk a Föld belsejét is. Túlnyomóan a magma által a Föld belsejéből a felszínre hozott könnyen illók hozzák létre a mai hidro- és atmoszférát. Ezek szolgáltatják továbbá a Földről elszabaduló és az intersztelláris térnek átadott nagy mennyiségű, ún. *disszipációs könnyen illókat*, a H-t és He-t. A disszipáció intenzitása kezdetben nyilván nagyobb volt, megfelelően a Föld kezdetben radioaktív anyagokban még sokkal gazdagabb, több hőt termelő, magasabb hőfokú állapotának.

Időben visszafelé haladva tehát a Föld belseje fokozatosan nedvesebb, nagyobb könnyen illó tartalmú. Végül eljutunk a Földnek hidrogénben és káliumban igen gazdag, tehát lényegileg szoláris, illetőleg kozmikus összetételű és így szükségképpen túlnyomólag gáz alakú ősállapotához.

Minthogy a Föld jelenlegi összetétele a kozmikus összetételű, nehezen illókat legfeljebb 2—3%-ban tartalmazó gázanyag maradványa, abból következően tömege sokkal nagyobb a mainál, legalábbis 50-szerese (legfeljebb 300-szorosa) volt.

A transzaporizációs szemlélet útján tehát ahhoz a kezdeti gázállapothoz jutunk, amelyet a különböző, egyébként egymással szemben álló kozmológiai elméletek a bolygók, köztük Földünk őszanyagaként egyöntetűen feltételeznek. Nagy fontosságúvá válik ez az elvi egyezés annak következtében, hogy ma már a Föld jelenlegi összetételét illetően is meglehetősen egyértelmű levezetés adható. Ezek alapján ugyanis a kezdeti és végállapot közti átmenet teljes 4,3 milliárd éves története megvilágítható.

Nemrég a Föld jelenlegi összetételét illetően még 3 elmélet állott élesen szemben egymással. Az egyik a GOLDSCHMIDT—TAMMANN-féle vasmagos feltevés, a másik a LODOCSNYIKOV—RAMSEY-féle atomdegenerációs elmélet, a harmadik a KUHN—RITTMANN-féle migráció nélküli, szolárishoz közelálló, H-ban bővelkedő mag elképzelése. Ezen elméletek továbbfejlesztésével 1955-ben Geokémia c. könyvemben olyan Föld-szerkezeti modell lehetőségére utaltam, amelynek alapján az elméletek közti ellentét kiegyenlíthető. Eszerint a vasban gazdagabb mag fokozatosan elmosódó határral megy át a peridotitos kondritos köpenybe; ugyanakkor az éles GUTENBERG—WIECHERT törésvonal a 2900 km mélységnek megfelelő nagy nyomással előidézett atomdegenerációs fizikai határfelület.

Ma már a vasban gazdagabb magot sem kell többé tiszta vas-nikkel ötvözetnek tekinteni. RINGWOOD számításai értelmében ui. feltehető, hogy ez szilikát meteorit anyaggal keveredik, valószínűleg durva diszperz módon, makrofázisosan. A mag ennek megfelelően kis mennyiségben akár egyéb könnyebb elemeket is tartalmazhat, mert itt a más úton levezetett kémiai reakció és migráció nélküli általános egyensúlyok tartományában vagyunk. (Ezt a modellt EGYED professzorral „kvázi vasmagos”, vagy „kvázi homogénnek” nevezhetjük.)

Két meglehetősen egyértelműséggel megoldható adatsorunk van tehát: a Föld kezdeti és a Föld jelenlegi kémiai összetétele. Két ilyen komplex adatsor összevetéséből a Föld geokémiai fejlődése, számos szükségképpen egyéb folyamatával, tehát egész 4,3 milliárd éves történetének fő jellemvonásai levezethetők. Az első ily módon adódó posztulátum-szerű megállapítás a Föld tömegének említett fokozatos, mégpedig igen jelentékeny — talán két nagyságrendet is kitevő — csökkenése és ezzel a nehezebben illó elemek százalékos mennyiségének növekedése. A második posztulátum a kezdeti gázállapot és az abból következően a gömbbé tömörülése közben végbemenő bizonyos mérvű gravitációs elkülönülés: a nehezebb sziderofil elemek inkább a gömb közepén koncentrálnak, körülötte a szilikátos köpeny és legkívül a H—He-ben nagyon gazdag órszféra alakul ki. A harmadik posztulátum a kéregtáji gravitációs gyor-



sulás növekedése a tömörülés következtében, majd csökkenése a (periódusos) tömegcsökkenés következtében. Ebből negyedik posztulátumként a kezdetben növekedő, majd később csökkenő — a mélyebb övek felé nyomásátadás következtében mindinkább késleltetett — atomdegeneráció következik. A tömeg csökkenése és a gravitációs gyorsulási érték kezdeti növekedése következményeként további (5.) posztulátum gyanánt a Föld térfogatának kezdeti csökkenése, majd a két ellentétes hatás kompenzációjakor térfogatállandóság, végül a tömegcsökkenés lassulása és a késleltetett atomszerkezeti újrafelépülés, atomregeneráció következtében lassú térfogatnövekedés adódik. További (6.) posztulátum, hogy a bolygó anyagának gömbbé koncentrálódásával a hőtermelő radioaktív elemek is tömörülnek, tehát a Föld hőmérséklete kezdetben erősen növekedik. Később a rövid életű radioaktív elemek mennyiségének csökkenése, vagy azok részbeni kihalása miatt a hőmérsékletnövekedést a felszíni hőmérséklet lassú csökkenése váltja fel, lehetővé téve az élet kialakulását.

A további következtetések kifejtését mellőzve itt csak azt emeljük ki, hogy az új transz vaporizációs Föld-fejlődési modell megmagyarázza a geo-genetika eddigi legsúlyosabb ellentmondásait. Szintetizálja elsősorban a vasmagos, az atomdegenerációs és a szoláris magot feltételező modelleket, megoldja a hideg és izzó-származtatás egyes elveinek összekapcsolását és megszünteti a kontrakciós és tágulási elméletek közti ellentétet, megmutatva, hogy e kezdeti összehúzódási időszak után később közel állandó térfogatú, végül periódusos tágulási időszak következik. Eszerint a tágulásban már a vasban dúsabb magra, peridotitos köpenyre és szima-, szial kéregre, valamint hidro- és atmoszférára differenciálódott Föld vesz részt.

A transz vaporizációs földfejlődési modell szerint tehát az eredetileg egymással ellentétben álló, egymást kizáró elméletek egy-egy fontos tényező felismerését jelentették. Ezek a tényezők gyakran időben egymásutáni szakaszokban válnak döntővé, és a Föld fejlődésének egész bonyolult történetét közösen határozzák meg. A kezdetben szükségképpen ellentétes alakban megjelenő elméletek összekötésével eltűnik az idealisztikus nézetek további burjánzását szolgáló geo-genetikai bizonytalanság.

Az új földkeletkezési felfogás a Föld egész életére kiterjedő mélyreható változást, minden eddigi elképzelésnél nagyobb vonalú fejlődést vezet le. De ugyanez az állandó fejlődés az egész Naprendszernek is jellemvonásává válik. A Föld és ezzel együtt nyilván a többi belső nehéz bolygó, sőt a Nap disszipációs anyagleadása következtében jelentékeny bolygóközi anyagvándorlással kell számolnunk, különösen a bolygók fejlődésének korai szakaszában. A könnyen illó anyag az ún. kozmikus űrben is nyilván mozgásban van, mégpedig a Földnek a Naptól elfordult oldalán kinyúló gázsüveg és az üstökösök csóvái irányába szerint a Nap sugárnyomásának hatására kifelé vándorol. A külső nagy bolygók viszont ennek az anyagnak a közelükbe jutott és még nem túl nagy sebességű részecskéit nagyobb gravitációs gyorsulásuk és kisebb hőmér-

sékletük következtében magukhoz ragadják. A Nap és a belső bolygók tömege tehát fokozatosan kisebbé és a könnyű gázok elvesztése következtében nagyobb sűrűségűvé válnak, a külső bolygók tömege pedig növekedik, sűrűsége csökken. A bolygók származásában oly nagy hatással járó hideg por és gázanyag eszerint nem kizárólag külső kozmikus eredetű, hanem legalábbis részben a nagyhőmérsékletű Naphól származik, ahogy ezt más alapon már több kutató is feltételezte. (A sugárnyomásos gázvándorlás sebessége lassan fokozódik, végül talán elérheti a világegyetem ún. tágulásának sebességét is. A könnyen illók vándorlásának elve alapján így a naprendszerek fejlődésén keresztül a kozmosz általános fejlődési mechanizmusához juthatunk. Ez azonban már külön részletes közlést kíván.)

## VII.

Geokémiai szemléletünk egyes kozmológiai vonatkozásainak vázolása után új szemponttal gyarapodva térhetünk vissza a szorosabb földi problematikához. Pontosabban vizsgálhatjuk a Föld mélyebb szintjeiből a felszínre irányuló újabbkori migráció öveit és ezek jellegét.

Említettük, hogy az akkumulációs időszak protodifferenciációja nem lehet teljes. Ennek megfelelően a széles geoszinklinális, illetőleg gyűrődési övek alatt a mélyreható törésvonalrendszerek a későbbi idők folyamán is a könnyen illók újabb mennyiségeit gyűjtik össze és szállítják a felszínre. Ennek folytán azonban a könnyen illók mennyisége a mélyben állandóan fogy, a felszín közelében pedig növekedik. A köpeny nagymérvű gáztalanodását elősegíti a gyűrődési övekből kiinduló törésvonalrendszer az egész Földfelszínt körülölelő kiterjedése és mintegy 4 milliárd év óta tartó folyamatos működése, valamint ugyanezen a ponton is történő említett többszöri ismétlődése. A rövid életű radioaktív elemek, köztük a SIMANTON és munkatársai részéről feltételezett  $Al_{26}$  és a még nagy mennyiségű kálium hőtermelése következtében nagyon jelentékeny kezdeti felmelegedés a differenciációt, ezzel elsősorban a könnyen illók jelentékeny részének migrációját és elpárologását ugyancsak nagymértékben elősegítette. Mindennek alapján a könnyen illók vándorlásának és elpárologásának, tehát a Föld tömege csökkenésének sebessége gyorsan, sőt esetleg exponenciálisan — de a hőkicszerélődés orogenetikus ingadozásai miatt periodikusan változó sebességgel — csökkent.

A későbbi és jelenlegi magmák már a kéreg, valamint a vízben még szegényebb bazaltos és peridotitos öv szilárd kőzetei megolvadt termékeinek tekintendők. Ilyenek főleg a nagy törésvonalrendszerek csökkent nyomású és felszálló anyagáramlás következtében növekedett hőmérsékletű, illetve leszálló könnyen illók által csökkent olvadáspontú övei mentén jönnek létre. A megolvadt rész viszkozitásának csökkentésében és felhatolásra alkalmassá tételében, aktiválásában a törési síkok szükségképpen örvénylő, tehát leszálló ággal is rendel-



kező anyagáramlása folytán a nedvesebb felszínközeli övekből leszálló víznek van mindinkább döntő jelentősége.

De mi határozza meg a magmás működés, ill. a geoszinklinálisok öveinek irányait? A tágulás tényezője megoldja, mégpedig a legelegánsabb módon a húzási szerkezetek és egyben a kontinentális szial táblák hiányosságának magyarázatát. Keresnünk kell azonban a nagy törésrendszerek és geoszinklinálisok, illetve a magmás működés irányait megszabó tényezőket. Ugyanakkor keresnünk kell az óceáni és kontinentális táblák egymásra hatását — a kontinensek kontúrjainak az óceánok hátságaiban való, ma már meglehetősen rendszeresnek ismert tükröződésében megnyilvánuló — mechanizmusát.

Mindebben a Föld felületének egy eddig szükségképp észrevétlenül maradt jellemvonása hatását kereshetjük. Ezt a jellemvonást a kontinensek területén a gyűrődéses szerkezetek, az óceánok területén pedig a mélyreliefek rendszere alapján ismerhetjük fel, mégpedig abban, hogy a kontinentális gyűrődések és az óceáni hátságok rendszere az Egyenlítőhöz képest meglepő szimmetrikus szerkezetet mutat. Az Egyenlítő táján ui. kb. a 30. szélességi fokig az összes irányított nagyszerkezetek egymással párhuzamos, nagyjából ÉNy—DK-i lefutásúak és ezek nagyjából  $90^\circ$ -onként négy csomópont körül oszlanak el meglehetősen egyenletesen az Egyenlítő mentén. Ezek a párhuzamos fiatal gyűrődési szerkezetek és hátságok a következők: 1. Az Atlanti-óceán és az Atlanti-hátság középső szakasza, 2. a keleti Pacifikum Húsvét-szigetek és a Hawaii hátságaival, 3. a nyugati Pacifikum a Polinéziai szigetek (Tuamoto, Sor, Tubuai, továbbá a Társaság, a Samoa, Gilbert és a Marshall szigetek) hátságaival, 4. az Indiai-óceán, az Indonéz szigetek, a Himalájában folytatódó rendszerrel.

Ettől az egyenlítői rendszertől távolabb északra és délre a hátságok, óceáni árkok és fiatal gyűrődések a mondott iránytól mindinkább kitérülve, nagyjából az észak—déli irányokat közelítik meg.

Ebből olyan képet kapunk, mintha az északi félteke a délihez képest el lenne csavarodva. Minthogy a kontinensek fixizmusának elvét a paleomágneses mérési eredmények értelmében fel kell adni, ezért e nagy szerkezetből az a benyomásunk támadhat, hogy a Föld forgása folytán előidézett erőhatásokban, a viszonylagos felszíni eltolódásokban, illetve az ennek folytán preformált tágulásos repedés-rendszerek képződésekor az északi félteke — feltehetőleg a nagy szial-tábláinak tehetetlensége miatt — elmaradt volna a déli féltekétől.

Ilyen jellegű csavaróerő a szétnyíló fő migrációs-húzásos szerkezeteken belül kompressziót eredményez és azokban gyűrődéses elemeket hoz létre, döntően meghatározva azok és a magmás működés irányait is. A földkéreg szerkezetében a tágulásos húzási elemek mellett lényeges befolyású kompressziós elemekre ezzel nagyrészt magyarázatot kapunk. A nagy húzásos szerkezetekben levő kisebb gyűrődéseket a kőzetek saját súlya alatti csúszásként

ui. REYER-nek a múlt században kifejlesztett elmélete újraélesztésével csak részben lehet értelmezni. Ezt részben, valamint a BENIOFF-féle nagy földrengési síkoknak a kontinentális táblák alá dőlését, a kontinens tábláknak ily módon mintegy az óceáni táblákra való felcsúszását is a vázolt csavarótényező okozhatja. Ezzel ugyanakkor a kontinentális táblák kontúrjainak az óceáni hátságokban való tükröződésére is magyarázatot kapunk.

BENIOFF a 700 km mélységig hatoló nagy földrengési vonalaknak kb. 300 km mélységben észlelhető megtörése alapján az eddig mindössze 60 km vastagságúnak tekintett kontinentális táblák magját 300 km mélységig lenyúltni sejteti, ami a kontinens tábláknak az óceáni szerkezetekben való tükröződését a vázolt csavaró mechanizmus által könnyen érthetővé tenné.

### VIII.

Akadémiánk jubileuma alkalmat adott eddigi főbb eredményeink összefoglalásával azok szélesebb távlatú továbbfejlesztésére. De joggal kérdezhetik, van-e mindennek közvetlen hatása a magyarországi földtanik utatásra? Látszólag talán az ilyen fiatal üledékes területeken lehetne leginkább megelégedni az eddigi geológiai kutatási módszerekkel és elvekkel. A valóságban azonban a hologeológiához vezető út a legszorosabban kapcsolódik a fiatal üledékes területek geológiájához is, és nem véletlen, hogy ez út egyes fordulópontjainak felismerése éppen hazánkban történt meg. Világítsuk meg ezt néhány gyakorlati földtani kapcsolattal példán.

1. Az üledékes kőzetek bizonyos fokú átalakulása nemcsak a tektonikai, illetőleg rétegterheléses, hanem a magmás működés hatásával is befolyásolt, nagy területre kiterjedő, regionális folyamat. Ezt mutatja többek közt miocénkorú barnakőszeneink szénülési állapota. A Dunántúli Középhegységben, ahol sem magmás, sem jelentékenyebb rétegterheléses hatás nem jelentkezett, ezek a lágy barnakőszén állapotban vannak. Borsodban, ahol a rétegterhelés már nagyobb, de közeli magmás működés még nincs, eljutottak a kemény, fénytelen barnakőszén állapotba. Nógrádban pedig, ahol magmás működés is volt a közelben, ugyanezek a kőszenek már túlnyomóan fényes barnakőszén állapotban vannak. A közvetlen magmás hatás a komlói kőszénterületen is jelentékeny. Mindennek nemcsak a kőszénre és kőszén bezáró kőzeteire, hanem az egész üledékes komplexumra, annak dia- és epigenetikus állapotára, porozitására, víz—kőolaj—gáztartó és vezető képességére hatása van. Az előbbieken jellemzett zeolitfácies Magyarország üledékes kőzeteiben kétségtelenül viszonylag gyakran jut jelentőséghez, és ennek pontosabb taglalása a jövő egyik gyakorlatilag is fontos feladata.

2. A könnyen illók szelektív migrációs jelenségeinek felismerése és az ebből adódó új genetikai kőzetrendszertan nélkül vulkáni hegységeink pontosabb és egységes szellemű összesítést lehetővé tevő földtani térképezése aligha

végezhető el. Ez ma már oly mértékben ismeretes és gyakorlati alkalmazásban van, hogy külön részletezést itt nem kíván.

3. Ugyanakkor a magmás ércesedés, ezek genezise és regionális kutatása is új megvilágításba került. Az ércdúsulás folyamata a hőegyensúly magmás megbontásának a következménye, az ércanyag azonban részben a mellékkőzetből ered hemiaszcendens-laterálszekréción módon. Ennek értékelésén az ércesedés mélységi kutatásában hazai viszonylatban is nyilvánvaló fontossága miatt más vonalon dolgozunk.

4. A szénhidrogén kutatásban eddig a különböző kőzetek egymásrahatásának itt körvonalazott kérdéseivel még nem foglalkoztunk. Aligha lehet kérdéses azonban, hogy ezek döntő jelentőségűek a szénhidrogének képződése, migrációja és előfordulása tekintetében.\* A szénhidrogének és a víz felhalmozódása ugyanis éppen a könnyen illók kisnyomású és lényegileg izotermikus viszonyok közti szelektív migrációjának közismert példái.

\*

A hologeológia felé vezető jelenségek vizsgálata egyrészt a geokémiai, geofizikai, magfizikai és kozmológiai jellegű kutatás nagyobb mérvű együttműködését és a bányászati, illetve mélyfúrási szervezetekkel való hatékonyabb kapcsolatát, másrészt megfelelő felkészülést és nagyobb mérvű műszerezettséget kíván.

Az ilyen irányú szervezésnek az egyetemi, sőt közép- és ipariskolai oktatástól kezdve a legmagasabb minisztériumi és tudományos akadémiai fórumokig érvényesülnie kell. Az átszervezésben nagyvonalú célkitűzésre és előkészítésre, a kivitelben fokozatos előrehaladásra van szükség. Mindezek előfeltétele, hogy konkrétan megvitassuk és helyesen értékeljük a geo-tudományok fejlődésének óriási perspektíváit és annak kihatásait a nagy emberi közösségre. Előadásunkkal ezt a nagy célt is szolgálni kívántuk.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A mintegy 4,3 milliárd éves Föld első évmilliárdjai geokémiai folyamatainak vizsgálatát nagymértékben nehezítette, hogy a kőzetek képződése eddig csak egymástól független, zárt folyamatként volt számszerűen levezethető. Az ionfajsúlyok és a vegyületpotenciálok bevezetése lehetővé tette a Föld külső övei közti elemvándorlás kiszámítását, ami végül a földkéreg anyagának a könnyen illók közvetítésével végbemenő nagymérvű egymásrahatásának megállapításához vezetett. Ez a kőzetek eddiginél pontosabb és egységesebb rendszerezését eredményezte. Ugyanakkor elősegítette a különböző geo- és kozmo-tudományok közti szorosabb kapcsolat kialakítását. A könnyen illók vándorlása a Föld és a bolygók fejlődésében is döntő jelentőségűnek mutatkozik és a Naprendszer keletkezésének szintéziséhez vezet.

\* Erről lásd KERTAI GYÖRGY alább közölt hozzászólását.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Megköszönöm SZÁDECZKY professzornak ezt a nagy horderejű és nyugodtan mondhatjuk, tudománytörténeti vonatkozásban is új korszakot nyitó, sok új gondolatot ébresztő, mindnyájunkat és a társtudományokat is megtermékenyítő új gondolatokat keltő előadását, amely — hozzátehetem — természetesen csak egészen kicsinyített váza annak a hatalmas munkának, amely benne fekszik és amely majd nyomtatásban megjelenik.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA, a föld- és ásványtani tudományok doktora

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR akadémikus előadása a geo-tudományok fejlődésének széles perspektíváit tárja elénk. A fejlődés jövő útjaként a föld-történetnek legrégebb, eddig elhanyagolt, de időtartamában nagyon jelentékeny korszakának és a Föld egész tömegének a megismerésére való törekvést jelöli meg.

A geo-tudományoknak ez a két véglet felé való kiterjesztése végső fokon a kozmológiai tudományokban fog találkozni és feloldódni.

A geokémia tudománya határterületi tudomány, mely a földtani megfigyeléseknek kémiai (fizikai-kémiai) értelmezését keresi. A határterületi tudományok fejlődéstörténetében mindig akkor van jelentős fellendülés, amikor a szomszéd tudományok nagy fejlődése a határterületi tudományt is megtermékenyíti.

Érdekes a kémikus szemléletével nyomon követni azt, hogy a geokémia tudománya és ezen belül a geokémia hazai fejlődése is, miként tükrözi a kémia és a fizikai-kémia törvényeinek és eredményeinek egyre következetesebb és egyre elmélyültebb alkalmazását.

A geokémia a nagy kezdeti fellendülés korszakában, VERNADSZKIJ és GOLDSCHMIDT működésének idején, az elemek földkéregbeli eloszlásának empirikus, később oknyomozó tanulmányozását tűzte ki feladatául. Az elemek eloszlásának oknyomozó tanulmányozása az elemek elektronszerkezeti megismerésére támaszkodott, később pedig a geoenergetikai irányzatok kifejtésekor a kémiai termodinamika alapvető tételeire. Talán nem követünk el logikai ugrást, ha ennek az első célkitűzésnek a SZÁDECZKY akadémikus részéről megjelölt új irányokban való továbbfejlődését nyomon követjük és azután térünk vissza a fejlődés időrendi követésére.

Az elemek eloszlásának vizsgálatát a földkéregre való korlátozottság után jelentősen ki kell terjeszteni a Föld mélyebb rétegei felé. Erre vonatkozóan SZÁDECZKY akadémikus transzvizaporizációs elméletével és az ebből kialakult magma elméleteivel a döntő lépést már megtette. Másrészt az elemek eloszlására vonatkozó ismereteinket ki kell terjeszteni a kozmosz felé is, vagyis a ma és a holnap feladata az elemek kozmikus gyakoriságának megismerése, ami végső fokon logikailag elvezet a földtani idők kezdeti időszakához is.

Az elemek kozmikus eloszlására vonatkozó eddigi eredményeket a Rómában 1957-ben megtartott csillagászati konferencia igyekezett szintetizálni. Megállapításaik lényege az volt, hogy a csillagok nehézelem tartalma és a csillagok kora között korreláció van. Ez a megállapítás feltétlenül arra utal, hogy a csillagok tömege az idők folyamán állandó anyagi változáson megy át, ami összhangban van SZÁDECZKY akadémikusnak itt kifejtett és a naprendszerre vonatkozó megfontolásaival.

A geoenergetikai irányzatok továbbfejlesztése is a megmutatott irányban történik. SZÁDECZKY akadémikus az ionpotenciál és a vegyületpotenciál továbbfejlesztésével elérte, hogy a kötéseerőket atomi állandókból vezette le és ezzel bizonyos mértékig igyekezett függetleníteni magát a Föld mélyében a nagy nyomás és hőmérséklet hatására jelentékenyen megváltozott termodina-

mikai körülményektől. Nem tudjuk azonban azt, hogy a Föld mélyebb rétegeiben a megváltozott paraméterek mellett az atomi állandók milyen mértékű megváltozásával kell majd számolnunk.

A nagy nyomás és nagy hőmérséklet mellett alkalmazandó termodinamika egyébként állandó nehézsége és ennek következtében sarkalatos pontja is lesz a Föld egészére vonatkozó tanulmányoknak.

A fejlődés menetére visszatérve a földtani tudományok forradalmian új szakaszára kell rámutatnunk, a magfizika eredményeinek döntő behatására. Megindult a radioaktív folyamatok alapján történő abszolút földtani kor meghatározás, majd megkezdődött az izotópok eloszlásának földkéregbeli vizsgálata. Ezt a két újabb vizsgálati irányt is tovább kell fejleszteni a SZÁDECZKY akadémikus részéről megmutatott új utakon. A földtani képződmények kor meghatározása után sor került a Föld korának meghatározására, majd a meteoritek kor meghatározására és végül az elemek keletkezésének a kor meghatározására is vannak törekvések. Itt jutunk el megint a Földtörténet őskorához és végső fokon a kozmosz tudományaihoz.

Az izotópok eloszlásának kozmikus vizsgálata szintén a naprendszerek keletkezésének a matematikájához fog támpontokat szolgáltatni.

Mindezek megfontolásával felvetődik most már egy másik kérdés, mely a tudományok specializálásával függ össze.

Tudományos körökben nem egyszer hangoztatott vélemény, hogy a polihisztorok kora lejárt és a mai szerteágazó és hatalmas ismeretanyagot felölelő tudományok specialistákat termelnek ki, akik a tudomány egyes részterületeit művelik. A határterületi tudományokra ez a megállapítás nyilván nem alkalmazható. A geokémia korszerű művelésére, mint az elmondottakból látszik, a geológiai, ásványtani, kőzettani alapképzésen kívül a kémiában, a kémiai termodinamikában, a magfizikában kell elmélyült tudással rendelkezni. Az elhangzott előadás alapján a jövő geokémiája a geofizikát és végül a kozmológiát is bekapcsolja a kutatás célkitűzéseibe.

Ha mindehhez hozzávesszük még azt, hogy a gyakorlati geokémiai kutatások a vizsgálati módszerekben való műszaki jártasságot is megkövetelik a geokémiai kutatóktól, akkor beláthatjuk, hogy eredményes kutatómunka csak e sokirányú ismerettel felvértezett kutatócsoporttól várható.

SZÁDECZKY akadémikus előadásának befejező részében példákon szemlélteti a hazai új geokémiai eredmények közvetlen gyakorlati célkitűzéseit. A részéről bevezetett új irányzatok sokirányú hasznosíthatósága azonban csak akkor tud teljes egészében kibontakozni, ha a mérések, modellkísérletek, szóval a geokémiai módszertani vizsgálatok lépést tudnak tartani az elméleti fejlődéssel. Pillanatnyilag nálunk az a helyzet, hogy az elméleti kutatás nemzetközi szinten is élvonalra tört, de a módszertani vizsgálatok terén műszerezettségünk hiányai miatt elmaradtunk. A jövő célkitűzései között ezt az elmaradást pótolnunk kell. Műszerellátottságunk fejlesztését a jövő tervei közé fel kell venni. Nem képzelhető el például ma már korszerű geokémiai kutatás rutinszerűen működő tömegspektrográfok nélkül. A kísérletekkel és mérésekkel alátámasztott elmélet fogja a máris nagy nemzetközi érdeklődésnek örvendő hazai geokémiai kutatást kiteljesíteni.

EGYED LÁSZLÓ lev. tag

Sokakban felötlik talán a kérdés, hogy miért éppen geofizikus szól hozzá az elhangzott előadáshoz, hiszen ennek lényege mégis csak a Földet alkotó anyagok kémiai és fizikokémiai egymásrahatásának a problémája volt.

A hozzászólást mégis a logikai szükségszerűség tette aktuálissá.

A geokémikus a kőzetek és a megszilárdult magmák részletes vizsgálatával közvetlen adatokat kap a Földben lefolyt jelenségekről. Megfigyeléseiből az anyagvándorlásra, a vándorlásban résztvevő tömegek egymásrahatására tud következtetni. Adatainak alapján képet alkot a Föld belsejéről s ebből kialakul egy elképzelés a Föld szerkezetére s a benne lefolyt jelenségekre.

A geofizikus a fizikai paraméterek méréséből és meghatározásából s az anyagokra vonatkozó fizikai vizsgálatokból alakítja ki a maga föld-modelljét s ebből igyekszik — helyenként deduktív megfontolásokkal — a Föld felszínén is észlelhető jelenségekre következtetni.

A két szélső szemszögből kialakult kép azonban nem mindig azonos, jöllehet ugyanarról a Földről alkotott képről van szó. Feladatunk tehát a kétféle kutatási eredmények szintézise, a „békés egymás mellett élés megteremtése” egy szélesen értelmezett „földtudomány”; vagy lassanként „kozmogeológia” keretében. A hozzászólás tehát egy „csúcstalálkozó” előkészítése.

Ezért inkább néhány szempontot vetek fel a kétféle tudomány módzeireiből fakadó eredmények szintézisének az előmozdítására.

Néhány alapvető tényt le kell szögezni. A Föld felszínén lefolyt jelenségek egy része az egész Föld nagy jelenségeihez képest magán viseli az esetleges jellegét, mert teljesen a környezet adottságai határozzák meg. Ilyen esetekre a geofizika a folyamatokról semmit sem tud mondani. Még jobban nehezíti a helyzetet, hogy a működő pusztító és építő erők az eredeti állapotot teljesen megváltoztathatják. A földtani felvételek s a geofizikai mérések regisztrálhatják a pillanatnyi tényeket. A folyamatot azonban a geokémiai vizsgálatok kibogozhatják s az anyagok egymásrahatásának időbeli lefolyását tisztázhatják. És ez nagy jelentőségű tény.

Ezzel szemben a Föld magjának szerkezetére vonatkozólag sem a földtani megfigyeléseknek, sem pedig a geokémiai vizsgálatoknak semmiféle megbízható megállapítást nem áll módjukban tenni. Az általános megállapítás szerint ugyanis — és ezt az előadás is hangsúlyozta — a közvetlen földtani és geokémiai megfigyelés az anyagi összetételre vonatkozólag legfeljebb a Föld keresztmetszetének egy százalékáról lehetséges. Ebből pedig extrapolálni a Föld egészére nem tűnik reálisnak. A geofizikai vizsgálatok azonban a Föld középpontjáig képesek az ottlevő anyag fizikai paramétereit, mint a sűrűség, a nyomás, az inkompresszibilitás, a nehézségi erő, meghatározni. Az is kimutatható, hogy a köpeny 800 és 2900 km között anyagi szerkezet szempontjából kvázihomogénnek tekinthető. Sőt MIKI japán kutató továbbment: kimutatta, hogy 300 és 800 km között is lehetséges ez a homogenitás, ha nem kötjük ki a hidrosztatikus egyensúlyt ebben a részben. A mesterséges holdak pályadataiból valóban kimutatható, hogy 700—800 km mélységig még tekintélyes jellegű feszültségek vannak a földköpenyben felhalmozódva, ami a MIKI-féle következtetések realitását erősíti. A fázisátmenetekre vonatkozó vizsgálatok s a kvantitatíve is megalapozott expanziós elmélet szemben áll egy vas-nikkel ötvözetből álló földmaggal. BULLEN ezektől is függetlenül kimutatta, hogy a maghéj vas-nikkel összetétele nem felel meg a fizikai megfigyeléseknek.

De a döntő bizonyítéknak mégis csak az 5 millió atmoszféráig menő dinamikai nagynyomású kísérletek tekintendők. A Szovjetunióban megvizsgálták a vas és más fémek kompresszibilitását nagy nyomáson. Az eredmények alapján KNOPOFF és MAC DONALD ismét kritikai vizsgálat alá vették a Föld magjának kémiai összetételére vonatkozó vizsgálatokat. A földmag határán feltételezhető nyomáson a vas sűrűsége  $11,8 \text{ g cm}^{-3}$  adódik, szemben a tapasztalt 9,47-es sűrűséggel. A földrengéshullámok terjedési sebessége is eltér attól, ami vashban ilyen nagy nyomáson mutatkozik. A földmagra vonatkozó sűrűségértékekkel és rengéshullám sebességekkel legjobb egyezést olyan anyag esetén kapunk, amelynek közepes rendszáma 23. Kétségtelenül lehetne itt egy túlnyomóan vas-nikkel ötvözet és könnyebb vegyületek keverékéből előállítani egy az észlelt értékkel egyező anyagot is. De a fázisátmenetek elmélete s az azokból levont következtetések és az expanziós elmélet kvantitatíve is olyan jó összhangban vannak a megfigyelésekkel, hogy ésszerűtlennek látszik ennek figyelmen kívül hagyása.

A vasmagos elméleteknek egyik legnagyobb érve a vasmeteoritok létezése. A vasmeteoritokhoz hasonló alakzatok a Föld belsejében is könnyen előállhatnak helyi differenciáció eredményeképpen, anélkül, hogy összefüggő tömegnek megfelelő földmagot hoznának létre. A felszínen észlelhető nagy mágnesvasérc előfordulásokból sem következtethetünk arra, hogy a földkéreg mágnesvasércből áll. De a meteoritok eredetére csak elképzeléseink vannak s az ezekben rejlő bizonytalanság kétségessé teszi érvként való felhasználásuk realitását.

A magmafejlődés kérdésének, amit a geokémiai vizsgálatok eredményeztek, a geofizika meg tudja adni a megalapozását. Miután az expanziós elmélet szerint a köpeny mérete a Föld élete folyamán hatalmasat változott, a köpeny fellazított rétegeinek transzvizaporizációs jelenségekre visszavezethető magmaképződése a transzvizaporizáció méreteinek megfelelő változást mutat.

A geofizikai és geokémiai kutatások kooperációja azonban messzebb vezet, mintsem első pillanatban azt látnánk. A Föld dinamikájából ugyanis az következik, hogy a geológus alábecsülte a közvetlen anyagutánpótlás mélységét, amikor azt 70 km-rel jelölte meg. A geofizikai kutatások szerint ugyanis legalább 700 km az a mélység, ahonnan még anyagfelszállítás történik. Ennek az anyagfelszállításnak létrehozásában azonban a fizikai hatásokra létrejövő fellazításokon túl a legfontosabb hatása a geokémikus részéről a felszínközeli megfigyelt migrációnak és transzvizaporizációnak van.

Bár még sok olyan szempontot lehetne felhozni, amely a kétféle vizsgálat szintézisének a lehetőségeiről s annak a meglevő ellentmondások kiküszöbölésében való előnyéről szólna, én azonban most csupán egy kérdéssel szeretnék foglalkozni. A tektonikai jelenségeknél észlelt süllyedések, valamint az anyagok különböző fizikai-kémiai egymáshatásának megfigyelései miatt, a geokémiai vizsgálatok arra a következtetésre vezettek, hogy a geokémiai jelenségek nagyobb hőmérséklet mellett mentek végbe. Ennek forrását geológiai oldalról abban keresték, hogy a tömegek olyan mélységbe süllyedtek le, ahol ez a hőmérséklet már biztosítva van. A fizikai vizsgálatokból származó eredmények arra látszanak utalni, hogy ez a hűtőutánpótlás messze mélyből szállítódik fel s a süllyedésnek ebben csak másodlagos befolyása van.

E néhány megjegyzés is rámutat arra, hogy a Föld megismerésében előtérbe kerültek az egzakt tudományok: a fizika és a kémia. Helyenként



a geofizikai módszerek vezetnek távolabb, másutt a geokémia tud többet elérni. Az eredmények egyeztetésénél ellentmondásokra is bukkanhatunk, amelyeket ki kell küszöbölni. De mindennek ellenére világos előttünk az út: a kétfajta vizsgálati eredmények egyeztetése lényegesen messzebbre vezet, mint a kettő külön-külön.

MILLNER TIVADAR lev. tag

Úgy érzem, nem lenne helyes, ha úgy fogalmaznám meg, hogy hozzá szeretnék szólni ehhez a témához, amely tőlem kissé távolabb áll, semhogy hozzászólással hozzáférhető lenne. Legyen szabad azonban az előadóhoz egy kérdést intézni.

Nemrég irodalmi adatokból arról lehetett értesülni, hogy az Egyesült Államokban a detroit-i General Electric Co. egyik üzemében üzemszerűen, tömeggyártászerűen mesterséges gyémántot állítanak elő olyan kisméretű eszközökkel, amelyekben százezer atmoszféráig fokozható nyomáson 2400 Celsius fok hőmérsékleten egy megfelelő, grafitot és egyéb anyagokat tartalmazó adagban a gyémánt úgy növekedik, hogy vasmangánréteg vonul végig fokozatosan a beletöltött anyagon és amint halad, ott maradnak utána a gyémántkristályok. Ezek persze kis kristályok. Mindez csak azt a kérdést veti fel előttem, vajon ilyen jellegű vizsgálatokkal, amelyekkel nyilván meg lehet ismerni a nagy nyomású és nagy hőmérsékletű területen az anyagok különleges viselkedését, geokémiai kérdések is tanulmányozást nyernek-e valahol? Érdekes megjegyzése az említett publikációnak az, hogy annak a többköpenyes eszköznek, amely elviseli ezt a nagy nyomást, a legbelső bélése olyan szilikát, amely a mi viszonyaink között 1300 fokon olvad, de a százezer atmoszférás nyomás mellett 2400 fokon sem olvad meg.

KERTAI GYÖRGY

Gyakorlati oldalról szeretném a transzvizaporizációs elmélet jelentőségét alátámasztani. Ha csupán gyakorlati kérdéstről lenne szó, nem szólaltam volna fel itt, akadémiai szinten. Miután azonban nagy jelentőségű elméleti kérdés eldöntésében van jelentősége a SZÁDECZKY akadémikus részéről előadott elméletnek, ezért tartom szükségesnek, hogy itt szóljunk róla.

Az 1958 októberében Moszkvában, a Szovjet Tudományos Akadémia részéről rendezett olajkeletkezési kongresszuson felszólalásomban már elmondottam, hogy az anorganikus olajkeletkezési elmélet egyik fontos támpontját lehet megcáfolni a transzvizaporizációs elmélet segítségével.

Az anorganikus elmélet hívei a magmatikus kőzetekben talált olajnyomokra hivatkoznak akkor, amikor az olaj magmatikus eredetét bizonyítják. Érveiket azzal támasztják alá, hogy az anatexis lehetőségét az ilyen olajos magmatikus kőzetek összetétele nem teszi lehetővé. S ennek ellenére teljesen, sokszor kvarcanyaggal körülzárt olajzárványokat lehet találni. Így van ez például hazánkban a Mátrában, ahol már régen ismerjük a recski Lahoca hegyen, a nagybányai Sulyom tetőn levő olajnyomokat s újabban VIDACS kartárs hívta fel a figyelmet az andezitben, kalcit kíséretében megjelenő olajcseppekre. A SZÁDECZKY akadémikus részéről feltárt transzvizaporizációs folyamat megmagyarázza e kőzetekben az olaj exogén jellegét.

A másik kérdés, amelyet ugyancsak gazdasági szempontból fontosnak tartanék megvizsgálni, a magyarországi széndioxid telepek keletkezésének kérdése az elmondottak tükrében.

A SZÁDECZKY akadémikus részéről említett tektonikus transzaporizáció lehetősége ebben az esetben is fennáll és a SCHEFFERÉK részéről kimutatott mezozoós tömegek emelkedése alapján talán onnan származtathatjuk a SZÁDECZKY akadémikus említette módon keletkezett széndioxidot. Ennek érdekében mielőbb szükség volna széndioxidjaink tömegspektrográfiai vizsgálatára a karbonium 12—13 izotópok arányának megállapítása céljából.

LANG amerikai geokémikus a mexikói nemzetközi földtani kongresszuson előadott értekezésében megállapította, hogy az amerikai széndioxidok karbonium 12—13 aránya megegyezik a dolomitok és mészkövek arányszámával és nem hasonlít a juvenilis széndioxid gázokhoz. Többek között ezért lenne nagyobb szükség mielőbb geokémiai vizsgáló intézeteinknek a FÖLDVÁRINÉ kartársnő részéről említett műszeres kiegészítésére.

#### SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR válasza

Engedjék meg, hogy először szakmánk doyenjének, VADÁSZ akadémikusnak köszönjem meg értékes elismerő szavait. Az ő óriási tudásából, tapasztalataiból, tanácsaiból, nagyszerű kritikájából mint mindig, a jelen témánk kidolgozásában is sokat tanulhattunk.

FÖLDVÁRINÉ tisztelt kartársam érdekes hozzászólásával kapcsolatban is aktuális annak hangsúlyozása, hogy a geokémiát nem tekinthetjük egyszerűen valamiféle alkalmazott kémiának. Ha egyedül a kémia adatait, elveit, elméleti megfontolásait alkalmazzuk a geokémiában, akkor kevésre juthatnánk. Ennek evidens oka többek között, hogy mi egészen más nyomás, hőmérséklet, tömeg és idő értékekkel dolgozunk, mint a kémikus a laboratóriumban. A geokémikusnak ezért számos olyan elvet kellett kiderítenie, amely magában a szorosabb értelemben vett kémiai tudományban nehezen születhetett volna meg, amelyeket azonban idővel ez a szorosabb értelemben vett kémia is hasznosíthat.

FÖLDVÁRINÉ felvetette az úgynevezett atomi állandók változóságának, illetve változatlanóságának kérdését. Hivatkozhatnánk egyes Pauli-féle megfontolásokra, amelyekkel az elektronhéjaknak a magtól való adott változhatatlan távolságaira lehet következtetni. Azt hiszem, nem veszi tőlem rossz néven EGYED professzor, ha az ő holnapi előadásában idézendő Gilbert-féle levelezést említem, amely szerint miközben a gravitációs gyorsulás értéke az idő függvényében lényegesen változik, az atomi állandók változatlanok maradnak. Természetesen ebből sem óhajtom bizonyítottnak állítani, hogy az atomi állandók nagymértékben és kozmikusán állandók volnának. De azt hiszem, abban egyetérthetünk, hogy míg a termodinamika alapértékei, ti. a kémiai reakciók kalorimetrikus értékei nagymértékben és gyorsan változnak a nyomás és hőmérséklet függvényében, addig az atomi állandók ugyanakkor legfeljebb sokkal kisebb mértékben változnak. Ez is indokolja az atomi állandókon alapuló geokémiai potenciál szemlélet alkalmazását a földi, petrológiai és geokémiai kérdésekre. (Nem vonatkozik az természetesen az ionizációval kapcsolatos változásokra.)

EGYED professzor tanulságos hozzászólásával kapcsolatban legyen szabad megemlítenem, hogy a néhány év előtt részéről kezdeményezett geofizikai és

a részemről kezdeményezett geokémiai szemlélet eredményei egymástól mondhatni „csillagászati messzeségben” voltak. Azóta mindkét felfogás lényegesen fejlődött és azok pontosabb kidolgozásaival a hézagok is, az ellentétek is nagymértékben csökkentek. A geofizikus kezdetben kizárólag azt hangsúlyozta, hogy a Föld mélyebb részeinek összetétele kémiaileg azonos egészen a középpontig, az eltérések az egyes övek közt fizikai okokra vezethetők vissza.

A geokémikus viszont ugyanakkor szükségképpen a kémiai változásokat hangsúlyozta a Föld öves felépítésében. Ez két szélsőség volt. Ma már mindkét szempontot mindkét fél erősebben tekintetbe veszi. A geofizikus azt mondja, hogy a Föld összetétele kvázi-homogén, mi pedig azt mondjuk, hogy kvázivasmagja van, mert a kémiai összetétel lassan, fokozatosan változik, nem ugrászerűen. A kérdésre egyébként holnap az előadásával kapcsolatban visszatérünk.

EGYED professzor említette a Bullen-féle adatokat, amelyekben körülbelül 20—30 százalékos eltérés van a Föld magjának szeizmikusan kapott fizikai értékei és a tiszta vasmagból elméletileg következtethető értékek között. Ez ilyen megközelíthetetlen tárgy példájában nem is olyan rossz egyezés, hiszen ma még a geofizikai elméletekben ennél teljes nagyságrenddel rosszabb, 200—300 százalékos „egyezésekkel” is gyakran meg kell elégedni.

MILLNER akadémikus megjegyzése a mesterségesen termelt gyémántnak közvetlenül mért keletkezési viszonyait illetően a geokémia számára igen figyelemre méltó. A természetes gyémánt anyakőzetét, a ma már két helyről, Dél-Afrikából és a szibériai Jakuck vidékről ismert kimberlitet, a benne foglalt eklogit zárványokkal és általában nagy nyomásra utaló ásványokkal, spinell, piroxén, coesit, lawsonit, pirop és gyémánttal együtt igen nagy mélységből származtatják. E nagy mélység pontosabb számértékére éppen a kérdéses ásványok kísérleti előállításának adataiból lehet következtetni. A jakucki gyémánt képződését némelyek 50 000 atmoszférás nagyságrendűnek tekintik, mások viszont ezt erősen túlzottnak gondolják. Roppant nagy fontossága van tehát annak, hogy a technikai kísérletekben milyen konkrét számszerű adatokat kaptak a gyémántra. Ezért pontosabb adatok végett legyen szabad a kérdéses tanulmány idézetét kérni.

KERTAI szaktársam megjegyzésével kapcsolatban megemlítem, hogy PORFIRJEV akadémikus olajkeletkezési elméletére válaszom lényege a következő lenne:

Induljunk ki a KERTAI kartárs részéről is említett mátrai andezit kőolaj-nyomból. Ennek legegyszerűbb származtatása azt hiszem a következő: Minthogy ez az andezit (legalábbis északon, tehát éppen a kérdéses kőolajnyomok Recsk-vidéki területén) áttöri a miocén korú barnakőszén telepet és más szerves anyag tartalmú idősebb üledékes kőzeteket, mi sem kézenfekvőbb, mint hogy ezek is transzvizaporizáltak az andezitet, amely így felvette azok olajos lepárlási termékeit is. Itt tehát egy organikus eredetű anyagból *anorganikusan*, magmás áttöréssel létrejött kőolajjal van dolgunk. A kőolajok *tisztán* organikus eredete az esetek túlnyomó részében bizonyítva van, de lehetnek és valóban vannak is más eredetű kőolajok is, például a mátrai andezit olaj. Általában szükségképpen sokkal nagyobb százalékban bizonyítható az organikus eredet, mert ezek képződése inkább a szemünk előtt, a felszín közelében megy végbe és szükségképpen sokkal ritkábban lehet bizonyítani a nagy mélységi, anorganikus (PORFIRJEV részéről feltételezett) folyamatot.

A természet nem egyetlen tényezővel dolgozik. Mindig egész sor tényező és végeredményben számos különböző folyamat működik egymás mellett és

egymás után. Azt hiszem, az organikus elmélet híveinek a mai kőolajkutatókat illetően százalékosan sokkal többször van igazuk, de a földtani teljes időfolyamatokat tekintetbe vevő PORFIRJEVnek és híveinek felfogása nagyon meg­szívlelendő szempontokat vetett fel.

Örvendek, ha a magmás transz­vaporizáció elvének dialektikája ehhez az új távlatot felölelő kérdéshez is, KERTAI akadémiai doktor megállapítása szerint, támpontokat nyújthat.

Még egyszer köszönöm az értékes hozzászólásokat.

VADÁSZ ELEMÉR elnök

Nem zárhatom ülésünket anélkül, hogy hozzá ne tennénk, azt hisszük, hogy a műszaki osztálynak ez az előadása fényes bizonyítéka az Akadémia tudományos működésének, annak a működésnek, amelyet szocialista építésünk, a szocializmus útján álló országunk tett lehetővé. Ezzel hangsúlyozni kívánjuk azt, hogy az a bizonyos tudományos szabadság — íme a bizonyíték — nálunk és általában a szocializmusban egyáltalában nincsen korlátozva, amint azt Nyugatról felénk hangoztatják. Sőt a legmesszebbmenő módon az egyéni képességek, az egyéni rátermettség terén az egyéni kezdeményezésnek a leg­tökéletesebb szabadságjogát és lehetőségét éppen a szocializmus adta eszközök, módszerek segítik. A szocializmus nyújt lehetőséget a legmagasabb rendű egyéni képesség és gondolat teljes egészében való kifejlesztésére, egészen a tudományos szárnyalásig.

BOGNÁR GÉZA akadémikus, elnök

A ma délelőtti ülészakon *A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak jövőbeli perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén* címmel SZIGETI György akadémikus, a Műszaki Fizikai Intézet igazgatója, WINTER Ernő akadémikus, a Műszaki Fizikai Intézet igazgatóhelyettese és MILLNER Tivadar akadémiai levelező tag, a Műszaki Fizikai Intézet igazgatóhelyettese fog előadást tartani.

A Műszaki Fizikai Intézet a Műszaki Tudományok Osztályának leendő legnagyobb létesítménye. A műszaki fizika magában foglalja azokat a fizikai alapjelenségeket, amelyek a műszaki tudományos kutatás alapját képezik. A Műszaki Fizikai Intézet azonban nem foglalkozik azzal a széles területtel, amelyre elnevezése utalna, hanem az alapításakor profilként egy szűkebb kört jelöltünk meg működési területéül: egy olyan szűkebb kört, amelyen a haladás ma talán a leggyorsabb a világon és ahol a legtöbb, az iparban is hasznosítható eredményt várhatjuk. Ez a szűkebb terület: a félvezetők fizikája, a vákuumtechnikai problémák, az anyagszerkezeti vizsgálatok. Ezekről fognak délelőtti ülészakunk előadói beszámolni.

Az első előadó SZIGETI György akadémikus, aki előadásával egyúttal székfoglaló előadását is megtartja.



# A MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÁS NÉPGAZDASÁGI JELEN- TŐSÉGE A MŰLTBAN ÉS ANNAK PERSPEKTÍVÁJA A VÁKUUMTECHNIKAI IPAR TERÜLETÉN. I.\*

SZIGETI GYÖRGY

akadémikus

A mai fizikának legfontosabb két területe az atommag fizika és a szilárdtestek fizikája. Ez utóbbin belül különös fontosságra tett szert a félvezető és lumineszkáló anyagok tulajdonságainak kutatása.

A fizika ezen ágainak fejlődése klasszikus példáját szolgáltatja az ipar, a műszaki fejlődés és a tudomány kölcsönös kapcsolatának és egymásra való hatásának. Az atomfizika fejlődését a vákuumtechnikai ipar tette lehetővé, ez az ipar szerezte meg a saját gyártmányai tökéletesítése céljához azt a hatalmas tudományos és technológiai ismeretanyagot, amire a mai magfizikai tudomány épül. Ez a tudomány viszont egészen új, soha nem látott perspektívákat nyit meg az ipar további fejlődése előtt. Gondoljunk csak arra, hogy mai tudásunk szerint a jövőbeli energiatermelés útja a hidrogénatomoknak fúziós reakciója lesz. Az eddigi összes publikációk, amelyek a lassú fúziós reakció megvalósítására, tehát a termonukleáris reakciónak energiatermelésre való felhasználására vonatkoznak, mind a plazmában lejátszódó folyamatokat tárgyalják és a gázkisülés plazmáját tekintik a fúziós reakció megvalósítására szolgáló médiumnak.

A gázkisülések tanulmányozása nagyobb méretekben először a fényforrások fejlesztésére irányuló kutatás során kezdődött meg. A plazmára vonatkozó első publikációk LANCMUIRTól származnak. A gázkisülés plazmájának további tanulmányozását a higanygőzegenirányítók, majd a higanygőztlámpák fejlesztése tette szükségessé.

Az itteni eredményeket egészítette ki SAHA indiai tudós, akinek a termikus egyensúlyban levő plazmára vonatkozó alapegyenletek felismerését köszönhetjük. Ő mutatott rá arra, hogy a nap és az álló csillagok fénylő burkában a gáz plazmaszerű állapotban van. A gázkisülések és az álló csillagok ionizált gázainak elméleti tanulmányozása adta meg azután megint azokat az összefüggéseket, amelyeket ma a fúziós reakció tanulmányozásánál alapvetőnek kell tekintenünk.

Az atommag fizikának azonban nemcsak ezek a legújabb ágai támaszkodnak a vákuumtechnikai ipar és eredetileg az izzólámpa ipar tapasztalataira,

\* Székfoglaló előadás.

hanem úgyszólván az összes atomfizikai eszközöket ahol nagyvákuumokkal, vagy gázkisülésekkel dolgoznak, ennek az iparágak a tapasztalatai alapján szerkesztették meg.

Nagyvákuum létesítése először az izzólámpa gyártásban vált szükségessé és ennek megvalósítása tette csak lehetővé, hogy az atomok alkotó elemeit, az ionokat és elektronokat tanulmányozhassák.

A mai modern fizikának másik hatalmas ága a szilárd testek kutatása. Ha csak az előzőekben már tárgyalt alapvető fontosságú kérdést tekintjük, úgy látjuk, hogy az energiatermelés szempontjából is igen nagy jelentőséget kell tulajdonítani a Nap sugárzási energiáját elektromos energiává átalakító félvezető fényelemeknek és termoelemeknek. Fordítva is: elektromos energiának fénnyé való átalakításában is nagy szerep vár a szilárd testek fizikája terén végzett kutatásra. A szilárd testek szerkezetének vizsgálatát a lumineszcencia jelenségeinek vizsgálata indította meg, illetőleg ezek a vizsgálatok adtak először mélyebb betekintést a szilárdtestek alapvető kötési mechanizmusába. De továbbmenőleg: BECQUEREL vizsgálatait, amelyek egyes lumineszcencia jelenségek kikutatását tűzték ki célul, voltak kiindulópontjai a CURIE házaspár munkájának, amely a radioaktivitás és a rádium, tehát a spontán atombomlás felfedezésére vezetett.

A radioaktivitás további vizsgálata : az atombomlásnak, illetve az atomátalakulásnak mesterséges előidézése elképzelhetetlen lett volna az izzólámpa és rádiócsőgyártásban szerzett tapasztalatokon alapuló vákuumtechnikai ipar és annak eredményei nélkül. Azt hiszem, az itt rapszodikus felhozott néhány példa már eléggé rámutat a modern fizika és a vákuumtechnikai ipar legszorosabb kapcsolataira és a kettő fejlődésének legnagyobb mértékben összefonódott voltára. Egészítsük ki most még a fentieket az elektrotechnika fejlődésére vetett rövid pillantással. Az elektrotechnika fejlődésének kezdetén az áramtermelés legnagyobb része a világítás céljára szolgált. Az elektromos világítás fejlődése tette szükségessé mind nagyobb és nagyobb elektromos centrálék építését, tette szükségessé azt, hogy az elektromos áram elosztásának mind gazdaságosabb módját igyekezzenek megkeresni. A villamos világítás igazi elterjedését ZIPERNOVSZKY, DÉRY és BLÁTHY nagy találmánya : a transzformátor és a transzformátorok párhuzamos kapcsolásának felfedezése tette lehetővé. Még ma is, amikor az energiaátvitel az iparban és közlekedésben úgyszólván kizárólagosan villamos úton történik, az energiatermelésnek nagyon tekintélyes része szolgál világítási célokat.

Mindezek ismeretében érdemes megnézni hazai viszonyainkat. Magyarországon a kapitalizmus fejlődése, a magyar ipar megteremtése (a régebbi malomipart nem tekintve) összeesik az elektrotechnika ugrásszerű fejlődésével, az új találmányok sorozatával.

JEDLIK Ányos az ő dinamóját a múlt század közepén készítette jóval SIEMENS előtt. Ebben az időben Magyarországon még az elektromos ipar léte-



sülésének feltételei nem voltak adva, JEDLIK találmánya nem lépte túl az egyetemi tanszék kereteit. Más volt azonban a helyzet a múlt század nyolcvanas éveiben, amikor Zipernovszkyék a transzformátort felfedezték. EDISON munkái lehetővé tették a szénszálas izzólámpának iparszerű előállítását. A magyar gépipar fellendülése lehetővé tette ennek a találmánynak gyors ipari alkalmazását. Így tehát Magyarország és a magyar ipar gyorsan be tudott kapcsolódni a fellendülőben levő elektrotechnikába és egymásután születtek meg az idevágó magyar találmányok és konstrukciók. A magyar PUSKÁS Tivadar EDISON közvetlen munkatársává vált, majd onnan hazatérve megvetette itthon az ún. gyengeáramú ipar tudományos alapjait és gyakorlati fejlesztésében is tevékenyen részt vett (telefonközpontok, telefonhírmű).

Ugyanerre az időre esik a magyar izzólámpagyártás megindulása is. A szénszálas izzólámpák és a gázvilágítás versenye nagyon hathatósan mozdította elő a világítástechnika fejlődését. Itt már alapvetően nagy jelentősége volt a magyar iparnak. Magyar találmány, a wolframszál alkalmazása, — JUSZT Sándor —, adta meg az izzólámpák fejlődésének egész a mai napig követett irányvonalát. A wolframlámpa kifejlesztésében alapvető eredményei voltak LANGMUIR-nek, PACZ-nak és DUSHMANN-nak. Hazánkban is fontos munkát végzett e téren HEVESI Gyula és PERCZEL Aladár. Mint említettem, az izzólámpagyártás volt a kiindulópontja az elektroncső iparnak is.

Magyarországon az első világháború után mindkét gyártási ág rohamos fejlődésnek indult és a magyar Egyesült Izzólámpa és Villamossági R. T. új eljárások és találmányok alkalmazásával sok esetben ragadta magához a vezetést és mindvégig a világ első öt legnagyobb gyára között volt. Az izzólámpa és elektroncső területén elért hatalmas fejlődésről és a magyar kutatók eredményeiről részletesen a következő előadások fognak beszámolni. Itt csak azt kívánom leszögezni, hogy ezek az eredmények már szervezett ipari kutatás eredményei voltak. A magyar műszaki fizikai kutatás centrumát, a vállalat kutatólaboratóriumát, annak vezetője, PFEIFER Ignác, világszerte elismertté tette. A laboratórium állandó dolgozóin kívül megfordultak itt SZILÁRD Leó, WIGNER Jenő, OROVÁN Egon, GÁBOR Dénes, POLÁNYI Mihály, akik örömmel beszélgettek PFEIFER Ignáccal, BRÓDY Imrével és SELÉNYI Pállal. SELÉNYI mellett dolgozott egyetemi szünidejében sok későbbi kiváló fizikus, így pl. TELLER Ede, aki később a fasizmus elől külföldre vándorolva SZILÁRD Leóval és WIGNER Jenővel együtt az amerikai atomkutatás oszlopa lett.

A harmincas évek második felében világossá vált, hogy az izzólámpa hatásfoka és minősége az akkor bevezetett kryptongáztöltés és a nagykristályos wolframdrót alkalmazásával olyan magas fokot ért el, hogy ezen a területen már lényeges javulás nemigen várható. (Ezt a felismerést egyébként az azóta eltelt kb. 20 év tapasztalatai is megerősítették.)

A laboratóriumnak döntenie kellett, hogy energiája mekkora részét fordítsa a világítástechnika ügyének új eszközökkel való előrevitelére és mekkora

részét használja a még mindig nagyon is empirikus alapokon nyugvó izzólámpaipar tudományos, tehát tudatos megalapozására. A döntés olyan volt, hogy mindkét irányban folytatni kell a munkát. Az izzólámpák gyártási technológiájával kapcsolatos alapkutatásokat MILLNER Tivadar, TARJÁN Imre, TURY Pál és SZÁSZ Tibor folytatták tovább. Erről a munkáról MILLNER Tivadar fog részletesebben beszámolni. Az izzólámpa hatásfokának további javítása és élettartamának növelése céljából BRÓDY Imrének és NEUMANN Mihálynak elgondolása az volt, hogy az izzólámpa gáztöltésének nyomását növelve kell a lámpa hatásfokát megjavítani. Ebben az irányban elindulva kimutatták, hogy a kryptongáz nyomását 20—30 atmoszférára növelve vékony fonalú (nagy feszültségű, kis teljesítményű) lámpákkal is elérhető az a jó hatásfok, amit egyébként csak a vastag fonalú lámpáknál lehetett kisebb, 1 atm. körüli gáznyomással megközelíteni. A nagy nyomás alkalmazásának azonban hátránya volt az, hogy a lámpákat aránylag vastag falú kvarccsőbe kellett forrasztani és hogy azok szállítás közben, tehát hideg állapotukban is explodálhattak. Ezen hátrány miatt az említett kísérletnek ma csak tudományos érdekesség tulajdonítható. A második út az volt, hogy a feketetest sugárzása helyett — úgy mint azt a gázvilágításnál az Auer-sugárzókkal megvalósították — izzótest gyanánt szelektív sugárzó-testet alkalmazzanak. További lehetőség kínálkozott elméletileg oly módon, hogy a lámpa infravörös sugarait valami módon visszavezessék az izzótestre és csak a látható sugárzás hagyja el a lámpa búróját. Ez szelektív reflexiós tényezőjű anyagból készült tükröző felületekkel lett volna megvalósítandó. Az utóbbi lehetőségeket BAY Zoltán próbálta megvalósítani, azonban a számítások és kísérletek során kiderült, hogy ezeken az utakon leküzdhetetlen nehézségek tornyosulnak. Elég megemlíteni azt, hogy a visszavert hősugarakat pontosan az eredeti, pár század mm átmérőjű izzótestre kellett volna koncentrálni. Nem ismertek továbbá olyan anyagot, amelynél az átbocsájtó és visszaverő képességben a látható és infravörös tartományban a szükséges nagy különbségmegtett volna. A század eleje óta ismert és akkoriban izzólámpa céljaira egy ideig fel is használt Nernst-féle testeken kívül nem sikerült magas hőmérsékleten stabil és az áramot jól vezető szelektív sugárzót találni, a Nernst-féle testek azonban a wolframnál csak lényegesen alacsonyabb hőfokra voltak felizzíthatók és így végső eredményben a velük elért fényhatásfok lényegesen alatta maradt egy mai wolframlámpa hatásfokának.

További lehetőség volt hősugárzás helyett gázkisülések sugárzását hasznosítani. Gázkisülékes lámpák már a század eleje óta ismeretesek voltak. MC. FARLAN MOORE széndioxiddal és nitrogénnel töltött csöveket használt világításra. Ezen csövekkel nagyon kellemes jó színvisszaadást biztosító fehér, vagy sárgás fényt lehetett elérni, hatásfokuk azonban jóval az izzólámpáké alatt maradt. G. CLAUDE nemesgázzal töltött Geissler-csőket készített. Ezeknél a hatásfok már lényegesen jobb volt, de míg a széndioxidon, vagy nitrogénen áthaladó áram nagyon vonaldús, majdnem folytonosnak mondható színeképet

gerjesztett, a nemesgázok színképe csak néhány vonalat tartalmazott. A Claude-féle neonsövegek tehát színes fényt adtak, tiszta neon töltéssel élénk vörös, higannyal kevert neon töltéssel pedig liláskék színt. Hélium töltéssel sárga színű fényt lehetett előállítani. Ezek a csövek feltűnő fényük és dekoratív hatásuk folytán reklámvilágítás céljaira rohamosan elterjedtek és még ma is használatosak. Monokromatikus fényt sárga színben nátriumgőzön áthaladó áram segítségével lehetett gerjeszteni. Olyankor, amikor a színek felismerése nem szükséges, ezek a nátriumlámpák jó hatásfokuknál fogva még ma is használatosak. A neonsöveknél és nátriumlámpáknál kedvezőbb színeloszlást lehet elérni nagynyomású higanygőzön át létesített kisüléssel. Ezek a nagynyomású higanygőzlámpák, amelyeket először a német Hans Joachim SPANNER alkalmazott utcai világítás céljára, még ma is használatosak. (A közönséges izzólámpa hatásfoka kb. 10–12 Lm/W, a kryptonlámpáé 15–16 Lm/W, a nagynyomású higanygőzlámpáé kb. 40–45 Lm/W.) A nagynyomású higanygőzlámpák színét lumineszkáló anyagokkal szokás korrigálni. A csövet, amelyben a kisülés történik, második búrával veszik körül. A német N. RIEHL javaslatára ezen második búra belső felületét olyan fényporral vonják be, amely a a higanylámpa ultraibolya és ibolya fényét elnyelve vörös fényt sugároz ki. (Ez a második búra a nagynyomású higanygőzlámpáknál és a nátriumgőzlámpáknál a kellő hőszigetelés miatt anélkül is szükséges.)

Lényegesen kedvezőbb eredmények érhetők azonban el akkor, ha a kisülési csövet úgy méretezzük, hogy a higanygőzben az átfolyó áram hatására főleg a higanynak a 2537 Å hullámhosszú rezonanciavonala keletkezzék. Ez a vonal kisnyomású és kis áramsűrűségű csőben igen jó hatásfokkal gerjeszthető, kedvező esetben az elektromos áram bevezetett energiájának 50%-a ezen a hullámhosszon sugárzódik. Alkalmos fényporral a rezonanciasugárzás átalakítható, mégpedig a napfény, vagy az izzólámpa fényének színét nagyon jól megközelítő fénné. Ez a ma nagyon elterjedten használatos fénycsövek működésének alapelve. A csövek ilyen méretezése mellett a higany látható vonalai az összes látható fénynek csak kb. 10%-át teszik ki. A mai fénycsövek hatásfoka túlhaladja a 70 Lm/W-ot.

1937-ben kellett a magyar vákuumtechnikai iparnak döntenie, hogy rálépjen-e ezekre az új utakra és ha igen, melyiket válassza. A kutatólaboratórium javaslatára az Egyesült Izzó a fénycsövek fejlesztését kezdte meg nagy energiával, de ugyanakkor a nagynyomású higanygőzlámpák készítését is megindította kísérleti gyártás formájában.

Ezen elhatározásunkkor tisztában voltunk azzal, hogy csak olyan gyártmány számíthat nagyobb elterjedésre, amelyet egyenletes minőséggel, lehetőség szerint gépesítve lehet nagy tömegben gyártani. Ebből a szempontból a fénycsöveket láttuk alkalmasabbnak. A fénycsövekkel kapcsolatos problémák tanulmányozására 1937-ben alkalma nyílt az előadónak PINTÉR Jenővel, az Egyesült Izzó néhai kiváló gépkonstruktorával, valamint LÉVAI Jánossal,

TÚRY Pállal és LENDVAI Dezsővel együtt az Amerikai Egyesült Államokban a General Electric Co. cégnél tanulmányutat tenni, amikor is az ottani szakemberekkel részletesen megvitatták az idevágó gyártási és fejlesztési feladatokat.

A kísérletek 1938 év folyamán indultak meg GÁCS István, majd BENKŐ István bevonásával. A kísérleteknél kezdettől fogva arra voltunk tekintettel, hogy egyrészt lehetőség szerint a gyártási műveletek minden egyes lépése mögött rejlő alapkérdéseket tisztázzuk, másrészt pedig a műveleteket úgy állítsuk be, hogy azok a gépesített tömeggyártás egy-egy lépése gyanánt legyenek továbbfejleszthetők. Az időközben kitört második világháború ezeket a munkákat nagymértékben gátolta. 1944-ben a fasiszták PINTÉR Jenőt és BENKŐ Istvánt meggyilkolták, azonban addig már az első kísérleti gépek üzembe kerültek és a háború végén SZÁSZ Tibor és GÁCS István vezetésével már a kisméretű kísérleti gyártás folyamatban is volt.

A felszabadulás után a gyár újjáépítése során a fénycsövekkel kapcsolatos kutatást már 1945-ben újra megkezdtük és a kísérleti fénycsőgyártás üzembehelyezésére 1949-ben került sor. Azóta fénycsőgyártásunk az Egyesült Izzónak egyik nagyon tekintélyes gyáregységévé fejlődött LÉVAI János, KERÉNYI István, GÁCS István, GAJÁRI Gyula, SOMKUTHY Adolf, VÁMBÉRI Lőrincz, TOLNAI Ágoston, HRABCSÁK Mihály és az utolsó években NAGY László és sok más kiváló dolgozó hathatós közreműködésével.

Igen intenzív munka folyt a kutatólaboratóriumban is egyrészt a fényporok tökéletesítése, másrészt a gyártási folyamatok alapjainak tisztázása céljából. Ebben a munkában DR. MAKAI Endre, DR. SZABÓ János, LAKATOS György, PATAK János és WEISZBURG János vették ki legeredményesebben részüket. Az üzem részéről a fényporok fejlesztési munkáiban különösen DR. KARDOS Ferenc, MAGOS László és DR. MOLNÁR József ténykedtek kitűnő eredménnyel. A kutatólaboratóriumnak a fénycsövek fejlesztésére irányuló munkájáról régebben már részletesen beszámoltam, ezt nem kívánom most részletesen újra megismételni. Két érdekes témacsoportot azonban azt hiszem érdemes megemlíteni. Az egyik a fénycsövek színének javítására, illetőleg a napfény lehetőleg tökéletes reprodukálására irányuló, a másik pedig a fénycsövek gyújtásának tanulmányozása és a csövek lehetőleg biztos gyújtásának megvalósítására irányuló munkánk. Az utóbbi során kidolgoztunk DR. SZABÓ, LAKATOS és WEISZBURG kartársainkkal együtt olyan gyújtólámpát, amely biztosítja a lámpa gyújtása előtt az elektródok kellő hőfokra való biztos felizzítását és ezzel lehetővé teszi a lámpa élettartamának kb. 25—30%-kal való megnövelését.

A szín korrigálása gázkisüléses lámpáknál már a legelső próbálkozások óta állandó szükséglet gyanánt mutatkozott. Mint említettem, fényporok alkalmazásával sikerült ezt a kérdést kisnyomású fénycsöveknél a gyakorlatban előforduló legtöbb esetben elegendő módon megvalósítani. Bizonyos esetekben, különösen a textilipar és a nyomdaipar területén szükséges a színek-

nek tökéletes és mindig reprodukálható összehasonlítása és vizsgálata. Ilyen esetekben a szokványos fénycsövek nem bizonyultak teljesen kielégítőeknek. Külföldön a tökéletes színvisszaadást magnéziumarzenát fénypornak a szokásos fényporokhoz való keverésével próbálták megoldani. Ez a megoldás jó határfokú, de még mindig nem kielégítő színvisszaadású lámpát eredményezett. A megoldás másik útja a fénycső fényének izzólámpa fényvel történő keverése. Ilyen irányban szintén már régóta folynak kísérletek, nagynyomású lámpánál eléggé elterjedtek az izzólámpával egybeszerelt ún. kevertfényű lámpák. A háború előtt mi magunk is ilyen irányban próbálkoztunk és kidolgoztunk olyan lámpát, amely egy csőben, de diafragmával egymástól elválasztva tartalmazta a tulajdonképpeni fénycsövet, a gyújtót és az előtétül szolgáló megfelelően méretezett kryptonlámpát. Ez a lámpa olyan szerkezetű volt, hogy bármely normál foglalatba minden előtét alkalmazása nélkül becsavarható volt. A lámpa maga gyertyalámpa alakú volt, a gyertyaszára a fénypornak megfelelő színben kissé kékesfehéren világított, maga a gyertya pedig mint opál kryptonlámpa pótolta a fénycső színéből hiányzó mélyvörös színt. Erre a konstrukcióra, melyet BAY Zoltánnal és PATAK János sal együtt dolgoztunk ki, annak idején hazánkban és számos külföldi államban is szabadalmat kaptunk. A lámpa tömeggyártására azonban nem került sor. Mint érdekességet kívánom azonban megemlíteni, hogy az elmúlt évben az amerikai Westinghouse cég pontosan a fentieknek megfelelő konstrukciót hozott piacra. A textil- és nyomdaipar követelményeinek azonban az olyan lámpák, amelyeknél a gázkisülés színképének látható vonalai, főleg a higany ibolyában levő erős vonala jelen van, nem felelnek meg. BAUER Györggyel dolgoztunk ki erre a célra megfelelő fényforrást, amelynek működése azon alapul, hogy egy izzószálból kilépő elektronokat vákuumtérben felgyorsítva megfelelő fluoreszkáló ernyőre ütköztetünk. A fluoreszkáló ernyő és az izzószál együttes fénye megfelelő méretezés esetén szín tekintetében a legtökéletesebben egyezik a nap fényével. Ezzel a lámpával jó határfok mellett pontosan reprodukálni lehet a mérési célokra nemzetközileg szabványosított fényforrás színösszetételét. Ilyen színösszetételt eddig csak szűrőkkel kombinált izzólámpával lehetett elérni, ekkor azonban az izzólámpa fényének legnagyobb részét a szűrő elnyelte. Ilyen szűrőkkel való kombináció útján csak kis színillesztő szekrényekben sikerült pár dm<sup>2</sup> felületen a szabványos összetételű fényt megvalósítani. Az általunk kidolgozott lámpa viszont a szűrő nélküli izzólámpáknál jobb határfokkal adja a teljesen korrekt összetételű fényt.

Az eddig ismertetett munkák arra irányultak, hogy izzótestek, vagy gázkisülés fényét hasznosítsuk minnél jobb eredménnyel. Kutatásaink során meg kellett vizsgálnunk azt a lehetőséget is, vajon nem lehet-e más fizikai jelenségeket fényforrás céljaira hasznosítani. Két lehetőséget láttunk érdemesnek megvizsgálni. Az egyik a LOSZEV szovjet kutató által először 1923-ban szilíciumkarbidon észlelt elektrolumineszcencia, a másik pedig valamely hatásos

radioaktív forrással gerjesztett lumineszcencia volt. Az utóbbi jelenséget általánosan használták világító órák számlapjának gerjesztésére. Ezeknél a radioaktív számlapoknál rendszerint cinkszulfidhoz, vagy más jó hatásfokú fényporhoz radioaktív anyag nyomait, célszerűen igen kevés mezotoriumot kevernek. Az ismert természetes radioaktív anyagok azonban igen tekintélyes gamma sugárzást is bocsátanak ki, így tehát csak igen kis mennyiségben szabad alkalmazni azokat, hogy a sugárzásból eredő veszélyt elkerüljük. A természetes radioaktív anyagok által kibocsátott alfasugárzás pedig szétroncsolja bizonyos idő után a világító festéket, ezek fénye tehát idővel rohamosan csökken. Ezzel szemben ismeretes, hogy ha csak elektronokkal bombázzunk lumineszkáló anyagot, úgy az esetben, ha az ionbombázást el tudjuk kerülni, a világító-ernyők kb. 5–20 000 V-ra felgyorsított elektronok hatására igen nagy felületi fényességgel, jó hatásfokkal és kielégítő élettartammal gerjeszthetők, mint az az oszcillográf-ernyőknél vagy televíziós képcsöveknél bebizonyult. A reaktorokban termelt radioaktív izotópok közül a trícium, vagyis a hármas atomsúlyú hidrogénizotóp kizárólag csak béta-sugárzással bomlik. A béta-sugárzás közepes energiája kb. 6000 eV és felezési ideje néhány év. Sikeresült szabadalmat kapnunk Magyarországon és számos más külföldi országban olyan lámpára, amelynél a fényforrás tríciummal gerjesztett lumineszkáló anyag. A trícium lehet valamely szerves lumineszkáló anyagban a hidrogén helyettesítője. Ilyen módon pár gramm anyaggal több ezer lumen nagyságrendű fényt lehet megvalósítani. A tényleges kivitelnek azonban útját állja egyrészt a tríciumnak jelenlegi igen nagy ára, másrészt pedig az a körülmény, hogy mivel a trícium az élő szervezetben a hidrogént tudja helyettesíteni, rendkívül veszélyes anyag. Nem ismerünk jelenleg olyan vegyületet, amely annyira stabilis lenne, hogy biztosítaná azt, hogy a lámpa esetleges eltörésekor érintés, belégzés stb. folytán a trícium ne kerülhessen az emberi szervezetbe.

Az elsőnek említett jelenség, az elektrolumineszcencia, LOSZEV felfedezése után hosszú ideig úgy látszott, hogy nem jöhet számításba gyakorlati fényforrás szempontjából. 1938-ban FINKELNBURG számításokat közölt, amelyek szerint az elektrolumineszcenciával elérhető legjobb hatásfok egymilliomod alatt marad. Laboratóriumunkban vizsgáltuk ezt a jelenséget, és úgy találtuk, hogy az irodalmi közlésekkel ellentétben itt nem a röntgensugarakhoz hasonló, de az optikai tartományba eső fékezési sugárzásról van szó, hanem az elektrolumineszcencia nem más, mint a félvezető kristályokban kialakuló ún. zárórétgen felgyorsult elektronok által a kristályokban gerjesztett lumineszcencia. Ennek alapján elkészítettünk olyan fényforrást, amely két párhuzamos elektród közé helyezett és a rajta áthaladó áram hatására világitásra gerjesztett elektrolumineszcens anyagot tartalmazott. Ezt a találmányunkat szabadalmaztattuk és a szabadalmat hazánkban is és sok külföldi országban is megkaptuk. A szabadalom olyan fényforrást véd, amely (idézem az amerikai szabadalmunk igénypontját): „áramhozzávezetőket és nagymér-

tékben tisztított, fényt átbocsátó kristályos vezetőanyagot tartalmaz, amely anyag alkalmas fény kisugárzására a rajta átfolyó áram közvetlen hatására, az átfolyó áram pedig lényegesen kisebb intenzitású, mint ami a felizzításhoz szükséges”.

Míg mi saját kísérleteinket szilíciumkarbiddal folytattuk, a francia G. DESTRIAU olyan elektrolumineszcens cellákat készített, amelyekben a világító anyag valamely dielektrikumba ágyazott cinkszulfid volt. Mindezek a kísérletek kétségkívül bebizonyították, hogy elektrolumineszcenciával használható fényforrást lehet előállítani. Mikor a felszabadulás után döntenünk kellett kutatásunk további programjáról, az addig ismertek alapján úgy láttuk, hogy ezt a jelenséget feltétlenül érdemes alaposabban megismerni. Fontosnak tartottuk, hogy összefüggéseket keressünk a fotolumineszcencia, a katódlumineszcencia és az elektrolumineszcencia között. Úgy véltük, hogy lényeges fejlődést gyakorlati alkalmazás terén csak akkor tudunk elérni, ha a jelenségek okait sikerül tisztázni és sikerül megállapítani, hogy az egyes anyagok világító-képessége, vezetőképessége és dielektromos tulajdonságai milyen összefüggésben vannak egymással. Ezt a problémakört NAGY Elemérrrel együtt kezdtük vizsgálni, majd csatlakozott ehhez a munkacsoporthoz DR. MAKAI Endre, DR. SZABÓ János, DR. GERGELY György, WEISZBURG János és BAUER György is. Együttes munkánkkal sikerült a lumineszcencia elméletének számos vonatkozását tisztázni, részletesen azonban ezt a munkát most nem kívánom ismertetni, elég ha utalok a megjelent dolgozatokra.

A munka még távolról sincs befejezve, a most létesülő Műszaki Fizikai Kutató Intézetnek lesz egyik fő feladata, hogy ezen a területen a még mindig tisztázatlan kérdésekre fényt derítsen és eldöntse, mennyire lehet növelni az elektrolumineszcens fényforrások hatásfokát és főleg a fényforrás felületi fényességét. Jelenleg kb. 14 Lm/W hatásfokot tudunk elérni elektrolumineszcens celláinkkal, azonban a cellák nem alkalmasak még olyan teljesítmények felvételére, amely általános világításhoz való alkalmazás céljából szükséges volna. Irány-fények, világító felületű rádióskálamegvilágítás és más hasonló célokra azonban már a jelenlegi cellák is megfelelőnek látszanak.

A vákuumtechnikai ipar azonban nemcsak a világítástechnika fejlődését szolgálta, hanem az izzólámpa iparból kiindulva fejlődött ki egy másik hatalmas iparág is, az elektroncsövek gyártása. Az ezen a területen folyó kutatásról, az itt elért eredményekről, a magyar kutatók és a magyar ipar helyzetéről a következő előadásban WINTER Ernő fog beszámolni. Az utolsó 10 évben az elektroncsöveknek fokozatosan mindinkább komoly vetélytársává kezdenek válni a különféle félvezető erősítők és egyenirányítók. A rádiózás őskorában kiterjedten használták a kristálydetektorokat, azonban ezeket a húszas évek végétől kezdve úgyszólván teljesen kiszorították a csöves erősítők és egyenirányítók. 1940 körül a mikrohullámú technika fejlődése során jutottak el olyan pontig, ahol egyenirányításra elektroncsövek alkalmazása már mind-

inkább különféle nehézségekbe ütközött. Itt, a mikrohullámú technika területén kelt újra életre a kristályegyenirányító. A régi, primitív detektorokat továbbfejlesztették, az amatőrök eszközéből komoly műszaki produktum lett. Hatalmas kutatógárda kezdett foglalkozni a szilícium és germániumkristályok tulajdonságaival. 1948-ban BARDEEN és BRATTAIN észlelték először, hogy bizonyos kristályegyenirányítókon átfolyó áramot az egyenirányító tű közelében elhelyezett másik tűvel befolyásolni lehet. Ez az észlelet volt a kristályerősítők, az ún. tranzistorok kifejlesztésének az alapja. Nem kívánom e helyen ismertetni azt a hatalmas munkát, amelyet világszerte végeztek ezen eszközök tökéletesítése és a különféle félvezetők tulajdonságainak megismerése céljából. Elég csak annyit mondanom, hogy ma már olyan tervek és kísérletek ismeretesek, amelyek szerint elektromos lokomotívokat táplálnának a tiratronok és ignitronok funkcióját betöltő tranzisztoroszerű készülékkel az 50 periódusú hálózatról. A rádiótechnika területén pedig már laboratórium-szerűleg az egész jelenleg használt hullámhossz sáv minden részét átölelő tranzisztorok készülnek, teljesen tranzisztorizált, hordozható ultrarövidhullámú rádiókészülékek és televíziós készülékek kerültek kiállításokra a közönség elé. Az 1959-ben gyártott félvezető erősítők és egyenirányítók száma kb. egynegyede az ez évben gyártott rádiócsövekének. Amerikai szerzők becslése szerint pár év alatt a félvezetőeszközök mennyiségben túl fogják lépni az elektroncsöveket. A két említett alkalmazási terület mellett már ma óriási jelentősége van a tranzisztoroknak, a különböző elektronikus számológépek területén, különböző mérőműszerekben és valószínűleg döntően fogják befolyásolni az automatizálást.

Nem véletlen, hogy a tranzisztorok felfedezése a világ egyik legnagyobb rádiócsőlaboratóriumában történt. A vákuumtechnikai ipar és kutatás hozzászokott ahhoz, hogy a használt anyagok és a gyártott termékek minőségét döntően befolyásolják milliomodrésnyi szennyezések is. Így pl. ha alumíniumról beszélünk, melyet kohászati úton állítottak elő és amelyet valamilyen laboratóriumi, vagy ipari célra használnak, már igen tisztának szokás tekinteni az ún. 99,99% tisztaságú fémet. Ezzel szemben az izzólámpagyártásban dolgozók már évtizedek óta tudják, hogy pl. az izzólámpák izzótestét alkotó wolframfém tulajdonságait már 1/10 000%-nyi vagy ennél is kisebb mennyiségű idegen anyag döntően befolyásolja. A magyar izzólámpaiparban jelenleg használt nagykristályos wolframanyag világszerte elismert kitűnő tulajdonságait az adja, hogy a szennyezéseket először 1/100 000%-ig eltávolítják, majd a tiszta nyersanyaghoz káliumot, alumíniumot, vasat és szilíciumot adagolnak, amelyekből viszont a kész huzalban csak kb. 1/100—1/10 000%-nyi mennyiség marad vissza.

Hasonló követelmények állnak fenn a félvezetőanyagokkal szemben is. Ezeket is hasonló mértékig meg kell tisztítani, majd ismert adalékanyagokkal „visszaszennyezni”, hogy a kívánt tulajdonságokat megkapjuk. A jelenlegi



félvezetőgyártásnak és a félvezetőeszközök minőségének ez képezi ugrópontját. A másik rokonvonás a vákuumtechnikai iparral a kis méretű anyagokkal való bánás. Az izzólámpáknál nem ritka az 1/100 mm körüli átmérőjű dupla-spirális, amelyet gépekkel kell feldolgozni és szerelni. Hasonlóképpen a félvezető kristályoknál is, melyeket tranzisztor céljaira használunk, az 1/10 mm vastagságú már igen nagyinak számít. A „Mesa” tranzisztoroknál a germániumkristályok felületére kb.  $28 \mu$  szélességi méretű és néhány tized  $\mu$  vastagságú rétegekben párologtatják rá az ötvöző anyagokat. Ez a technika viszont hasonló a színes televíziós képernyők raszterének készítési technikájához. A félvezetőanyagok kutatási és gyártási metodikája tehát sok rokonvonást mutat fel a vákuumtechnikai iparéval, így könnyen érthető, hogy mindennél az első szakemberek, akik ezen a területen dolgoztak, zömmel a vákuumtechnikai iparból kerültek ki. Ma már azonban a félvezetőanyagok gyártása és alkalmazása olyan hatalmas területet kezd felölelni, hogy világszerte igen nagyszámú új erőt kell ebbe a munkába bevonni.

Az idevágó kutatás hazánkban is megindult. A Távközlési Kutató Intézetben PINTÉR János vezetésével Si-diódákat dolgoztak ki. A tranzisztorok kutatása a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Bródy Imre Laboratóriumában indult meg. Mi is először a kristálydetektorokhoz hasonló úntűs tranzisztorokat dolgoztuk ki, melyek első példányait 1954. V. 8-án mutatuk be az akkor megtartott Magyar Híradástechnikai Konferencián. Tűs tranzisztorok és diódák kidolgozása során különösképpen tűk kialakítására és a tű felületének megfelelő ötvözetekkel való bevonására vonatkozólag a magyar kutatók több szabadalmat jelentettek be. Ezután kezdődött meg a rétegdiódák és rétegtranzisztorok kidolgozása. Az 1958-ban megtartott Híradástechnikai Kiállításon már számos olyan készülék működött, amelyekben magyar rétegtranzisztorok és rétegdiódák találtak alkalmazást. Először a közép-frekvenciájú kisteljesítményű rétegtranzisztorokat és a közepes teljesítményű rétegdiódákat dolgoztuk ki, ezután került sor a végerősítő tranzisztorok kidolgozására, melyek alkalmazásával pl. a kiállításra 25 W hasznos kimenőteljesítményű kiváló hangvisszaadású stereofonikus erősítőt készítettek. Ezenkívül stereofonikus erősítő és sok más érdekes műszert, amelyek közül pl. az idei milánói nemzetközi vásáron már e sorozatban gyártott tranzisztoros hanggenerátor és tranzisztoros millivolt mérő került bemutatásra. Ezek az új, eddig külföldön sem ismert készülékek önálló, főleg VALKÓ Iván Péter, FISCHER Ferenc és KEMÉNY Ádám irányításával végzett kutatómunka eredményei. A HIKI elektroncsőlaboratóriumának dolgozói, a tranzisztorok kidolgozásában kezdetben dr. NAGY Elemér, dr. BODÓ Zalán, dr. BÁN Tamás és PÁSZTOR Gyula vettek részt, majd a technológiai kutatás vezetését dr. SZÉP Iván és az elméleti csoport vezetését dr. BODÓ Zalán vette át. Hathatós segítséget jelentett a tranzisztorok kidolgozásánál a Szovjetunió intézeteivel több alkalommal folytatott tapasztalatcsere. Az Egyesült Izzóban jelenleg

már folyamatosan gyártják FRIED Henrik és HUVÉ István vezetésével a fent említett tranzistorokat.

Ezen a területen azonban nem elegendő a tisztán ipari jellegű kutatás és az egyes produktumok gyártásának bevezetésére irányuló ipari fejlesztőmunka. Ha azt akarjuk, hogy a magyar ipar a félvezetőeszközök gyártása terén is megtartsa azt a jó híret, és pozícióját, amelyet a vákuumtechnikai és híradástechnika területén magának kivívott, szükséges, hogy az alapjelenségek megismerésére és a technológia alapját képező folyamatok kikutatására irányuló alapkutatást is folytassuk. Fontos, hogy a kutatás irányát úgy tűzzük ki, hogy a várható fejlődés során ne maradjunk el külföldi versenytársainkhoz képest. Ezt felismerve létesítette kormányzatunk 1958. I. 1-vel a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai Kutató Intézetét. Ezen intézet célja, hogy az ipari kutatás háttéréül szolgáló távlati alapkutatást végezzen. Felmerül a kérdés természetszerűleg, hogy várható-e ilyen fiatal, most induló intézettől, hogy olyan területen, ahol világszerte becslés szerint kb. 10 000 kutató dolgozik, egyáltalán érdemleges eredményeket elérjen. Nem lenne-e érdemesebb azt az energiát, amelyet erre a kutatásra fordítani kívánunk, inkább az ipar, vagy a tudomány más területén hasznosítani? A kérdésre csak egy felelet lehet. Ha nem akarjuk, hogy régi nagy hírű és az ország szükségletét kiváló termékkel ellátó, sőt termékeinek nagyrészét exportáló vállalataink fokozatosan elsorvadjanak, lépést kell tartanunk tudományos területen is a haladással. A tapasztalatcsere az valóban csere legyen, vagyis ne csak kapjunk, hanem tudjunk átadni is tapasztalatokat, sőt tudományos eredmények átvétele is csak úgy képzelhető el, ha van olyan tudományos gárda, amely ezen a területen már gyakorlattal bír és fel tudja dolgozni az esetleg máshonnan származó eredményeket. De semmiképpen nem indokolt az a pesszimizmus, hogy a magyar kutatók csak átvenni fognak és saját eredményeik nem lesznek. Az új Műszaki Fizikai Kutató Intézet már eddig is megmutatta életképességét, több új eredményről számolt be a balatonfüredi nemzetközi Fizikus Kongresszuson és az Acta Physica-ban, valamint az Acta Technica hasábjain. Ha munkáját jól megválasztott, szűk területre korlátozza, úgy azon nemzetközi viszonylatban is lényeges és új eredményeket tud majd elérni.

# MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÁSOK NÉPGAZDASÁGI JELENTŐSÉGE A MŰLTBAN ÉS ANNAK JÖVŐBENI PERSPEKTÍVÁJA A VÁKUUMTECHNIKAI IPAR TERÜLETÉN

(II. ELEKTRONCSŐ)

WINTER ERNŐ  
akadémikus

## Bevezetés

A műszaki fizikai kutatások a híradástechnikai iparon belül az elektroncsőipar területén bírtak a legnagyobb fontossággal. A magyar rádiócsőipar nem kapott sehonnan segítséget és nem számíthatott segítségre. Mindenütt olyan versenytársakkal állott szemben, akik minden indulási törekvést már csírájában el akartak fojtani. Nem voltak hajlandók tapasztalatcsere-, licenciaszerződést kötni és nem adtak szabadalmaik használatára jogosító engedélyt. Magunkra utalva, saját erőnkéből kellett olyan kutatási eredményeket felmutatni, amelyek alkalmasak voltak megegyezés kikényszerítésére.

Az elektroncsőipart érintő hazai műszaki fizikai kutatások, illetve kutatási eredmények négy nagy csoportra oszthatók.

- 1) *Elektronemissziós kutatások, illetőleg az izzókatódok gazdaságosságának, és elektronemissziós állandóinak megjavítására irányuló munkák.*

A fejlődés első éveiben ezek a kutatások voltak a legfontosabbak, mert az elektroncsövek minőségét ebben az időszakban elsősorban a katód tulajdonságai szabták meg.

- 2) *Az elektroncsövek tulajdonságainak javítása az elektródarendszer cél-szerű kialakításának segítségével*

- 3) *Elektroncső konstrukciók*

- 4) *Elektroncső technológiai kutatások*

### 1) Elektronemissziós kutatások

- a) *Báriumkatódok, báriumcsövek*

1926-ban elkerülhetlenné vált az elektroncsövekben használt izzókatódok működési hőmérsékletének csökkentése. Ez szükséges volt a csövek fűtőenergiafogyasztásának csökkentése, a csövek erősítésének növelése és a hálózati árammal izzítható közvetett fűtésű katódok műszaki előfeltételeinek megteremtése céljából.

A kitűzött cél megvalósíthatónak látszott a WEHNELT által 1904-ben felfedezett oxidkatódok segítségével [1].

WEHNELT megállapította, hogy a földalkálifémek oxidjai már aránylag kis hőmérsékleten (800–1000 C°) bőséges elektronemissziót adnak. Katódja platinahuzal volt és erre valamilyen módon földalkálifémek oxidjainak rétegét vitte fel.

A Wehnelt-katód előállítása nem látszott problematikusnak: fel kell vinni valamilyen nagy olvadáspontú fémhuzalra az alkáliföldfémek egy vagy több oxidjának rétegét. A réteg felvitele az oxidok nedvesség és szénsavérzékenysége miatt az alkáli földfémek olyan vegyületeinek alakjában történhetik, amelyek levegőn nem változnak és izzítással oxiddá alakíthatók át. Ilyenek a karbonátok, oxalátok, nitrátok, stb. Várható volt, hogy a felsorolt vegyületek oxiddá alakításuk után — az eredeti Wehnelt-féle megfogalmazás szerint — a már említett kis hőmérsékleten jelentős elektronemisszióval fognak rendelkezni.

A kísérletek a várakozásokat nem igazolták. A rétegek, amelyek akkori kémiai szemléletünk szerint alkáli földfémek tiszta oxidjai voltak, a kívánatos kis hőmérsékleten gyakran nem adtak elektronemissziót, máskor pedig az elektronemisszióban nagyságrendi szórásokat állapítottak meg.

Az oxidkatód reprodukálható készítésének megoldása az elektronika és rádiótechnika kulcsproblémája lett. A megoldás céljából az összes nagyvállalatok laboratóriumai intenzív kutatásokat indítottak. A hollandiai Philips-vállalat laboratóriuma G. HERTZ Nobel-díjas fizikus közreműködésével kidolgozta a báriumazidos eljárást oxidkatódok előállítására [2]. Ennek lényege az, hogy a báriumoxidból álló emissziós réteget a katódhuzalként használt wolframon fémbáriumról és oxigénből állították elő. A fémbáriumot a kereskedelmi forgalomban akkor még nem vásárolható báriumazidból kapták, az oxigént pedig a wolframhuzalra galvanikusan felvitt s utána oxidált rézréteg szolgáltatta. A báriumazidot a cső anódjára vitték fel, koncentrált vizes oldat alakjában. A báriumazid a vákuumban 170 C°-on báriumra és nitrogénre esik szét. Az anódon visszamaradó báriumot evakuálás után a vákuumtechnikai iparban használatos nagyfrekvenciás izzítással elpárologtatták. Annak egy része a wolframhuzalon kondenzálódott, ott a rézoxidot redukálta és báriumoxid és fémréz keletkezett. Utóbbi a katód óvatos felizzításával elpárologtatták.

Az azidos eljárással készített oxidkatód tehát wolframhuzal volt, amelynek felületén vékony báriumoxidréteg ült.

Az azidos eljárással készült csövek 1926-ban a világ legjobb rádiócsövei voltak. Legkisebb volt a fűtőáramfogyasztásuk, legnagyobb volt az emissziójuk és meredekségük. Olyan emissziós adatokkal rendelkeztek, amelyeket az oxidkatódoktól optimálisan várni lehetett. Megjelenésükkel a thorium-katódjű csövek eladhatatlanokká váltak.



Az alig megindult kicsiny magyar rádiócsőgyártás csak thoriumos csöveket tudott gyártani. Az azidos eljárás reprodukálására az Egyesült Izzó különböző laboratóriumaiban elindított kísérletek nem vezettek eredményre. A sikeres reprodukció sem hozta volna meg a megoldást, mert erős szabadalmak védték az eljárást és a 20-as évek dekonjunktúrájában a nagyvállalatok késhegyre menő harcot folytattak egymással.

1926 őszén rendelések hiányában már megállt a magyar rádiócsőgyártás. Ekkor dr. CZUKOR Károly, a rádiócsőgyártás akkori vezetője és e sorok írója, PINCZÉS Géza az eddig élt legkiválóbb magyar üvegfúvó közreműködésével kutatásokat indítottak kis hőmérsékleten működő izzókatódok kifejlesztésére, melyek segítségével a Philips-cég csöveivel legalább egyenértékű csöveket lehetséges előállítani, és amelyek nem sértenek idegen szabadalmakat. Alapelvek tekintettük, hogy jó oxidkatód úgy nyerhető, ha a báriumoxidréteget vákuumban elemeiből állítjuk elő, mert csak így kerülhető el mérgező hatású melléktermékek keletkezése.

Mindenekelőtt szükséges volt a báriumazidotól független fémbáriumforrás felkutatása. Báriumforrásként először báriumötvözetek alkalmazását vettük fontolóra. (1926—27-ben báriumötvözetek nem voltak ismeretesek és így nem is voltak kereskedelmi forgalomban vásárolhatók.)

Báriumötvözeteket több úton állítottunk elő:

a) Elektrolizáltuk báriumklorid és báriumfluorid keverékének ömledékét, az ötvöző fémet katódként kapcsolva.

b) Redukáltunk báriumoxidot különböző fémekkel, magnéziummal, alumíniummal, szilíciummal és a salakszerű reakciótermékekből tömör báriumötvözeteket készítettünk. Az egyik módszer szerint a reakcióterméket az ötvözőfém feleslegével sóolvadék alatt, a másik szerint nitrogénmentes argonatmoszférában olvasztottuk össze. Ilyen módon a világon elsőnek állítottunk elő tömör báriumötvözeteket, kissé módosított eljárással tömör fémbáriumot és elsőnek alkalmaztunk aktív fémek olvasztásánál nemesgázatmoszférát.

A katódot először bárium és magnézium ötvözetének felhasználásával kívántuk előállítani. Magfémként 5% nikkelt tartalmazó platinahuzalt alkalmaztunk, mert ez a pasztakatódoknál általánosan használatos volt és így rendelkezésre állott. Az első kísérleteket tájékoztató jellegűeknek tekintettük és ezért nem vittünk fel a magfémre redukálandó oxidréteget.

A kísérletekből kapott tapasztalatok a következőkben foglalhatók össze:

a) A bárium-magnézium ötvözetből izzításkor túlnyomólag magnézium párolog ki. Ez a búra falán tükröt képez és a nagyfrekvenciás izzítást a későbbiekben lehetetlenné teszi. A tiszta ötvözetből kipárolgó bárium mennyisége elhanyagolhatóan kevés és ezért ilyen ötvözetek felhasználásakor a platina-nikkelt dróton elektronemissziót nem lehetett észlelni. Észrevehető mennyiségű bárium csak akkor párologott ki az ötvözetből, ha utóbbi a fémkomponensek mellett nem redukált báriumoxidot is tartalmazott. Ekkor a  $BaO + Mg =$

= MgO + Ba exoterm termitreakció fejlesztette addicionális hő az ötvözetből külső hevítés nélkül is kipárolgotatott bizonyos bárium mennyiséget.

b) Az a) pontban ismertetett tapasztalatokat hasznosítottuk, és ötvözet helyett porított báriumoxid és fémmagnézium keverékéből sajtolt tablettákat használtunk. Ekkor a tablettából a reakcióhő hatására annyi bárium párologott ki és jutott a Pt-Ni huzalra, amennyi a katód kellő elektronemisszióját biztosította. Ilyen módon emisszió szempontjából az azidos katódokkal körülbelül egyenértékű katódokat tudtunk készíteni.

c) A b) pontban ismertetett tablettával Pt—Ni huzalon készült katódok teljesen fémes kinézésűek voltak, rajtuk sem oxid, sem egyéb réteg nem volt látható. Oxigénben felhevítve emissziójukat már kis hőmérsékleten elvesztették. Megállapítottuk, hogy a báriumfém a platinával ötvözetet alkot, tenziója ennek folytán olyan kis értékre csökken, hogy a katódról csak lassan párolog el és ezért a katód élettartama kielégítő volt. A beötvözött bárium a huzal belsejéből a felületre diffundál, az onnan elpárolgott báriumot pótolja, ott atomos réteget alkot. Így tehát Ba—Pt rendszernek megfelelő katód keletkezett.

d) A korábbi pontok tartalmából látható, hogy fémbáriumkatódot állítottunk elő, amelynek emissziója olyan jó volt, mint a nagyon jó oxidkatódoké. A fémbárium réteg oxidálás, tehát báriumoxiddá alakítás folytán emisszióját veszíti. Ebből pedig az következett, hogy az oxidkatód eredeti Wehnelt-féle megfogalmazása — mely szerint az alkáli földfémek oxidjai rendelkeznek az észlelt nagy elektronemisszióval — nem helytálló és mindenképpen korrekcióra szorul. Kémiaileg földalkálioxidból álló rétegek nem jól emittálnak. Kísérleteinkből arra következtettünk, hogy a báriumfémnek vannak jó emissziós tulajdonságai és az aktív oxidkatódban is kell fémbáriumnak jelen lenni. Ezt a feltevést néhány hónappal később kísérletileg is igazoltuk.

e) A redukciós tablettából az első izzítás után a Pt—Ni huzalra kerülő báriumfém mennyiség kevés volt és a drótnak csak kis kezdeti emissziót adott. A hiányzó bárium mennyiségeket ionvándoroltatás útján vittük a drótra. A katódot névfeszültségnél nagyobb fűtőfeszültségen fűtöttük, az anódra és rácsra 120—150 Volt pozitív feszültséget kapcsoltunk, az anód és rácskörbe korlátozó ellenállásként izzólámpákat iktattunk be. A kezdeti emisszió elektronjainak bombázó hatására a tablettá báriuma párologni kezdett, a bárium ionizálódott, és az ionok a bárium jellemző zöld fényének kisugárzása mellett a katódra vándoroltak és ott lerakódtak.

Az 1927 január elején kezdett kísérletek ugyanazon év márciusában vezettek az ismertetett eredményre.

A Ba—Pt katóddal kidolgoztuk a P415, P410, G408, R408 csőtípusokat. Ezeket a csöveket báriumcsöveknek neveztük el. Az elért eredmények tudományos jelentősége az volt, hogy választ adtunk egy akkor már 25 éve nyitott



kérdésre: miért aktívak elektronemisszió szempontjából egyes báriumoxid-rétegek és miért nem aktív minden olyan báriumoxidréteg, amelyek az akkori kémiai ismeretek szerint azonosak voltak az aktív rétegekkel?

Közvetlenül a báriumcsövek forgalombahozatala előtt a napilapokban egy közlemény jelent meg:

„A Wehnelt-katódától a báriumkatódáig” címmel [3].

A közlemény a katód készítésére vonatkozó műszaki részleteket nem tartalmazott, ezt a kapitalista gazdálkodás nem engedte meg. A legteljesebb e tárgy körüli irodalmi összeállítást tartalmazó munka (HERMANN—WAGNER: Die Oxydkathode) három irodalmi helyet idéz, amelyek felvetik a fölös fémbárium szükségességének gondolatát az aktív oxidkatódban [4], [5], (6). Ezek közül W. ESPE cikke későbbi keletű, mint a mi szabadalmi bejelentéseink, a másik két közlemény nem tartalmaz közvetlen bizonyítékokat.

Az ismertetett eredményekre két szabadalmat kaptunk [7], [8]. Az első a báriumkatódok készítésére a báriumötvözetek [7], a másik báriumoxid és fémes redukáló anyagok keverékének alkalmazását helyezi szabadalmi védelem alá.

Tudományos érdekességük ellenére a Ba—Pt katódokat fel kellett adni. A tartós vizsgálatok során nagy hányadban fordultak elő katódhuzal szakadások és a megejtett vizsgálatok azt mutatták, hogy a platina a beötvözött bárium hatására törékennyé vált. Emiatt a platinát wolframmal kellett helyettesíteni.

A wolfram nem ötvöződik a báriummal, a bárium gőztenióját nem csökkenteni, vele tehát fémbárium filmkatódák nem készíthetők. A wolframra fel párolgatott fémbáriumfilmek arról a katód működési hőmérsékletén másodpercek alatt elpárolognak.

A wolframon tehát csak oxidkatódot lehetett készíteni és a fémbárium nagy gőztenióját báriumoxidon történő adszorpcióval kellett csökkenteni a szükséges mértékre. Mindez azt jelentette, hogy a wolframhuzalon báriumoxidréteget kell létrehozni fémbáriumtól és oxigéntől.

Az oxigénforrást úgy biztosítottuk, hogy a huzalon kék wolframoxidréteget ( $W_4O_{11}$ ) állítottunk elő a drótnak megfelelő összetételű gázatmoszférában történő oxidálása [9] vagy jól redukálható wolfram vegyület elektrolitós leválasztása útján [10]. Báriumforrásként a már ismertetett redukációs tablettát akartuk felhasználni.

A BaO + Mg redukációs tablettá felhasználása nem vezetett eredményre. Megállapítottuk, hogy ez a tablettá nem ad elég báriumot, és pedig azért nem, mert a kipárolgó magnéziumból a búra falán képződő fémtükör megakadályozza a tablettá további nagyfrekvenciás izzítását. A Ba—Pt katódnál a kis mennyiségű kipárolgott bárium mint fém oldódott a platinában, nem szenvedett semmiféle kémiai átalakulást, tehát kis mennyiség esetében is rendelkezésre állott az emisszióhoz szükséges szabad fémbárium. A wolframoxidré-

tegnél azonban a drót felületén meghatározott mennyiségű  $W_4O_{11}$  volt jelen és a katód előállításához legalább annyi báriumra volt szükség, amennyi ezt a  $W_4O_{11}$  mennyiséget báriumoxiddá és fémwolframrá tudta átalakítani. Az át nem alakított  $W_4O_{11}$  mint báriumfogyasztó katódméreg viselkedett és az emissziós aktivitáshoz szükséges fémbáriumot nem engedte keletkezni, illetőleg a keletkezőt eloxidálta. Bőségesebb báriumforrásra volt tehát szükség. Ilyenhez két úton jutottunk el:

a) A BaO redukálására használt magnéziumot alumíniummal helyettesítettük (az alumínium nem párolog az anód gáztalanításánál és nem ad alumínium tükröt);

b) A redukciós keveréket a csőbeszerelés előtt vákuumban izzítottuk. Ekkor a reakció végbement és a magnézium túlnyomó része elpárolgott. A kapott reakciókeverékből sajtoltunk tablettákat [11].

Ennek a báriumforrásnak a létrehozásával az oxidkatódról alkotott eleméletnek megfelelően a kék wolframoxiddal bevont wolframhuzalok, illetőleg nikkelesövecskék aktiválhatók voltak és kitűnő oxidkatódokat eredményeztek. Terhelhetőségük, túlfűthetőségük lényegesen jobb volt, mint az azidos katódoké. A katódok készítésénél a bárium ionok vándoroltatását még nagyobb mértékben alkalmaztuk, mint a Ba-Pt katódoknál. Erre különösen akkor volt szükség, amikor a báriumtabletta a katódtól távol volt, az anód nem vette körül a rácsot és így külső körülmények nem kényszerítették a báriumgőzöket arra, hogy a katóddrótokra csapódjanak le. Az ionvándoroltatásnak korábban leírt módszerét annyiban változtattuk meg, hogy a bekapcsolás után az anódot, vagy a báriumforrást tartalmazó más fémalkatrészt nagyfrekvencián izzítottuk. Ekkor 10—20 másodperc alatt kellő mennyiségű báriumion keletkezett és megindult az ionok vándorlása a katód felé. Kb. 30 másodperc után a kisülés önfenntartóvá vált s ekkor a nagyfrekvenciás izzítást meg lehetett szüntetni. Öt perc alatt vándorolt annyi báriumfém a wolframhuzalra, amennyi a kék wolframoxidréteg redukációjához sztöchiometriailag szükséges volt. Az ionvándoroltatás (formálás) után a katódokat egy percig 50%-os túlfeszültséggel anódfeszültség nélkül izzítani kellett s ekkor érték el a katódok a maximális emissziót.

Megállapítottuk, hogy ennél a kezelésnél a kék wolframoxidból keletkezett fémwolfram redukálja a báriumoxidot fémbáriumra és így pótolja a formálás alatt bekövetkező fémbáriumvesztéséget. Ezzel felfedeztük az oxidkatód redukciós aktiválását (1927. december). Feltevésünket később a kipárolgó bárium kémiai kimutatásával makroszkopikusan is igazoltuk.

A fémgőzös eljárás még egy változatával sikerült wolfram oxidkatódokat készíteni. Az eljárás lényege az volt, hogy a csőben egyidejűleg báriumgőzt és oxigént állítottunk elő, utóbbit mangánperoxidból. A báriumgőz már a vákuumban átalakult báriumoxiddá és mint ilyen rakódott le a wolframhuzalra [12]. Az eljárást gyakorlatban nem alkalmaztuk. Hasonló eljárást

alkalmaztak másutt később magnéziumoxidrétegek készítésére, szekunderemissziós felületek előállítása céljából.

Az ismertetett, részünkről kidolgozott oxidkatódok kidolgozásuk idejében a világ legjobb oxidkatódjai voltak. Ilyen katódokat tartalmaztak a világhírű P414, L414, PP415, PP430, LD409, P4100, G407, G409 stb. csőtípusok. Említésre érdemes még, hogy a katód kidolgozására irányuló kísérletek 1927 januárban kezdődtek, 1927 decemberében befejeződtek és 1928 márciusában már a gyártás megindult. Egy év leforgása alatt dokumentáció, irodalom, tapasztalatcsere, licencia nélkül kidolgoztunk több lépcsőben egy merőben új, senki részéről nem ismert eljárást, amelynek segítségével minden addiginél jobb minőségű rádiócsöveket lehetett gyártani. Megállapítottuk az eljárás egész bonyolult gyártási módját, munkamenetének minden lépését és több abban az időben jelentős tudományos felismerésre tettünk szert. Megalapoztuk — mondhatjuk megalapítottuk — a magyar rádiócsőipart és kiverekedtük a magyar rádiócsőipar helyét a nap alatt.

Eljárásunkat a rádiótechnika területén jelentős helyet elfoglaló német világceg, a Telefunken is használta. Nem állítom, hogy az eljárást tőlünk vette át, de tény, hogy a mi szabadalmi bejelentésünk korábbi keletű és Németországban is mi kaptuk meg a szabadalmat.

Az Egyesült Izzó többrácson csöveinél alkalmazta a Telefunken tulajdonában levő Schottky-féle védőrácson szabadalmat. A Telefunken az Egyesült Izzó ellen pert indított és a magyar bíróság megállapította a védőrácson szabadalom jogellenes használatát. A Telefunken hatalmas kártérítést követelt, amit egy választott bírósági döntés a mi báriumkatód szabadalmunk használatáért járó kártérítéssel egyenlített ki.

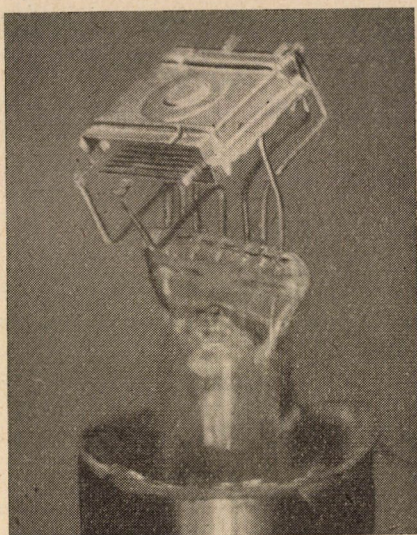
Az elmondottakból megállapítható, hogy az oxidkatódok kutatásában több ponton tudományos felismerések tekintetében is élenjártunk. Az üzleti szellemnek és a kapitalista felfogásnak tulajdonítható, hogy eredményeinket nem publikálhattuk a szükséges mértékben.

Az 1. ábrán bemutatom egy báriumgőz-eljárással készült cső elektróda-rendszerének fényképét. Az anódon látható kerek benyomás a redukációs báriumtabletta helyét mutatja. A 2. ábra egy Hollandiában — ottani működésem alatt — kidolgozott árnyékolt rácsú cső elektróda-rendszerének fényképét mutatja. Ennél az anóda nem veszi körül a katódot és a szükséges bárium-mennyiségnek katódrajuttatása, csak ionvándoroltatással volt lehetséges. (Ennek a csőnek a mereedsége és így erősítése is 100%-kal nagyobb volt, mint a megfelelő Philips csőtípusé.)

b) *Termikus rácsemmisszió és rác-szekunderemisszió megszüntetésére irányuló kutatások (1931—1932—1938).*

A közvetett fűtésű, valamint egyéb, nagyterhelésű elektroncsöveknél jelentkező egyik súlyos zavarójelenség a termikus rácsemmisszió és a rác-szekunderemisszió. Utóbbi főleg adócsöveknél kellemetlen.





1. ábra Báriumkatódos trióda



2. ábra. Báriumkatódos árnyékolt rácsú cső. Az anódok zárt félhenger alakúak, a nagyfrekvenciás felizzíthatóság céljából, a katódot nem veszik körül

A rácsemisszió megszüntetésére irányuló kísérletek az alábbi felismerésekhez vezettek: Megállapítottuk, hogy:

a) Az aktív anyag (bárium) párologás útján kerül a rácokra.

b) Ez csak akkor okoz rácsemissziót zavaró mértékben, ha a rácson előzőleg, — esetleg csak atomos-oxigénhártya van jelen.

c) Nemesfémbevonatok (ezüst, arany) a rácson megakadályozzák az oxigénhártya keletkezését, mert ezek oxidjai vákuumban már kis hőmérsékleten elbomlanak, ezért a nemesfémbevonatok nagyon hatásos ellenszerei a rácsemisszióknak.

d) Megállapítottuk, hogy a rác szekunderemissziót is a rácson levő oxidhártya idézi elő. A rácnak nemesfémbevonattal történő ellátása a szekunderemissziót megszünteti és megakadályozza az oszcillációnak „Durchstossen” néven ismert leszakadását (015/400, 0,75/1000, 0,40/1000).

e) Az észlelt jelenségekből megállapítottuk az oxidkatódok emissziós mechanizmusát: A kis kilépési munka eléréséhez az emissziós bevonatban báriumoxid és fémbárium egyidejű jelenlétére van szükség.

A rácok bevonása nemesfémmel a rácsemisszió megszüntetése céljából teljesen magyar találmány. Segítségével kiváló, a külföldieknél sokkal jobb adócsöveket lehetett előállítani. Az eljárást ma is alkalmazzák az egész világon, különösen kényes, kis katód-rács távolsággal bíró csöveknél [13], [14].

Itt kívánok kitérni arra a felismerésre, hogy a wolfram és molybdén kilépési munkája a kovasav hatására megnő. Megállapítottuk, hogy a wolfram felületén wolframszilicid keletkezik [15].

Ezzel rokontermészetű volt az a megállapításunk, hogy a cirkonnal bevont rácok rácsemissziója kisebb lett, illetőleg kilépési munkája megnőtt, ha a cirkonrétegre kovasavréteget vittünk fel és a rácot nagy vákuumban izzítottuk [16]. A rác izzítása után a felületén cirkonszilicid képződését állapítottuk meg.

### c) *Karbonátkatódok*

A fémgőzös báriumkatódoknak kitűnő emissziós tulajdonságaik voltak. Hátrányuk volt, hogy színük sötét volt, közel állott a fekete test színéhez. Emiatt termikus hatásfokuk rosszabb volt, mint a fehér pasztakatódoké. A működési hőmérsékletre való felmelegítéshez a fémgőzös katódoknál 5,5 W/cm<sup>2</sup>, a pasztakatódoknál 1,8–2 W/cm<sup>2</sup> teljesítményre volt szükség.

A jobb termikus hatásfokra való tekintettel célszerűnek látszott mind a közvetett-, mind a közvetlen fűtésű katódoknál áttérni a karbonátkatódra. Mindenekelőtt azt kellett megállapítani, hogy milyen tényezők akadályozzák, hogy a pasztakatód emissziós állandói azonosak legyenek a fémgőzös katódok emissziós állandóival.

A fémgőzös eljárás tapasztalataiból kiindulva megállapították, hogy a földalkáloxiidokat a klasszikus oxidkatódoknál (Wehnelt-katód) is vákuumban kell előállítani, nem a fémből és oxigénből, hanem a megfelelő vegyületek-

ből. A földalkálikarbonátokat nemcsak nem kell, de nem is szabad a csövön kívül oxiddá elbontani, mert ennél a munkameneti lépésnél keletkeznek azok a melléktermékek (főleg a magfémeknek, a levegő oxigénjének, a felszabaduló gázok kölcsönhatásának eredményeként), melyek a katódokat mérgezik, emissziójukat, élettartamukat rontják. A karbonátokból a szivattyúzás alatt történő izzítás alkalmával felszabaduló gázoktól nem kell félni, azokat a szivattyú elszívja. Nem bizonyult helyesnek H. ROTHE [5] azon állítása, hogy az oxidkatódok nem gáztalaníthatók teljesen.

A karbonátkatódokat segítség és dokumentáció nélkül dolgoztuk ki, de nem mi fedeztük fel azokat. A karbonátkatódoknál magfémként nikkelt kezdtek alkalmazni olyan kis mennyiségű ötvözőkkel (szilícium, magnézium), amelyek a báriumoxidot fémmé tudják redukálni és így a karbonátokból keletkező oxidot aktívvá teszik.

A közvetlen fűtésű csöveket Európában mi gyártottuk először karbonátkatódokkal (1932). A többi európai csőgyár csak 1935-ben tudott erre a katód-típusra áttérni. Az összes régi, a piac részéről még igényelt csőtípusainkat átalakítottuk karbonátkatódos kivitelre, minek folytán azok meredeksége és teljesítménye jelentősen megnőtt és így lényegesen jobbak lettek, mint versenytársaink megfelelő csőtípusai. Utánpótlás céljára a közönség főleg a nálunk gyártott csöveket vásárolta.

Nagyobb szilárdsága miatt közvetlen fűtésű katódoknál a wolfram jobb magfém, mint a nikkelt. Hátrányai: könnyebb kémiai megtámadhatósága, közbeeső rétegek keletkezése. Utóbbiak gátolják a földalkálioxidok fémmé redukálását és ezzel a katód kiaktiválódását. A problémák megoldásának különböző fázisait a [17], [18], [19] alatt idézett magyar és külföldi szabadalmak jelzik. Mindhárom szabadalom a wolframdrótnak az emissziós anyaggal történő hideg bevonását védi. A szabadalmakban, főleg a [19] alatt idézettben leírt módszerrel nagyon jó wolframos oxidkatódokat tudunk előállítani. Ilyen katódokkal készültek a K-széria csövei, a KF3, KF4, KK2, KC1, KC3, KL4 stb. csőtípusok. Ezekkel a magyar iparnak nagy sikerei voltak. A svájci hadsereg hordozható adó-vevő készülékei ilyen csövekkel dolgoztak. Ez a tény, a svájci hatóságok és egyéb svájci fogyasztók nagy minőségi igényességét tekintve nagy jelentőséggel bírt és kihatással volt nem hatósági jellegű csőeladásunkra is (1935–39).

A wolframmagfémű oxidkatódok fejlesztésének második fázisában a 8–11 mikron átmérőjű magdróttal bíró oxidkatódok kutatása fejeződött be (1939–1944). Ezek fűtőfeszültsége 1,25 V, fűtőárama 25–10 mA volt. Ezekre a csövekre azért volt szükség, hogy a csövek katódáinak izzítása egycellás száraz elemmel legyen ellátható. A csövek elektromos adatainak változatlanoknak kellett maradniuk.

A katódok felülete olyan kicsiny volt, hogy a cső működéséhez szükséges elektronáram a kielégítő élettartammal a katódból egyáltalában kivehető



elektronáram nagyságrendjébe esett. A K-csövek részére kidolgozott katód ezeknél az ún. D-csöveknél már nem felelt meg.

Ennél a feladatnál a problémák sokaságát kellett megoldani. Új bevonási módszerre volt szükség (elektroforézis), meg kellett javítani az emissziós réteg minőségét és megállapítottuk, hogy a wolframdrótok addig szokásos tisztítása és kezelése ezekhez a katódokhoz nem volt megfelelő. A kutatómunka felismeréseit a következő szabadalmak szövegei tartalmazzák:

1. A [20] alatt idézett szabadalom szerint a követelményeknek megfelelő katódok emissziós rétegét alkotó földalkálikarbonátokat nem szabad az addig szokásos módon golyósmalomban őrölni a szükséges 2–3 mikron szemcse nagyság elérése céljából. A karbonátok előállítására szolgáló módszereket kellett úgy kialakítani, hogy a karbonátok a kataforézishez szükséges szemcse nagyságban keletkezzenek.

2. A [20] alatt idézett szabadalom leírása tartalmazza azt a felismerést is, hogy a hármaskarbonátok előállításánál helytelen munkamenet következtében különböző összetételű elegykristályok keletkezhetnek. Ezek elektroforetikus leválási készsége különböző és a szuszpenzióból a drótra leváló réteg összetétele nem azonos szükségképpen a szuszpenzióban lebegő karbonátok összetételével. A réteg összetétele az elektroforézis időtartamával változik.

3. A [21] és [22] alatt idézett szabadalmak tartalmazzák azt a kísérletek közben kapott felismerést, hogy a húzott wolframdrót felülete a szokásos lúgos tisztítás után nem elég aktív. A drótok külső kérgének eltávolítása, lemarása szükséges ahhoz, hogy wolframon jó oxidkatódokat lehessen előállítani. A szabadalom három módszert javasol a drót lemarására. (Lúgos vörös vérlúgsóoldat, krómkénsav-oldat 100 C<sup>0</sup>-on, elektrolitikus marás nátriumhidroxidoldatban.) A szabadalom szerint tisztított drótok jobb emissziót, gyorsabb aktiválódást és lényegesen jobb termikus hatásfokot eredményeztek. (1,25 V — 56 mA, 3,6 hideg-meleg ellenállásviszony helyett 1,25 V — 47 mA, — 3,8–3,9 hideg-meleg ellenállásviszony.) Az ismertetett módszerekkel a drótok átmérője 11,5 mikronról 8 mikronra volt csökkenthető és lehetséges volt jó emissziós adatokkal bíró 10–12 mA fűtőáramú csövek előállítása.

Telepes csöveink már a fejlődésnek ebben a szakaszában a világ legjobb telepes csövei voltak. Köszönhető volt ez az emissziós réteg lényegesen megjavított minőségének és a drót felületi rétege lehántolásának. A D-csövek kidolgozására irányuló laboratóriumi munka 1939 szeptemberében kezdődött, a gyártás 1940 februárban már folyamatban volt.

4. A [23] alatt idézett szabadalom azt a további fontos felismerést tartalmazza, hogy a maximális emisszió eléréséhez, illetőleg a csúcsáramok stabilitásának biztosításához ajánlatos a földalkálikarbonátok készítése közben védőközeget alkalmazni. Megállapítottuk, hogy a karbonátszemcsék felületét nagyon tisztán kell tartani, illetőleg a felületen olyan anyagokat kell adszorbeáltatni, amelyekből izzítás során földalkálioxidok keletkeznek. A felület el-

szennyeződése a levegőből felvett idegen anyagok adszorpciója (főleg a világítógázból keletkezett kéndioxid adszorpciója), vagy a malomban történő őrlés folytán következhetik be. A karbonátok védőközeges készítésénél a mosás dekantálással történt, a megfelelő tisztaság elérése után a vizet a karbonátpasztából többszörös metanolos mosással szorítottuk ki és végül a metanol-nedves karbonátokat a kataforézis céljára szolgáló izobutilalkoholba vittük át. A karbonátok felületét készítés közben állandóan folyadékréteg védte. A szabadalomban leírt eljárás szerint készített szuszpenzióval gyártott katódok csúcsárama 1000 órás üzem után sem mutatott csökkenő tendenciát.

5. A 4. pontban ismertetett gondolatmenetet tovább mélyítettük. A karbonátszemcsék felületét még nagyobb mértékben kívántuk idegen anyagoktól mentesíteni és ezért a kicsapási módszert úgy választottuk, hogy viszonylag nagy szemcsék keletkezzenek. (Felület pro tömeg egység kicsiny legyen.) Ezeket a nagy szemcséket izobutilalkoholban szuszpendálva ultrahang őrléssel hoztuk az elektroforézishez szükséges szemcsenagyságra. A nagy szemcsék aprítása alkalmával sok friss szabad felület keletkezik, amelyek semmiféle felületen adszorbeált anyagot nem tartalmaznak. Az ultrahang őrlés tehát lehetővé tette, hogy tiszta szabad felületek keletkezzenek, anélkül, hogy az anyag a szuszpendáló folyadékban kívül más idegen anyaggal érintkezésbe került volna. Az így kapott szuszpenziók mind kataforetikus bevonás, mind emissziós tulajdonságuk szempontjából kimagaslóan jók voltak [24].

6. Ezeknek a katódoknak a fejlesztésében az utolsó jelentős lépés egy speciális anyagösszetétel felfedezése volt. A száraz telepről fűtött csöveknél a telep feszültségének ingadozása következtében olyan csövek kívánatosak, amelyek 1,5–1,6 V fűtésnél jó élettartamúak, emissziós rétegük tehát kevéssé redukálódik és kevéssé párolog és 0,9 V fűtésnél még kielégítő elektromos adatokkal bírnak. A kitűzött célt egy 2 mól  $\text{BaCO}_3$  : 1 mól  $\text{SrCO}_3$  : 2 mól  $\text{CaCO}_3$  összetételű emissziós anyaggal sikerült elérni [25].

Ennek és a korábbi öt pontban röviden vázolt felismeréseknek a segítségével a világ kimagaslóan legjobb teleses rádiócsöveit sikerült előállítani. Ezt az állítást a legjobban az a tény igazolja, hogy sikerült az amerikai teleses rádiócsőszériát a cső erősítésére jellemző adatok változatlanul tartása mellett a külföldiekénél sokkal jobb minőségben, 50%-kal csökkentett fűtőteljesítménnyel gyártani. Ezekből a csövekből Magyarország a második világháború után a hazai felhasználáson túlmenően legévi több millió darabot exportált (25 A).

#### d) Készletkatódok

A teljesség kedvéért megemlékszem még a készletkatódok kutatásában elért eredményekről. A közönséges oxidkatódok minőségét sikerült annyira fejleszteni, hogy alkalmassá lettek mikrohullámú csövekben, pl. soküregű magnetronokban, nagy feszültségen működő, nagy csúcsáramú ún. pulser-csővekben való felhasználásra.

1949–52-ben kidolgoztunk egy 250 kW és egy 1500 kW csúcsteljesítményű 10, illetve 8 cm hullámhosszon működő soküregű magnetront. Ezeknek a munkáknak elmélyítéseként reprodukáltuk és minőségben megjavítottuk a külföldön felfedezett ún. L-katódokat. Az L-katódok működési mechanizmusát elemezve, kidolgoztunk egy ún. migrációs készletkatódot, amely a későbbi vizsgálatok során ideális magnetronkatódnak bizonyult [26], [27].

Az eredeti L-katódok továbbfejlesztése során is több szabadalmat nyertünk [28], [29], [30], [31].

## 2) Elektroncsövek tulajdonságainak javítása, az elektródarendszer célszerű kialakításának segítségével

Az Egyesült Izzó Elektroncsőlaboratóriuma nem korlátozta magát csak katódkutatásra. A kutatás során több érdekes és értékes csőkonstrukciót is kialakítottunk. Ilyenek voltak:

### a) Kettős vezérlésű, többrácsos végerősítőcsövek (1930)

A 30-as évek elején a pentódák a végerősítő fokozatban a triódákat kiszorították. A triódák 20–25%, a pentódák 40–45% hatásokkal dolgoztak, és így a pentódák mellett a triódák eladhatatlanokká váltak. A pentódát nagyon erős szabadalmak védték, gyártásuk a magyar ipar számára nem jöhetett számításba.

A többrácsos csövek működési mechanizmusának, valamint a csövek tulajdonságaival szemben támasztott követelmények tisztázásával sikerült megteremteni a pentódákkal mindenben egyenértékű kettős vezérlésű végerősítőcsöveket és így sikerült a magyar rádiócsőgyártás útjából a legnehezebb, prohibitívnek nevezhető akadályt elhárítani. A kutatómunkánál a következő felismerésekre tettünk szert:

A többrácsos csöveknél a Schottky-féle védőrács két feladatot tölt be:

a) Növeli a belső ellenállást és a rácsfeszültség anódáram karakterisztikát a negatív rácsfeszültség területére tolja. Csökkenti ezenkívül a rács és az anód közötti kapacitást.

b) Végerősítőcsöveknél csak az első effektus fontos, nagyfrekvenciás csöveknél mindkettő.

c) A fékezőrács menetemelkedése olyan nagyra választandó, hogy előtte virtuális katód ne keletkezzék.

d) A segédrács és anód szekunderemissziójának megszüntetéséhez már olyan nagy menetemelkedésű fékezőrács is elégséges, amelyik a cső belső ellenállását még nem csökkenti, hanem növeli.

e) Az  $a-d$  pontokban közölteknek megfelelően a szekunderemisszió megszüntetése céljából a vezérlőrács összeköthető a fékezőrácscsal. Az ilyen cső egyenértékű a pentódával.

A kifejlesztett végerősítőcsövet a magyar ipar öt éven át gyártotta és nagy sikert ért el velük. Ilyen csövek voltak a PP415, PP416, PP430, APP4120 csőtípusok. Az elvet később más cégek (az amerikai Philco, illetőleg Sylvania) is alkalmazták, amikor a szabadalomtulajdonos Philips pörrel támadta meg őket [32].

b) *Antimikrofonikus csőkonstrukciók (1932)*

Az elektroncsövek minőségét jellemző egyik fontos tulajdonság a mikroфонia. A különböző nagy csőgyárak nagy erőfeszítéseket fejtettek ki ennek a csőtulajdonságnak megjavítása céljából. A magyar kutatás teljesítményei ezen a téren úttörőek voltak. Kifejlesztettünk csőkonstrukciókat, melyeknek jellegzetessége az volt, hogy az elektrodarendszerbe az anódával egyenlő keresztmetszetű egy vagy két darab csillámbetétet illesztettünk be. A csillámbetétek a következő funkciókat látták el:

1. a katódot rezgés szempontjából aszimmetrikusan megosztották;
2. a katódot, rácsot, anódot egyaránt érintve akusztikus csatolás folytán az egyes elektrodák nagyméretű csillapítását okozták.

Ezen a módon sikerült 10 éven keresztül mikroфонia tekintetében a világ legjobb elektroncsöveit gyártani. Ez egyedül Angliában csőeladásunk 500 000 darabos megnövekedését hozta magával. Ilyenek voltak az LD210, LD410  $\Delta$ , HR210, LD408  $\Delta$ , HR410  $\Delta$ , HR406  $\Delta$ , HP4106  $\Delta$  csőtípusok. Az egyik antimikrofonikus csőtípusunk segítségével egyik külföldön állami verseny-pályázaton három alkalommal sikerült a Philips-csővek ellenében a csövek szállítására a megbízást elnyerni.

Egy antimikrofonikus cső elektrodarendszerét a 3. sz. ábra mutatja.

c) *Univerzális (egyen- váltóáramra használható) csősorozat (1933)*

1933-ban Európában elsőként fejlesztettünk ki egyen- és váltóáramra egyaránt alkalmas csősorozatot. Ennek tagjai voltak az

- MH 1118 keverőcső,
- HP 1118 szabályozó nagyfrekvenciás pentód,
- HP 1018 éles levágású nagyfrekvenciás pentód,
- D 418 dióda,
- PP 4018 végpentód,
- PV 3018 feszültségduplázó és a
- V 2018 egyutas egyenirányító.

A PP 4018 az első végerősítőcső volt Európában, amely 100 Volt anód-feszültség mellett 1,4 Watt hangfrekvenciás teljesítményt adott.

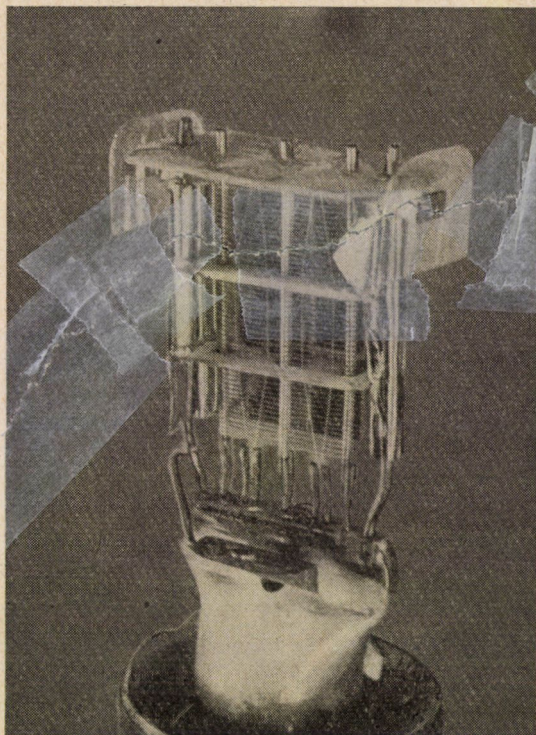
A csőséria kidolgozásánál több nehéz probléma megoldása vált szükségessé. 1000 C<sup>0</sup> fölötti hőmérsékleten jó szigetelő sajátságokkal bíró anyagokat kellett találni. A jó szigetelőképeség és nagy átütési feszültség előfeltételeit meg kellett állapítani.



Az univerzális csőszéria kidolgozásának és forgalombahozatalának volt köszönhető, hogy az európai csőgyárak a piacfelosztásra vonatkozó meg-  
egyeződés után technikai kooperációra tettek javaslatot.

d) *Keverőcsövek, virtuális katódok*

e) Virtuális katódával kapcsolatos vizsgálatok során sikerült a virtu-  
ális katód keletkezésének feltételeit megállapítani és az októda keverőmeredek-



3. ábra. Két csillámbetétes, osztott rácús antimikrofonikus elektroda-rendszer

ségét azzal megjavítani, hogy a fékezőrácst az előtte levő pozitív rácossal  
kötöttük össze [33], (1934).

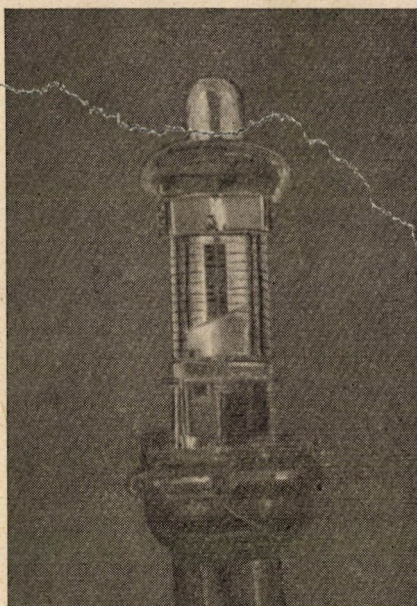
f) A virtuális katóda keletkezésének vizsgálata közben felismertük a  
tértöltéscsatolás kvantitatív összefüggéseit és ezzel utat mutattunk a virtu-  
ális katódával dolgozó csövek széleskörű, előnyös felhasználásához [34], [35],  
(1936).

g) *Uj elven működő keverőcső*

A korábbi keverőcsövek (októdák, triódhexodák) hibáinak elemzése  
után kifejlesztettünk olyan keverőcsövet, amelynél a modulátorrács tértöltés-



vezérléssel, az oszcillátorrács eltérítéses vezérléssel dolgozott. Az oszcillátorrács pozitív előfeszültséget kapott, amely kisebb volt, mint a geometriai helynek megfelelő feszültség. Az anód előtti elektródon nyílás volt, mögötte pedig az anód. Az oszcilláció hatására az elektronnaláb eltérült és hol több, hol kevesebb elektron jutott a nyíláson át az anódra. Miután a kés alakú oszcillátorrács pozitív feszültségen volt, az elektronokat csak eltérítette, de nem hajtotta vissza a ráctérbe. Mindezek következtében a bemenő impedancia megközelítette a nagyfrekvenciás pentódák megfelelő értékét, a csövek zaja pedig a korábbi keverőcsövek zajának negyedére csökkent [36] (1937).



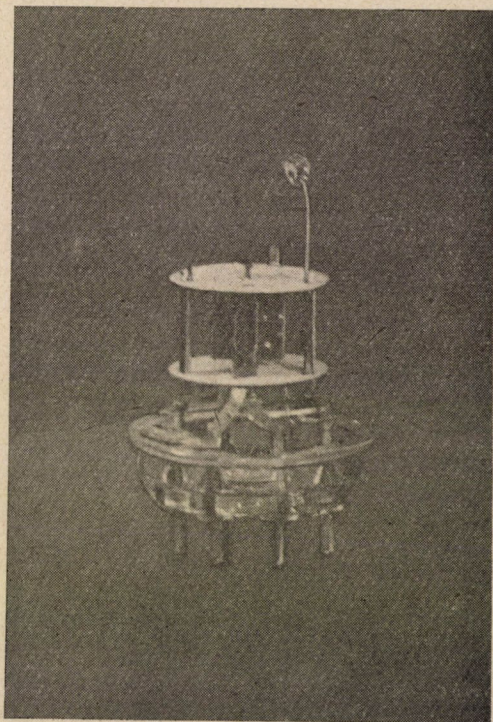
4. ábra. Eltérítéses vezérléssel működő kis zajú, nagy bemenő impedanciájú keverőcső

#### h) Elektroncsövek rövidhullámú viselkedésének megjavítása

Jelentős eredményeket értünk el az elektroncsövek rövidhullámú viselkedésének megjavításában. A [37] és [38] utalás szerint már 1938 előtt kidolgoztuk a miniatűr csöveket és kialakítottuk a csövek rövidhullámú működése szempontjából lényeges szempontokat. A kidolgozott csövek az EC41, EF41, ECHO41 stb. csőtípusok voltak. A csövek szerkezetében alkalmazott szempontok ugyanazok, amelyek a háború után piacra hozott televízió és ultrarövidhullámú vétel céljait szolgáló ún. Noval-széria csövein megállapíthatók.



Vizsgálataink során az ultrarövid- és deciméterhullámokra akkor egyedül alkalmas csövet az amerikai acorn-cső szerkezeti elveit vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a cső szerkezetében és alkatrészei alakjának kiválasztásában több hiba van. Az elektronnyaláb repülési idő tekintetében nem homogén, a katód-rács kapacitás nagyságának jelentőségét eltúlozták. A [37] alatt idézett szabadalomban a hibák kiküszöbölésére tettünk javaslatot, amely-



5. ábra. EC 102, deciméterhullámhosszú trióda, helyi oszcillátor céljára; maximális kontinuos teljesítmény 0,2 W

nek lényege az volt, hogy mind a katódot, mind a vezérlőrácsot téglalap keresztmetszetűre választottuk, hosszát lecsökkentettük, a repülési időt homogenizáltuk és a csövet tömeggyártásra alkalmassá tettük.

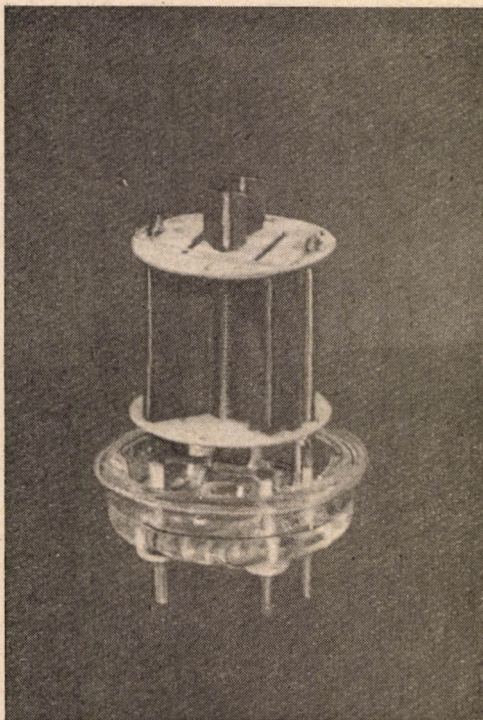
A csövek piacra nem kerültek, mert a vállalat nem kívánt olyan csőtípusokkal foglalkozni, amelyeket a Philips-cég nem gyártott.

A cső egyik miniatűr kivitelezését védi a [38] alatt idézett szabadalom.

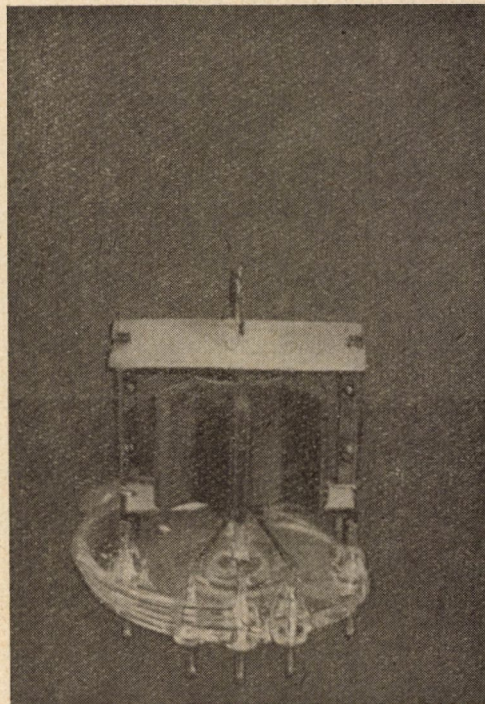
i) *Deciméterhullámhosszon működő csövek*

Az előbbi pontban elmondott felismerések és további konstrukciós elvek felhasználásával kidolgoztunk BUDINCSEVITS Andor kartársammal együtt





6. ábra. EC 103 ékanódás deciméterhullámhosszú trióda, 15 W kontinuos- és 2 kW impulzusteljesítménnyel



7. ábra. EC 108, deciméterhullámhosszú trióda, 40 W kontinuos- és 10 kW impulzusteljesítménnyel

deciméterhullámhosszon működő triódákat [39], [40], [41], [42]. Ezek 50 cm hullámhosszon működtek, 2–40 Watt continuous és 0,5–10 kW impulzus-teljesítményt tudtak szolgáltatni.

### A 3) Szekunderemissziós felületek kutatásában elért eredmények.

#### 4) Különböző csökonstrukciók, és 5) Elektroncső technológiai eljárások

ismertetésére nem kívánok kitérni.

A fentiekben röviden vázolt kutatások eredményein, a kutatások során szerzett ismereteken épült fel a magyar rádiócsőipar. Rádiócsőexportunk jó nevet szerzett a magyar tudományos és mérnöki munkának és a magyar külkereskedelem egyik nagyon jelentős devizát termelő tényezője lett, túlmenően azon, hogy szükségtelenné tette a rádiócsőimportot. A magyar rádiócsőipar alapjait teljesen a magyar kutatási eredmények képezik. Az induláskor semmiféle külföldi tapasztalatcsere, tanulmányút, dokumentáció, licencia nem állott rendelkezésre. Az Egyesült Izzó 1933-ban kötött első ízben tapasztalatcsere szerződést a Radio Corporation of America céggel. Ez az egyezmény azért volt megköthető, mert addigi eredményeinkkel bebizonyítottuk, hogy respektábilis szellemi erőt képviselünk. Az európai nagyvállalatokkal, Philips-sel és Telefunkennel 1934-ben csak piacfelosztási szerződés jött létre, tapasztalatcsere-t biztosító szerződést nem sikerült kötni. Az RCA-val kötött szerződés nagyon hasznos volt, és főleg a gyártóberendezések tekintetében nyújtott segítséget. Ebben az időben már az alapvető ismereteknek birtokában voltunk és egyes pontokon túl is haladtuk a világszínvonalat. Idegen rádiócsőgyárat 1936-ban volt alkalmunk első ízben megtekinteni, mégpedig az RCA telepeit.

Az elmondottak azt jelentik, hogy nemcsak megtanulni kellett a rádiócsőgyártás mesterségét, hanem a mesterséget meg is kellett teremteni.

## II.

Ezután még a jövő perspektívájáról kívánok szólni. A rádiócső jövő fejlődését a tranzistor és a rádiócső versenyé determinálja. A tranzistor előnyei:

- a) nem kíván fűtőteljesítményt,
- b) sokkal kisebb anódfeszültséggel működik, mint a rádiócső,
- c) kisebb az anódáramfogyasztás,
- d) kisebbek a méretek.

a) A fűtőteljesítmény kiküszöbölése rádiócsövekben akkor lehetséges, ha sikerül olyan anyagokat, vagy anyagok kombinációit találni, melyek már szobahőmérsékleten elektronokat emittálnak ki. Ilyen katódok létrehozásának fizikai alapjelensége a Malter-effektusban adva van. Az egész világon

kutatások folynak hidegkatódok előállítására a Malter-effektus felhasználása alapján. Amerikában piacra is hoztak egy hidegkatódos végerősítőcsövet, ennek perspektívája e pillanatban még nem ítéhető meg.

b) A rádiócsövek fejlődésének kezdeti szakaszában a kétrácsos cső két fajtája alakult ki:

a) Langmuir-féle tértöltésrácsos, és a Schottky-féle védőrácsos cső.

Az első segítségével a cső működéséhez szükséges anódfeszültség volt csökkenthető, a Schottky-féle védőrács segítségével pedig a cső erősítése volt növelhető, a rácsanódkapacitás pedig csökkenthető.

A Langmuir-féle tértöltésrács segítségével az elektroncső már néhány Volt anódfeszültséggel működik, így a rádiócső anódfeszültsége nem szükség-szerűen nagyobb, mint a tranzisztoroké. A feszültség-kérdés tehát megoldha-tónak látszik.

c) Szorosan csatlakozik ehhez az anódáramfogyasztás kérdése. Ahhoz, hogy a tértöltésrácsos cső meredeksége jó legyen, szükséges, hogy a tértöltés-rács után következő rács előtt ún. virtuális katód keletkezzék. A virtuális katód keletkezésének feltételeit az

$$I_{kr} = \frac{KF}{d^2} \left[ V_g^{\frac{1}{2}} + V_a^{\frac{1}{2}} \right]^3$$

$$K = \frac{\sqrt{2}}{9\pi} \sqrt{\frac{e}{m}}$$

egyenlet adja [47].

$I_{kr}$  az a kritikus elektronáramsűrűség, amely adott feszültségek, távol-ságok, rácsmenetemelkedések mellett a virtuális katód keletkezéséhez szük-séges. Az áramsűrűség azonban nemcsak az elektronáram nagyságának növe-lésével fokozható, fokozható az elektronnyaláb keresztmetszetének csökken-tése útján is. Elképzelhető tehát akár néhány mikroampereyi áram hatásos vezérlése, ha az elektronnyaláb keresztmetszetét olyan kicsinyre választjuk, hogy az áramsűrűség a kritikus érték fölé emelkedjék. Ilyen elektronnyalábok előállításához elektronoptikai módszerek felhasználására van szükség. Ezért perspektív feladat az elektronoptikai tanulmányok és kutatások erőteljes felkarolása. Ilyen kis áramokkal működő elektroncsövek kifejlesztése azért érdekes, mert a csövek zaja a cső elektronáramának nagyságától függ és si-keres kutatások esetén remény van arra, hogy a zaj több nagyságrenddel csökkenthető lesz [48], [49].

Végül megemlíteni kívánom, hogy a negyvenes évek elején az Egyesült Izzó elektroncső-laboratóriuma szekunder emissziós felületek és elektron-sokszorozók kutatásában világviszonylatban élen járt. Ezt bizonyítják BAY Zoltán publikációja [43] és három bejelentett szabadalom [44], [45], [46].

Azóta ezt a területet elhanyagoltuk, míg külföldön erőteljesen felkarolták. Az elektronsokszorozó a tudományos kutatás és a gyakorlat fontos eszköze lett. Fontossága szemelláthatóan fokozódik és ezért szükségesnek látom, hogy az ilyen irányú kutatások ismét meginduljanak.

Az elektronsövek kutatása és fejlesztése szükséges olyan területeken, amelyekben a félvezetők — mai megítélésünk szerint — nem fogják tudni a versenyt felvenni. Ilyenek az adócsövek, ezek között első helyen a nagy tömegben felhasználásra kerülő kis és közép teljesítményű csövek. Ezekben a csövekben kell különösen jó kutatási eredményeket produkálnunk mind működési elvek, mind gyártási mód (pl. fém-kerámia), mind minőség és megbízhatóság szempontjából.

Az elektronsövek fejlődése kezdettől fogva párhuzamosan haladt a nagy vákuum előállításának lehetőségével. Az utolsó 10—15 év során az előállítható vákuum jóságát 3—4 nagyságrenddel sikerült megjavítani. Ez a tény a kísérleti fizika és az elektronsőtechnika szempontjából egyaránt fontos. Kutatásainkat az ultranagyvákuum előállításának és mérésének kérdéseire is ki kell terjeszteni.

## ÖSSZEFOGLALÁS

### I.

1. A báriumkatód kidolgozása lehetővé tette, hogy a magyar ipar önálló eljárások alapján idegen szabadalmak felhasználása nélkül rádiócsöveket gyártson. A báriumkatódra adott szabadalom segítségével jogot szereztünk a Schottky-féle védőrácsos szabadalom kártérítés nélküli használatára, amely nélkül 1925-től kezdődőleg modern rádiócsövet nem lehetett gyártani. A báriumkatód ilyen módon a magyar rádiócsőipar alapköve lett (1927—1928).

2. A kettős vezérlésű végerősítőcsövek szabadalmilag függetlenek voltak a pentódoktól, teljesítményük, erősítésük azonos volt a pentódokéval és így ez a csőkonstrukció prohibítív akadályt hártott el a magyar rádiócsőgyártás és eladás útjából (1930). Az 1930—31-es rádióidényben a magyar rádiócsőgyártás már 1 400 000 darabra nőtt fel, ami az akkori drága csőárak mellett a magyar export egyik jelentős tételét jelentette.

3. A rácsok bevonása nemesfémekkel rádiócsöveink minőségét emelte meg jelentősen, műszaki elismerést szerzett a magyar rádiócsőiparnak és jelentős tudományos felismerésekhez vezetett (1931—32).

4. A csillámbetétes antimikrofonikus csőkonstrukció kifejlesztése jelentősen megnövelte rádiócsőexportunkat Anglia és a Skandináv-államok felé és tovább öregbítette a magyar ipar és az Egyesült Izzó hírnevét (1932).

5. A wolframagfemes karbonátkatódok a magyar rádiócsövek olyan mértékű minőségi fejlődését hozták magukkal, hogy egészen nagy minőségigényű külföldi vásárlókat is sikerült megszerezni. A háború előtt pl. a svájci hadsereg adó-vevő készülékeiben magyar rádiócsöveket alkalmazott (1935).

Az 1,25 V fűtőfeszültségű teleses csöveink minősége további kutatómunkák eredményeképpen felülmúlta minden külföldi gyár hasonló csöveinek minőségét és ezeknek a kutatásoknak eredményeképpen sikerült ilyen csöveink fűtőteljesítményét a külföldi csövek fűtőteljesítményének felére csökkenteni, az elektromos adatok lerontása nélkül. A háború után évi több millió darabot exportáltunk ezekből a csövekből közel 8 éven keresztül (1939—45).



6. A közbejött háború miatt további kutatási eredményeink gazdasági jelentősége már nem tudott kibontakozni, nem kismértékben a szűk látókörű kapitalista koncepció miatt. Már a második világháború előtt tisztáztuk az elektroncsövek rövidhullámú viselkedésének alapelveit, kidolgoztunk egy kitűnő tulajdonságokkal rendelkező keverőcsövet: PREISACH Ferenc és ZAKARIÁS Imre felismerték a több katódkivezetés előnyeit az elektroncsövek rövidhullámú működésében (50) stb.

7. Kifejlesztettünk deciméterhullámhosszakon működő triódákat, 10 kW impulzus-teljesítményig, ezek azonban tömegszerű gyártásra már nem kerültek.

## II.

A jövő perspektívája szempontjából a rádiócsövek területén előttünk álló feladatok a következők:

1. Szobahőmérsékleten emittáló katódok kutatása a Malter-effektus, vagy más effektusok felhasználásával.

2. Kis anódfeszültségű rádiócsövek kifejlesztése a Langmuir-féle tértöltésrács felhasználásával és elektronoptikai eszközökkel homogenizált, nagy áramsűrűségű, kisáramú elektronnyalábok segítségével.

3. Elektronoptikai tanulmányok és alapkutatások.

4. Szekunderemissziós kutatások és ultravákuumú elektronsokszorozók kidolgozása.

5. Adócsövek minőségének, megbízhatóságának, technológiájának fejlesztése, új működési elvek kutatása, ultrarövid-, mikro- és normálhullámhosszakon.

6. Ultravákuumok előállítási és mérési módszereinek kutatása.

## Z Á R S Z Ó

Ezzel befejezem részelőadásomat. Ismertetni óhajtottam, mint vezettek műszaki fizikai kutatások egy népgazdaságilag jelentős, nagy exportvolument képviselő iparág megteremtéséhez. Kifejezést adok annak a reményemnek, hogy sikerülni fog feléleszteni azt a munkaszellemet, amely lehetővé tette, hogy kislétszámú kollektívával a vázolt eredmények elérhetőek voltak.

Az eredmények eléréséhez a lelkesedésem és a munkaszellemem kívül hozzájárult az akkori helyzet is. A kutatásokban kis késéssel indultunk a külföldi kutatóintézetekhez viszonyítva és ennek következtében a későbbiekben is mindig fej-fej mellett tudtunk haladni. Sokéves elmaradásból kiindulva, ilyen eredményeket nem lehetett volna létrehozni. Mindezekből levonható az a tanulság, hogy új gyártmányok, új tudományos felismeréseken alapuló iparok megindításának kérdésében gondos megfontolás után, de gyorsan kell döntenet. Az ilyen irányú javaslatokat nem lehet hosszú ideig válaszolatlanul hagyni és a döntések kérdésén nem lehet évekig rágódni. Ha ezt az elvet szem előtt tartjuk, úgy a jövőben is számíthatunk komoly eredményekre, noha a tudomány területe óriási mértékben kiszélesedett.

Előadásom befejező mondatait azon munkatársaim emlékének szentelem, akik becsületes, jó munkájukkal derekasan hozzájárultak e dióhéjnyi terjedelemben ismertetett respektábilis eredmények eléréséhez és akiknek nagy része a fasiszta embertelenség áldozata lett. Emlékezem dr. CZUKOR Károlyra, MARTON Mátyásra, GLASNER Imrére, dr. PREISACH Ferencre, LUKÁCS Ernőre, STOLZER Gáborra, GLOSICS Tiborra, KRAMER Ernőre, SACHS Károlyra, dr. TEREBESI Pálra, DALLOS Györgyre, és mindazokra, akiket nem győzők felsorolni. A rájuk való visszaemlékezés legyen biztosítéka annak, hogy a gonoszság korszakát nem engedjük visszatérni és az emberiség békéjét megvédjük.



## IRODALOM

1. WEHNELT, A.: Über den Austritt negativer Ionen aus glühenden Metallverbindungen und damit zusammenhängende Erscheinungen. *Ann. der Physik*, 14, 425, 1904.
2. G. HERTZ, D. R. P. Nr. 443323, 470.421.
3. A Wehnelt katódától a báriumkatódáig. *Magyar Hírlap*, 1927, okt. 23.
4. KOLLER, L. R.: *Phys. Rev.* 25, 671 (1925).
5. ROTHE, H. Z.: *Z. Physik* 36, 737—758.
6. ESPE, W.: *Wiss. Veröff. Siemens-Werken* 5(III) 29, 46, (1927)
7. CZUKOR Károly és WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 101.964 sz. magy. szab., 30.661 sz. holland szab., 124.036 sz. osztr. szab., 289.762 sz. angol szab., 593.719 sz. német szab. stb. (1927), l. még HERRMANN—WAGENER: *Die Oxydkathode*. II. Bd. 121. o. lábjegyzet.
8. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 99.189 sz. magyar szab., 289.763 sz. angol szab., 124.086 sz. osztr. szab., 596.645 sz. német szab. (1927), l. még HERRMANN—WAGENER: *Die Oxydkathode*. II. Bd. 121. o. lábjegyzet.
9. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 99.048 sz. magyar szab., 27.509 sz. holland sz., 119.779 sz. osztr. szab. 313.151 sz. angol szab., 551.533 sz. német szab. stb. (1928).
10. THEISS Emil (Egyesült Izzó) 104.641 sz. magyar szab., 122.648 sz. osztr. szab., 2,019.546 sz. USA szab., 545.715 sz. német szab., 34.392. sz. holland szab., 28.452 sz. svéd szab. stb. (1929).
11. WINTER Ernő, PINCZÉS Géza (Egyesült Izzó) 102.910 sz. magyar szab., 311.705 sz. angol szab., 127.592. sz. osztrák szab., 32.001 sz. holland szab. stb. (1930).
12. WINTER Ernő, CZUKOR Károly (Egyesült Izzó) 99.444 sz. magyar szab., 311.705 sz. angol szab., 116.531 sz. osztrák szab., 578.123 sz. német szab. stb. (1928).
13. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 121.761 sz. magyar szab., 496.864 sz. angol szab., 157.913 sz. osztr. szab. 206.301 sz. svájci szab. (1937).
14. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 121.762 sz. magyar szab. (1937).
15. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 131.262 sz. magyar szab., 888.262 sz. francia szab. (1941).
16. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 138.108 sz. magyar szab., 255.239 sz. svájci szab., 935.518 sz. francia szab. (1944).
17. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 118.933 sz. magyar szab., 809.518 sz. francia szab., 477.767 sz. angol szab. (1935).
18. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 126.200 sz. magyar szab., 809.960 sz. francia szab., 476.835 sz. angol szab. (1935).
19. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 122.130 sz. magyar szab., 204.994 sz. svájci szab., 155.688 sz. osztr. szab., 834.157 sz. francia szab., 745.742 sz. német szab., 66.893 sz. csehszl. szab., 54.021 sz. holland szab. stb. (1937).
20. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 128.306 sz. magyar szab., 103.412 sz. svéd szab., 756.624 sz. német szab., 61.853 sz. dán szab., 228.317 sz. svájci szab., 20.185 sz. jugoszl. szab., 869.892 sz. francia szab., 66.605 sz. norvég szab. (1940).
21. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 130.991 sz. magyar szab., 69.925 sz. holland szab., 179.834 sz. osztr. szab., 394.282 sz. olasz szab., 276.130 sz. francia szab. stb., (1940).
22. WINTER Ernő, GAZDA István (Egyesült Izzó) 142.315 sz. magyar szab., 182.795 sz. osztrák szab., 1.082.853 sz. francia szab. (1952).
23. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 138.148 sz. magyar szab., 262.905 sz. svájci szab., 126.391 sz. svéd szab., 941.244 sz. francia szab., 670.079 sz. angol szab. (1942).
24. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 137.489 sz. magyar szab.
25. WINTER Ernő, GLOSIOS T., TÓBIK János (Egyesült Izzó) 141.309d sz. magyar szab., 1,008.217 sz. francia szab., 170.821 sz. osztr. szab., 149.487 sz. svéd szab., 281.264 sz. svájci szab., 673.433 sz. angol szab. (1949). Új. jav. 1037 (1950) Winter—Tobik Egyes. Izzó.
- 25a. WINTER-VÁMBÉRI: Újít. jav. 2184 (1950) Egyesült Izzó.
26. WINTER Ernő és BUDINCSEVITS Andor (Egyesült Izzó) 144.881 sz. magyar szab. (1955).
27. WINTER Ernő és BUDINCSEVITS Andor (Egyesült Izzó) 145.421 sz. magyar szab. (1956).
28. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 143.028 sz. magyar szab. (1953).
29. WINTER Ernő, BUDINCSEVITS Andor (Egyesült Izzó) 429.955 sz. USA (1954).
30. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 182.459 sz. osztr. szab. 154.117 sz. svéd szab., 429.954 sz. USA szab., stb. (1953).
31. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 1,112.744 sz. francia szab., 465.489 sz. USA szab., stb. (1953).
32. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 108.155 sz. magyar szab., 723.787 sz. francia szab., 137.525 sz. osztr. szab., 364.411 sz. angol szab. (1930).

33. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 113.914 sz. magyar szab.
34. E. LUKÁCS: Die Frequenzabhängigkeit der Verstärkung von Oktoden, Tungstram Mitteilungen „B“ Reihe S. 7—13.
35. ZAKARIÁS Imre (Egyesült Izzó) 125.922 sz. magyar szab., 158.590 sz. osztrák szab., 841.150 sz. francia szab., 487.913 sz. angol szab.
36. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 126.176 sz. magyar szab., 526.233 sz. angol szab., 744.296 sz. német szab., 846.981 sz. francia szab., 125.550 sz. svéd szab., stb. (1938).
37. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 122.935 sz. magyar szab. (1938).
38. WINTER Ernő, FRIED Henrik (Egyesült Izzó) 121.760 sz. magyar szab., 848.569 sz. francia szab., 520.662 sz. angol szab. (1938).
39. BAY ZOLTÁN Hazai mikrohullámú kísérletek. Elektrotechnika, 1—5, 6—8 sz., 8, 28—29, 36. old (1946.)
40. WINTER ERNŐ BUDINCSEVITS Andor: (Egyesült Izzó) 138.616 sz. magyar szab., 936.812 sz. Francia szab. (1943.)
41. WINTER Ernő, Preisach Ferenc (Egyesült Izzó) 137.995 sz. magyar szab. (1944).
42. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 137.691 sz. magyar szab. (1944).
43. Z. BAY, Elektronenvielfacher als Elektronenzähler, Z. f. Phys. 117, 227—245 (1941).
44. WINTER Ernő, BUDINCSEVITS Andor (Egyesült Izzó) 133.334 sz. magyar szab. (1939).
45. BAY Zoltán, WINTER Ernő, BUDINCSEVITS Anor, HORVÁTH Antal (Egyesült Izzó) 130.765 sz. magyar szab., 868.086 sz. francia szab., 386.731 sz. olasz szab. stb. (1940).
46. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 126.962 sz. magyar szab., 62.104 sz. holland szab., 868.359 sz. francia szab. (1942).
47. G. PLATO, W. KLEEN, H. ROTHE, Z. f. Phys. 101,509 (1936).
48. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 2.881.355 sz. USA szab., 197.932 sz. osztrák szab., 146.103 sz. magyar szab., 166.811 sz. svéd szab., 829,487 sz. angol szab.
49. WINTER Ernő (Egyesült Izzó) 2,836.760 sz. USA szab.
50. F. PREISACH, I. ZAKARIÁS (Tungstram) Input Conductance in High-Slope H. F. Amplifier Valves. The Wireless Engineer, April, 1940. XVII., 147—157. o.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

BARTA ISTVÁN lev. tag

Nagy érdeklődéssel követtem WINTER akadémikus előadását, amelyben a Tungstramban folyt elektroncső kutatásokat és az igazán hősiességnek nevezhető küzdelmet ismertette, szinte úgy mondhatnám az egész világ nagy csőgyárainak szabadalmait ellen. A mai időkre is érvényes tételt lehet ezek alapján felállítani: lehet nagy anyagi erőt, sokkal nagyobb lehetőségekkel rendelkező szervezett kutatást eredményesen beérni, velük egyenrangú eredményeket elérni megfelelő felkészültséggel, munkalendülettel, de mindenekelőtt nagy invencióval. Ha ma is tanulunk ezekből a küzdelmekből és megfelelően kiválasztott területeken dolgozunk, az eredmény ugyanígy meglesz.

Két megjegyzéssel szeretném az előadást kiegészíteni. Az egyik közvetlenül az előadás tárgyát érinti, a másikkal inkább a kísérő körülményeket akarom illusztrálni.

1. A rádiócső fejlesztés hőskorában nemcsak az Izzóban, hanem egy sokkal kisebb gyárban is folytak kiterjedt kutatómunkák az ún. báriumos katódú csövek gyártásának kísérletezésére. Az idősebb kollégák még emlékeznek e másik gyár nevére: a Vatea néven ismert üzemre gondolok. Egyidejűleg az Izzóval a kísérletek 1927 folyamán folytak, ez év késő őszen jelentette be a gyár, hogy kolloid báriumkatódú csöveket dolgozott ki és ezekkel piacra fog jönni. A kolloid katódájú csövek alatt karbonátkatódokat kell érteni, amelyek a későbbi oxidkatódoktól abban különböztek, hogy a földalkáli karbonátréteget a karbonátok kolloid oldatából elektroforetikus úton választották le a magfémre.

Az első bejelentést nem, vagy alig követte a csövek piacra hozatala, minden valószínűség szerint sok nehézség mutatkozott. Valamivel később a Vatea gyárat megvette a Philips-vállalat és a Vatea ezután a Philips-eljárás szerint készült oxidos csöveket kezdett gyártani és azokat hozta forgalomba kolloid katódú csövek néven.

Az eredeti eljárásról a „Mathematikai és Fizikai Lapok” XXV. kötetének július—decemberi füzetében a 145—213. oldalakon PATAI Imrétől hosszabb tanulmány jelent meg „A termikus elektronemisszió és az oxidkatódok technikája” címmel 1929-ben. Ebben ismerteti a kolloideljárás részleteit. Megemlíti, hogy az alap gondolat HARSÁNYI Jenőtől származik és a kísérleteket TOMASCHEK Zoltánnal együtt hajtotta végre. PATAI végeredményben felismeri, hogy nem az a leglényegesebb, hogy az oxidok milyen eljárással kerülnek rá a katóddrót felületére, hanem hogy milyen a kémiai tisztaságuk és fizikai állapotuk.

További kísérletek során az eljárást javították, erről közlemény jelent meg PATAI Imrétől és TOMASCHEK Zoltántól a „Kolloid Zeitschrift” 74. kötetének 259. oldalán 1936-ban. A kolloid karbonátok előállítására BUZÁGH Aladár által kidolgozott módszerrel történik, mely szerint a kolloid karbonátokat úgy állítják elő, hogy földalkálihidroxidok glicerines oldatába szénsavat vezetnek.

A katódtechnika ma is használja a katódok kataforetikus bevonásának módszerét, de nem kolloid karbonátokból indul ki. Megállapították ugyanis, hogy nem kolloidális, viszonylag durva suszpenziók is alkalmasak az elektro-

foretikus bevonásra és ilyen módon az anyagok kellő kémiai tisztasága és fizikai szerkezete jobban biztosítható.

Ha nem is a kolloid eljárás valósult meg eredeti megfogalmazásában, PATAI és TOMASCHEK érdeme, hogy elsőnek vetették fel az oxidkatódok elektroforetikus készítésének gondolatát.

Talán még érdekes megemlíteni, hogy PATAI az első idézett dolgozatában megadja, hogy a vezetése alatt álló Aatea-laboratórium állandó munkatársai TOMASCHEK Zoltán és EGRI Imre, külső és átmeneti munkatársai HARSÁNYI Jenő, dr. SCHAY Géza és dr. KALMÁR László voltak.

2. A második megjegyzéssel ismertetni szeretném, hogy mennyiben okozta, szorította a csőgyárakat a rádiókészülékgyártás állandó, megállás nélküli fejlesztésére, hogy szünet, lélegzetvétel nélkül ellett szinte minden évben új és újabb csöveket piacra hozni, természetesen egymással is a legélesebb konkurrenciát vívva. Talán már csak az olyan öregek, mint én, emlékezhetnek arra, hogy a detektoros készülékek követő csöves készülékek kezdetben még a nagyfogyasztású wolframfűtőszálal csövekkel készültek, amelyek olyan világosan izzottak, hogy fényükönél olvasni lehetett. E csöveket négyváltos akkumulátorokkal fűtötték, amelyek a 2–3 amperes fogyasztás mellett 2–3 naponta töltésre szorultak. Ezután kerültek forgalomba a tóriumos wolframszálas, direktfűtésű csövek (1924–25 körül), amelyek már csak sárgán világítottak és fűtőáramfogyasztásuk kerekén tizedekkorára csökkent. Ezután jöttek rá (forradalmian magától értetődő gondolat), hogy a mérgező akkumulátorokat, vagy szárazelemeket, amelyek a szükséges fűtő- és anódegyenértéket szolgáltatják az erősáramú hálózatból megfelelő átalakítással kapott, de összehasonlíthatatlanul olcsóbb energiával lehet helyettesíteni. Célszerűnek látszott a szükséges fűtőáramot megfelelő feszültségre transzformálni, de nem egyenirányított módon biztosítani. Ez részben azért volt szükséges, mert sem megfelelő egyenirányítók, sem pedig a szűréshez olcsó, nagykapacitású kondenzátorok nem álltak rendelkezésre (mind a szárazegyenirányítók, mind az elektrolitkondenzátorok csak néhány évvel később jelentek meg). Először kisfeszültségű, nagyáramú, vastag izzószálú, tehát nagy hőtehetetlenségű csövekkel kísérleteztek és készítettek készülékeket, de minthogy ilyen módon nem lehetett a fűtőszál hőmérsékletingadozásnak hatását kiküszöbölni, tértek át az indirekt izzítású katódra. Erre a célra pedig a WEHNELT által sok évvel korábban megadott oxidkatódok bizonyultak igen alkalmasoknak, mivel ezeket lehetett nem is túlságosan magas hőfokra izzított Wolfram fűtőszálal kellő hőmérsékletre felhevíteni. E csövek kikísérletezése és gyártásra alkalmas tétele, valamint ezen belül különböző célra alkalmas szériák kidolgozása foglalta el a csőgyárakat néhány évig. Ezek után természetesen felmerült a kívánság, hogy az elért eredmények alapján, most már a direkt fűtésű csövek is hasonló, katódeljárással készüljenek, mert ezzel további fűtőáram megtakarítás volt elérhető. E cél elérésére folytak WINTER akadémikus előadásában, meg az én előbbi kiegészítésemben leírt kísérletek.

Ezzel tulajdonképpen az elektroncső legfőbb alkatrészének, a katódnak problémái megoldáshoz jutottak. A rádiókészülékgyártás fejlődésével kapcsolatban azonban több más természetű kívánság is felmerült a készülékszerkesztők részéről. A legelső ilyen kívánság volt az ún. univerzális csőszériának előállítására, vagyis olyan csövekre volt szükség, amelyek mind az egyenáramú, mind a váltóáramú hálózatról működtethetők. Ez megkívánta az ún. soros fűtésű indirekt csövek kidolgozását, amelynél súlyos probléma volt

a megfelelő szigetelés az 1300—1500°-on hevített fűtőtest és a katód között. E szigetelésnek ilyen magas hőmérsékleten is kifogástalannak kellett lenni, semmiféle átvezetés a fűtőszál és katód között nem engedhető meg és nem szabad, hogy a szigetelő anyag kémiaileg vagy fizikailag megtámadja a fűtőtest izzó huzalját. Emellett felmerülő további probléma, hogy a fűtőtestnek oly kialakításának kell lennie, hogy a rajta átfolyó fűtőáram következtében mágneses tér, amely az elektronok pályáját befolyásolja, ne keletkezhesék. További dicsősége az Egyesült Izzónak, hogy talán a világon elsőnek hozott piacra oly univerzális csöveket, amelyek mindezen zavaró effektusoktól mentesek voltak. Eközben a gyártási eljárások tökéletesedésével a csövek méreteit is jelentékenyen csökkenteni lehetett, csökkent pl. az igen kritikus első rácskatód távolság is, aminek révén lehetőségessé vált a nagy meredekségű, nagy teljesítményű csövek, elsősorban végerősítők megszerkesztése. Hasonló problémát jelentett évről évre a keverőcsövek legkedvezőbb típusának megtalálása, ami azzal is súlyosbítva volt, hogy az egyes gyárak sokszor makacsul ragaszkodtak saját presztizsük megőrzése céljából az esetleg nem is kedvező elvre, gondolok itt az októda keverőcső használatára. Ezekhez képest már csak kis probléma volt a rádiófrekvenciás, szabályozó karakterisztikájú pentódák legkedvezőbb kifejlesztése. A tényleg egyre javuló tulajdonságú csövek, a csőgyárak és rádiókészülék-gyárak versenyé megkívánta, hogy évről évre, ha nem is mindig teljes új csőszériák, de a meglévő csőszériákon belül új csőtípusok jelenjenek meg. Azt már csak egészen röviden említtem meg, hogy e-közben merőben új gyártási eljárások keletkeztek, hiszen 1939-től kezdve a lapításos, izzólámpagyártási módszerekkel készült csövek mellett, megjelentek először a krómvas kivezetésű színüveg csövek, majd rövid néhány év múlva, a háromféle kivitelű miniatűr (szintén fejnélküli, teljesen üvegből készült) csövek.

Minden elismerést meg kell adni azon kollegáknak, akik a csőgyártás ezen hősi korszakát annyi kezdeti nehézség, háborús anyag- és létszámproblémák mellett, legtöbbször önerőre utalva végigküzdötték.

VALKÓ IVÁN PÉTER, a n.úszaki tudományok kandidátusa

Lenyűgöző méretű az a kutatómunka, amely a régi Tungstram Elektron-cső Laboratórium nevéhez fűződik. Különösen szeretném kiemelni azt a tényt, hogy WINTER akadémikus munkássága mutatott rá először arra, hogy az oxidkatód jó emissziója a fémbárium atomok jelenlététől függ. Ezt a felismerést néhány évvel később újból igazolta a rácsemisziós mechanizmus megfejtése. Ez a felfedezés világviszonylatban nemcsak gyakorlati szempontból vitte előre az izzókatódok minőségét, hanem elméleti szempontból is úttörő jelentőségű volt: ezen a felismerésen alapul ugyanis az a ma már általánossá vált felfogás, amely az oxid-katód vezetési mechanizmusát félvezető jelenségként fogja fel. Így ez a felfedezés szinte alapját vetette meg a vákuumtechnika és félvezető-technika szoros összekapcsolódásának, amelynek gyümölcsei napjainkban érnek meg. Különösen arra szeretnék rámutatni, hogy a hidegkatódok kutatása egészen biztosan további félvezető jelenségek tanulmányozását kívánja meg. Gondolok itt elsősorban a félvezetők kristályrácsában keletkező „forró” elektronokra, amelyek segítségével elektron-emisszió létesülhet.



Értesüléseim szerint sok műszaki fizikai laboratóriumban folyik ennek a kérdésnek lázas kutatása.

Általánosságban tekintve e kutató munkák beszámolóját, szeretném kiemelni WINTER elvtárs munkamódszerének fő jellemzőit. Ezek a tulajdonságok — amelyeket magam, akinek szerencsém volt, hogy tanítványa lehettem, módomban volt megfigyelni: — a merészség az eredeti kombinációk felállításában, a következtetések gyors levonása, a bátorság, amely sem az új utaktól, sem a kísérleti nehézségektől nem riad vissza, végül jótékony türelmetlenség, amely a kutatót eredmények felé hajtja.

Amidőn most végre egy év óta önálló tanszéke van Műegyetemünkön az elektroncsőtechnikának, egyik törekvésünk az, hogy a nagysikerű, régi iskolát az ifjúság elé példaképpül állítsuk és a tudományos munkássághoz szükséges jó tulajdonságokat bennük felkeltsük. Így kívánjuk biztosítani, hogy jó ipari szakemberek mellett kellő számban kerüljenek ki belőlük új, fiatal kutatók és köztük WINTER elvtárs számára is megfelelő munkatársak, akiket új sikerek felé vezethet.

# A MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÁS NÉPGAZDASÁGI JELENTŐSÉGE A MŰLTBAN ÉS ANNAK JÖVŐBENI PERSPEKTÍVÁJA A VÁKUUMTECHNIKAI IPAR TERÜLETÉN. III.

MILLNER TIVADAR  
lev. tag

A földön ma sok milliárd izzólámpa készül évenként. Az ezeket előállító vákuumtechnikai ipar nagyra fejlődése közben a fizikának és kémiának olyan új ágait teremtette meg egyrészt saját ipari kutatóintézeteiben, másrészt az egyetemi és akadémiai tudományos intézetekben, amelyeket ma közös néven műszaki fizikai tudományterületnek nevezünk. Ezen a természet-tudományos alapon indult fejlődésnek később az a rádiócsőipar, amely ma milliárdos mennyiségben készít rádiócsövet évente és az a fénycsőipar, amely ugyancsak milliárdos mennyiségben állít elő fénycsövet évenként.

Ez a vákuumtechnikai iparral együtt kibontakozó tudományos munka hatalmas mértékben vitte előre azoknak a fizikai, kémiai és metallurgiai okoknak megismerését is, amelyek a szilárd testek hasznosítható, technológiai tulajdonságai mögött rejlenek és ezzel alapismereteket szolgáltatott az egyenirányítókat, termisztorokat, fényelemeket és főleg tranzisztorokat évente milliárdos mennyiségben előállító újkeletű ún. félvezetőipar számára is.

Az évi mintegy százmillió izzólámpát és egyéb vákuumtechnikai terméket előállító magyar vákuumtechnikai ipar nemcsak hazai, hanem nemzetközi viszonylatban is számottevő gazdasági tényező ma is.

Mindez élénken megvilágítja a vákuumtechnikai ipart alátámasztó hazai műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentőségét és továbbfejlesztésének szükségességét általában. Ahhoz, hogy az izzólámpaiparunk fejlődését szolgáló műszaki fizikai kutatás mai jelentőségét és jövőjét szemügyre vehessük, magunk elé kell idéznünk az izzólámpa fejlődésének néhány lényeges nemzetközi és hazai mozzanatát.

Az elektromos világítás a szénrudas ívlámpával kezdődött. Először 1848-ban Párizsban az operában alkalmaztak ilyen ívlámpákat teremvilágításra [1] és 1917-ben Budapesten a Nemzeti Múzeum előtt még ilyenek égtek. Ennél sokkal jobban és vele egy időben elterjedt az olcsó gázvilágítás, amelyet utolsó mentsvárából, az utcai világításból éppen napjainkban szorít ki az elektromos világítás.

Az elektromos világítás elterjedését a nyílt láng nélkül világító, szoba-levegőt nem szennyező szénszálas izzólámpa indította el 1879-ben [1]. A 3

lm/w energiahasznosítással világító szénszálas izzólámpa ipari gyártása EDISON nevéhez fűződik. Ebben a főképpen műszaki invencióval és gazdag tapasztalattal kifejlesztett termékben az a felismerés került kihasználásra, hogy a tömör és tiszta szén igen kevésbé párolog és vákuumtérbe zárva elektromos energiával eléggé gazdaságosan hevíthető magas hőmérsékletre.

Az elektromos és gázvilágítás versengésében kezdetét vette az, amit mi ma ipari kutatómunkának nevezünk. Addig alig ismert fémeket állítottak elő eredeti módszerekkel, ezekből izzószálakat és izzólámpát készítettek és párolgásukat a szén párolgásával összehasonlították. Így jelentek meg 1900-ban az osmiumszálas izzólámpák, majd 1905-ben a tantálszálas izzólámpák kb. 6 lm/w energiahasznosítással [2]. Ez az ipari kutatómunka 1905-ben a 9–10 lm/w-tal világító wolframszálas vákuum-izzólámpával érte el legfőbb eredményét; a wolframfémbe megtalálták a legkevésbé párologó izzószálanyagot, mely azóta is izzószálanyaga minden izzólámpának. Megindult először nálunk, majd szerte a világon a wolframizzólámpák tömeges gyártása. Ekkor alakult ki a Egyesült Villamossági RT.-ből a máig is fennálló Egyesült Izzólámpa és Villamossági RT. [3].

Ez a fejlődés ma teljesen természetesnek látszik. Azonban minden újnak és így a wolframszálas izzólámpának is meg kellett küzdenie a megszokás erejével. Egy az 1900-as évek elejéről származó magyar enciklopédikus műben ezt olvassuk: „mészárosok előnyt adnak a petroleum- vagy gázlámpásnak (pillangólángnak), mert a nyers húst élénk vörös, friss színben tünteti fel; a kopasztottbaromfi-kereskedők nagyon szeretik az ívfényt, mert áruikat a természetesnél fehérebbnek tünteti fel” [4]. Ma bizonyára mosolygunk az elmúlt idők ilyen rég letűnt szempontjain, be kell azonban vallanunk, hogy nemcsak a wolframizzólámpa, de a műszaki fizikai kutatás olyan maibb termékei is, mint a fényező vagy a javított színű higanyvilámpa, ugyancsak szembe találták magukat a színesenlátás megszokásaival. A wolframizzólámpa színével azonban hamarosan megbarátkozott mindenki.

A magyar műszaki és természettudományos kutatómunka szerepe a wolframizzólámpa megalkotásában és kifejlesztésében közismert.

A wolframszálas izzólámpa feltalálásának idején, 1904-ben az volt a feladat, hogy olyan izzószálakat állítsanak elő, amely közönséges értelemben kémiaiilag tiszta — tehát pl. ötvözőktől mentes — wolframfémekből készül. Ezt a feladatot elsőként JUST és HANAMAN oldották meg [8]. Eljárásukat, amely csak darabgyártásra volt alkalmas, az Egyesült Izzó újpesti telepén fejlesztették ki. Később 1908-ban COOLIDGE (USA) felismerte, hogy wolframfémorból zsugorított rudakból, 1500 C<sup>0</sup>-on történő kovácsoló megmunkálás után húzott wolframdrót készíthető [9]. Ezzel a lépéssel, amellyel megvalósíthatóvá vált az izzólámpák tömeggyártása, a mechanikai megmunkálás kérdései léptek a kémiai kérdések helyébe. 1917–1922 között a magyar származású PACZ ALADÁR (az USA-ban) felfedezte, hogy kb. 1% alkáli- és

kovasavtartalmú fémorból kiindulva a *Coolidge*-eljárással olyan wolfram-izzótestek készíthetők, amelyeknek alaktartóképesége izzó állapotban sokkal jobb az addigiaknál. Ez az eljárás nyitotta meg az utat a ma közismert, LANGMUIR-tól származó gáztöltésű izzólámpák elterjedéséhez, amelyek 10—15 lm/w energiahasznosítása alaktartó wolframspirál alkalmazásán fordul meg.

A tudományos és ipari kutatás közös munkával világitart teremtett.

LANGMUIR működésével már a mai értelemben vett legmagasabbrendű kutatómunka folyt és hozott gyümölcsöket az izzólámpa vákuum- vagy gázterének és az izzószálnak kölcsönhatása területén. A wolframkutatás emellett azonban még igen sokáig empirikus jellegű maradt.

PACZ A. empirikus felfedezésével a wolfram területén újból a kémiai kérdésekre terelődött a figyelem. PACZ A. maga kémiai tisztítóhatást tulajdonított a wolframrúdból zsurorításkor elpárolgó adalékanyagainak: ezek szerinte kipárolgásuk után rendkívül tiszta wolframfémet hagynak hátra. Mások azonban inkább az adalékanyagok visszamaradó aktív nyomainak tulajdonították az ilyen wolframdrót kedvező tulajdonságait.

1922—1932 között másutt is és idehaza az Egyesült Izzó Kutatójában is (PFEIFER Ignác vezetése mellett) az adalékanyagok viselkedésének és hatásának tanulmányozása állott a kutatás és fejlesztés középpontjában (TÚRY P. és TARJÁN I.). 1931 körül kidolgozásra került a nemzetközi viszonylatban is haladást jelentő nagykristályos és nagyszilárdságú ún. GK-wolframfém [13] (TÚRY P. és MILLNER T.). Ennek szekunder rekrisztallizációs hőfoka (2400—2700 K°), szekunder krisztallitjainak hossza, valamint a belőle készült izzótestek alaktartása és szilárdsága felülmúlta az idegen drótfajtákét. A GK-wolframfémet viszont e tekintetben máig sem múlták felül idegen drótfajták. E wolframfémfajta jó tulajdonságait többek között néhány századszázalékos alumíniumvegyület adagolása biztosítja. Alumíniumtartalmú adalék alkalmazása azóta az egész világon elterjedt. Az ezt követő évtizedben az ipari fejlesztési munka jórészt ennek a kémiai jellegű kutatási eredménynek a kiaknázásával telt el. Az Egyesült Izzó a lámpagyártásának és rádiócsőgyártásának túlnyomó részében GK-wolframfém használatára tért rá és segítségével anyagi és erkölcsi sikereket ért el a nemzetközi piacokon.

A wolfram területén a kutatómunka 1944-ig állandóan arra a nyitott kémiai kérdésre irányult, hogy a GK-wolframdrót kristályosodási és mechanikai jó tulajdonságait az adalékanyagok tisztító hatásának, vagy a belőlük a fémbe visszamaradó „szennyezéseknek” (pl. Al-nyomoknak stb.) kell-e tulajdonítani. Ez az analitikai-kémiai vizsgálatok alapos elmélyítését tette szükségessé [14, 15, 16] (MILLNER T. és KUNOS F.).

Közben BRÓDY Imre munkássága folytán az izzólámpa tökéletesítésére szolgáló más irányú kutatómunka is nagy eredményeket ért el az Egyesült Izzó Kutatójában. BRÓDY 1929 körül felismerte, hogy a gázzal töltött izzólámpákban egy termodiffúzióknak nevezett jelenség nagymértékben sietteti

az izzószál elpárolgását [17]. Rájött arra, hogy ez a káros hatás lényegesen csökkenthető, ha a 40 atomsúlyú argongáz helyett a 83 atomsúlyú krypton-gázzal készítjük a gáztöltésű izzólámpákat [17]. A levegő kryptontartalmának gondos újrameghatározása után [18] (BRÓDY I. és KŐRÖSY F.), valamint a termodiffúzió hatásának kryptontöltésű lámpákon való ellenőrzése és igazolása után [17] (BRÓDY I. és THEISZ E.), az Egyesült Izzó POLÁNYI Mihály és BRÓDY Imre előtanulmányai alapján a Linde AG., az I. G. Farben-industrie AG. és a Soc. An. Air Liquid vállalatokkal együttműködve, 1937-től kezdve, a Veszprém megyei Ajkán kryptongázt gazdaságosan termelő gyárat létesített.

Az ezt követő időszakban a kryptonlámpa gyártásának kifejlesztése lett az ipari kutatás és fejlesztés súlyponti feladata az Egyesült Izzóban. Mélyreható energiahasznosítási vizsgálatok [19] (BRÓDY I. és KŐRÖSY F.), valamint széleskörű ivleégés-vizsgálatok (THEISZ E.) segítettek elérni a legkedvezőbb lámpatulajdonságokat. Így a kryptonlámpák ma jobb energiahasznosítással szolgáltatnak fényt, mint pl. az azonos teljesítményű argonlámpák. Vonzóerejük emellett azonban abban is rejlik, hogy velük a kis fogyasztású vákuumlámpák (pl. a 15 w-os lámpák) sárga fénye (a pl. ugyancsak 15 w-os) gáztöltésű lámpáknak az emberi szem számára kellemesebb fehérebb fényével cserélhető fel [4].

A kryptonlámpa elterjedt a nemzetközi izzólámpapiacokon és ezzel nemcsak egy haladó szellemű vállalat hírére, hanem a hazai műszaki fizikai alapkutatás és ipari kutatás jóhírnevét öregbítette és szolgálja ma is [20].

A súlyos személyi és tárgyi veszteségek ellenére 1945 után nagy lendülettel indult meg a kutatás újjáépítése az Egyesült Izzóban. Az üzemi újjáépítés és a háború alatt megjelent nemzetközi szakirodalom áttanulmányozása után kiépült az *Egyesült Izzó Kutatóosztályán* az izzólámpagyártás, a molibdéngyártás és a wolframgyártás problémáinak kutatása is. Ez a munka 1950-től a *Távközlési Kutató Intézetben*, majd 1953-tól a *Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben* folyt és folyik ma is. Emellett az erre irányuló elvontabb alapkutatás 1958 óta a *Magy. Tud. Akadémia Műszaki Fizikai Kutató Intézetében* talált otthonra.

Az 1955-ig terjedő időszak wolframkutatásainak eredményeiről hangzott már el beszámoló a Magyar Tudományos Akadémia nyilvánossága előtt [6, 7]. Ez a beszámoló ezt most a wolframkutatás újabb eredményeivel, valamint az izzólámpakutatás egyéb eredményeivel egészíti ki oly módon, hogy abból saját kutatásunk nemzetközi jelentősége és távlati értéke is megítélhető legyen.

Sem a külföldi, sem a saját wolframfémporok készítésének kémiai folyamatai és egyéb természettudományos alapjai nincsenek ma még teljesen felderítve. Mivel azonban az izzólámpák minősége jórészt a wolframminőségen fordul meg, nagy érdek fűződik ahhoz, hogy a wolframgyártás kiváló empi-



rikus ismereteit a még biztosabb természettudományos ismeretek váltsák fel. Ezért súlyponti feladat a wolframgyártás és ezen belül a redukció folyamatainak felderítése még ma is.

Az Egyesült Izzóban TÚRY Pál évtizedes irányítása mellett kifejlesztett wolframgyártási technológiának nemzetközi összehasonlításban az az egyik jellegzetessége, hogy adalékos  $WO_3$ -ból olyan finomszemcséjű wolframfémport állít elő és dolgoz fel dróttá, amelynek feldolgozása mások számára nehézségekkel járna, számunkra azonban jó megmunkálhatóság mellett kiváló izzótestsajátságokat biztosít.

Már régóta ismert tény, hogy mind a tiszta, mind az adalékos  $WO_3$ -fajták redukciójakor (bizonyos határok között) annál nagyobb fémporszemcsék keletkeznek, mennél nedvesebb a redukáló hidrogén. Ennek a ténynek a gyakorlati wolframmetallurgiában is, és így pl. a  $KSiAl$ -adalékos wolframsavak redukciójakor is nagy jelentősége van, mert minden wolframredukció az oxidszemcséknél nagyobb fémszemcséket ad. Nem tudunk azonban ma sem eleget arról, miként nőnek a fémszemcsék, azaz miként jöhet létre sok száz, vagy sok ezer oxidszemcse anyagából egyetlen nagy fémszemcse a redukció pl.  $850\text{ }^\circ\text{C}$ -nál nem magasabb hőmérsékletén.

Még 1949-ben kimutattuk [21] (MILLNER T., NEUGEBAUER J.), hogy a  $WO_3$ ,  $W_4O_{11}$  és  $WO_2$  oxidok vízgőz jelenlétében már  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  alatt erősen illók. Vízgőz nélkül nem illók. Sokáig kerestünk ez alapon magyarázatot a fémszemcsenövekedésre. Legújabban megállapítottuk, hogy a wolframsavak  $\alpha$ -wolframmá történő redukciójakor utolsó előtti lépésként mindig olyan finomszemcséjű  $WO_2$  keletkezik, amelynek szemcséi kisebbek akár a  $WO_3$ , akár a fém szemcséinél [22] (MILLNER T., NEUGEBAUER J.). Ebből arra következtethettünk, hogy a fémszemcsék növekedése éppen a barna ( $WO_2$ ) oxid vízgőzös illékonyságán fordul meg. A vízgőz illékonyságot okozó és szemcsenövelő hatása csökkenő hőmérséklettel erősen csökken. Kimutattuk, hogy olyan idegen anyagok, vagy egyéb tényezők, amelyek a  $WO_3$ ,  $W_{20}O_{58}$  és  $W_4O_{11}$  oxidok redukciójának kezdőhőfokát nem befolyásolják, de a  $WO_2$  redukciójának kezdőhőfokát csökkentik, finomabb fémport adnak. Ennek a megállapításnak gyakorlati haszna a fémporok szemcsenagyságának szabályozásában nyilvánvaló.

Már 1954-ben megismertük a wolframfém egy instabilis módosulatának, a  $\beta$ -wolframnak befolyását a  $WO_3$  redukciójában. Kimutattuk, hogy a  $\beta$ -wolfram  $\alpha$ -wolframmá történő átalakulásakor igen reakcióképes és a kék ( $W_{20}O_{58}$ )oxidokkal szilárd fázis reakcióban nehezebben redukálható barna ( $WO_2$ )oxidot alkot [23] (HEGEDŰS A., MILLNER T., NEUGEBAUER J., SASVÁRI K.). Már korán mérlegelni kezdtük azt a kérdést, hogy milyen befolyása lehet a  $\beta$ -wolframnak és a szilárdfázis-reakciónak a gyakorlati wolframredukcióban és ezen belül az adalékok hatásossá tételeiben. Azóta igen nagyszámú termomérleges felvételt készítettünk tiszta és adalékos wolframsavak redukciójáról. Ezek

eredményeit hazai és külföldi közleményekben foglaltuk össze [24, 25, 26] (MILLNER T., HEGEDŰS A., NEUGEBAUER J., SASVÁRI K., IMRE L.).

Ezekből itt most a szekunder  $\beta$ -wolfram felfedezését emeljük ki.

Amint említettük, a wolframfém tulajdonságait egyes szennyező atomfajták lényegesen befolyásolják és csakis ezek alkalmazásával lehet vákuumtechnikai és főleg izzólámpa készítésére alkalmas wolframfémot előállítani. A kész fémekben a szennyező atomok már csak  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  num. koncentrációban vannak, mégis a kívánt hatások elérésére  $10^{-2}$  koncentrációban kell azokat a fémgyártás alapanyagához adagolni. Ebből már korán valaminő transiens (a redukcióban jelentkező majd később megszűnő) jelenség működésére következtettünk és ezért a  $\beta$ -módosulat felbukkanása után figyelmünk az  $500\text{ C}^\circ$  körül megjelenő de korábbi megfigyeléseink szerint  $650\text{ C}^\circ$  felett  $\alpha$ -wolframmá átalakuló  $\beta$ -wolframra terelődött [6, 7] (MILLNER T.)

A viszonyok azonban nem mutatkoztak ilyen egyszerűnek. Tapasztalunk kellett, hogy a wolframsav hidrogénes redukciója során az idegen anyagok messzemenően befolyásolják a  $\beta$ -wolfram átmeneti képződését, elbomlását, sőt tulajdonságait is. Rájöttünk, hogy csak az oxigéneken kívül más idegen atomot nem tartalmazó tiszta  $\beta$ -wolfram alakul át  $630\text{ C}^\circ$ -on  $\alpha$ -wolframmá. Felismertük, hogy egyes idegen anyagok (pl. P), sőt éppen a wolframtechnológiában olyan nagyhatású K és Al tartalmú adalékanyagok a  $\beta$ -wolfram átalakulási hőmérsékletét egészen  $800$ – $900\text{ C}^\circ$ -ig is felemelik, a  $\beta$ -wolframot oxidálással szemben feltűnően érzéketlenné (stabilná) teszik, sőt a  $\beta$ -wolframképződés egészen új útjait nyitják meg. Adalékmentes (tisztá)  $\text{WO}_3$ -ból száraz hidrogénnel kék ( $\text{W}_{20}\text{O}_{58}$ )oxidon keresztül egyenesen tiszta  $\beta$ -wolfram keletkezik. Ennek átalakulási hőmérséklete  $630\text{ C}^\circ$  körül van. Ha a tiszta  $\text{WO}_3$  redukciója (pl. vízgőz hatására)  $\text{WO}_2$  oxidon vezet át, a tiszta  $\text{WO}_2$ -ből sohasem keletkezik  $\beta$ -wolfram, hanem csakis  $\alpha$ -wolfram. Adalékos  $\text{WO}_3$  redukációjakor az idegen atomok hatására egymástól függetlenül két ízben keletkezik  $\beta$ -wolfram. Először  $630\text{ C}^\circ$ -nál alacsonyabb hőmérsékleten úgy, mint a tiszta  $\text{WO}_3$ -ból. Ez a  $\beta \rightarrow \alpha$  módosulátváltozás hőmérsékletén kék ( $\text{W}_{20}\text{O}_{58}$ ) oxiddal reagálva barna oxidot ad. Ebből a barna ( $\text{WO}_2$ )oxidból redukciója során (magasabb hőfokon) az idegen atomok által stabilizált újabb  $\beta$ -wolfram keletkezik. E második megjelenési formát, amelyet idegen atomok stabilizálnak, *szekunder  $\beta$ -wolframnak* neveztük el [26] (NEUGEBAUER J., IMRE L., MILLNER T.).

Kimutattuk, hogy szekunder  $\beta$ -wolfram a gyakorlati wolframredukció körülményei között átmenetileg keletkezik is és el is bomlik és megerősödünk abban a feltevésünkben, hogy az adalékanyagok hatásossá tételében az idegen atomokkal oly szoros kapcsolatban álló szekunder  $\beta$ -wolframnak jelentős hatása van. Kutatásainkat ebben az irányban tovább folytatjuk.

A primer  $\beta$ -wolfram kék ( $\text{W}_{20}\text{O}_{58}$ ) oxidból keletkezik. Keletkezésének tanulmányozásához a kék oxid mennél teljesebb ismerete is szükséges. Újabb

közlemények alapján nem zárható ki az a gondolat, hogy a  $WO_3$  hidrogénes redukciójakor olyan kék oxid keletkezik, amely hidroxil csoportokat (tehát hidrogén atomokat) is tartalmaz. Megvizsgáltuk ezért a  $WO_3$  redukcióját elemi szénnel és termomérleges módszerrel megállapítottuk, hogy ily módon is keletkezhetik kék oxid. A kék oxid keletkezése nem igényel tehát hidrogén atomokat. A  $WO_3$  szénoxidos redukciójánál sajátos módon nem észleltünk kék oxid keletkezést (1957, HEGEDŰS A., NEUGEBAUER J., GADÓ P.).

Eddig inkább a természettudományos megismerés, azaz az alap kutatás területére eső újabb eredményeket ismertettünk. Mielőtt ezeknek gyakorlati kihatásait és helyüket a nemzetközi fejlődésben bemutatnánk, legyen szabad még egy másik alap kutatási kérdés csoportban, a wolframfém újrakristályosodásának területén kifejtett hazai munkásságot bemutatni, mivel ez a két terület az adalékanyagok kis nyomainak hatásán keresztül elméletileg és gyakorlatilag elválaszthatatlanul összefügg.

1955 óta kiterjedt vizsgálatokat végeztünk húzott wolframdrótok és ezek között főleg 0,1 mm-es ún. GK-drótok újrakristályosodásának jobb megismerésére és idegen anyag-nyomaik hatásának tanulmányozására.

Előbb megállapítottuk, hogy a kb.  $10^{-5}$  num. koncentrációban csak K és Si adalékatomokat tartalmazó „UC” drótokban — az újrakristályosodás azonos menetű lefolytatásakor — átlagosan csak tizedrész akkora szekunder krisztallitok nőnek, mint a kb.  $10^{-5}$  num. koncentrációban K és Si mellett Al adalékatomokat is tartalmazó „GK” drótokban. Kiderítettük, hogy a két-fajta fém szekunder újrakristályosodási sebessége nem különbözik egymástól, mégis a GK-drótokban azért nőnek sokkal nagyobb kristályok, mert az Al nyomok csökkentik a kristálymagképződés (nukleáció) sebességét. Így a wolframfém szekunder rekrisztallizációjának atomfajtaára érzékeny (specifikus) vonását ismertük fel [27, 28] (MILLNER T., PROHÁSZKA J., HORVÁTH A.).

Eközben észrevettük, hogy az egyes szekunder krisztallitok növekedésének sebessége ingadozó. Ezt a jelenséget részletesen tanulmányoztuk. Az újrakristályosodási folyamatot 2000–2300 K° hőfoktartományban valamely állandó hőmérsékleten indítottuk meg és folytattuk le. Eközben időről időre fényképen rögzítettük azt a képet, amelyet a drót termikus emissziójának segítségével a drót felületéről fluoreszcens-ernyőn keltettünk. Több száz krisztallit több ezer szakaszán megmértük UC és GK drótban a szekunder újrakristályosodáskor a primeren újrakristályosodott finomszemcsés alaphoz keletkező nagy krisztallitok növekedésének sebességét növekedés közben. Összes méréseinkből megállapítható volt, hogy a szekunder újrakristályosodás folyamán keletkező krisztallitok a dróttengely irányában feltűnően nagy sebesség-ingadozással növekednek. Egyetlen krisztallit növekedéss sebességének átlagértékei szakaszonként nem egyszer 1 : 1000 arányban is változnak [29] (PROHÁSZKA J., HORVÁTH A., MILLNER T.).

Az irodalom egyetlen fémnél sem ír le ilyen változó (ingadozó) sebességgel lefolyó szekunder újrakristályosodást. Ez a wolframra jellemző különleges jelenség arra a kérdésre irányította a figyelmet, vajon nem az adaléknyomok mennyisége ingadozik-e a drót mentén, avagy nem gyűjti-e össze maga előtt különböző mértékben a növekvő krisztallit haladó határa a szennyezéseket?

Minden wolframdrót-egyenletességi kérdés nagy gyakorlati jelentősége miatt e sebességingadozás okának kutatásával tovább foglalkozunk.

E kérdés tanulmányozására 1958-ban autoradiográfiai vizsgálatokra is rátértünk és néhány, a wolframnál egyszerűbben vizsgálható fém újrakristályosodásában kezdtük tanulmányozni az oldható és oldhatatlan kis szennyezések viselkedését. Egyelőre megvizsgáltuk  $\text{Ag}^{110}$  atomokkal jelzett 0,01% oldható ezüstszenyezés magatartását rézben, azután  $\text{Au}^{198}$  atomokkal jelzett 0,01% oldható aranszenyezés viselkedését ónban, valamint  $\text{Ag}^{110}$  atomokkal jelzett 0,02% oldhatatlan ezüstszenyezés magatartását ónban.

Kiderült, hogy az ón újrakristályosodásakor az oldhatatlan ezüstszenyezés elhagyja régi helyét és új helyen halmozódik fel. Az öntött öntestekben az aktív ezüstszenyezés a krisztallithatárokon és a szubszerkezet határain található. Megmunkálást követő újrakristályosodáskor az aktív ezüstszenyezés a régi helyeit elhagyja és a primer krisztallitok határain jelenik meg. Huzamos hevítésre új, szekunder krisztallitok keletkeznek, amelyek határa újabb gyülekezőhelye az aktív ezüstszenyezésnek [30] (BARTHA L., PROHÁSZKA J., MILLNER T.).

Ez az érdekes felismerés első lépés lehet a rekrisztallizációs sebesség-ingadozás értelmezése felé. Odáig azonban még hosszú a műszaki fizikai alap kutatás útja, hiszen wolframra még nincsenek is észleléseink autoradiográfiai vagy azzal egyenértékű módszerekkel.

Megfigyeléseink mégis nemzetközi érdekességükké válhatnak a wolframkutatás terén, ha tudjuk, hogy a wolframkutatók egy csoportja [66, 67, 68, 69, 70] (J. L. MEIJERING, G. D. RIECK, G. L. DAVIS; 1956—1958) a nagykristályos wolframdrótok szekunder újrakristályosodásában annak tulajdonít döntő jelentőséget, hogy az ezekben feltevésük szerint oldhatatlan részecskék alakjában jelenlevő K, Si és Al tartalmú szennyezések hosszirányú elrendeződésükkel, mint valami kissé lyukasfalú csövecskerendszer, állandóan hosszirányba terelik a szekunder krisztallitok nagyranövekedését, miközben saját textúrájuk nagyjából változatlan marad.

Mi ezt a nézetet kételkedéssel fogadjuk. Először is: mi például azt találtuk, hogy az Al csökkenti a nukleáció sebességét [27], azaz atomfajtája szerint specifikus hatást vált ki. Ilyesmit zárványokról vagy azok textúrájáról aligha tételezhetünk fel. Másodsor: előbb megvizsgálandónak tartjuk, nem győzi-e le és nem alakítja-e át a részecsketextúrát (ha van ilyen) a növekedő krisztallit, úgy, mint például az ón-ezüst rendszerben. Harmadsor: az adaléknyomok oly kis mennyiségben is hatásosak, hogy számottevő részecskestruktúra

létrehozására nem is elegendők [31] (MILLNER T., PROHÁSZKA J., NEUGEBAUER J.).

Ezért egyelőre kitartunk saját nézetünk mellett, amely szerint: „csakis az atomosan a fémrácsban oldott idegen anyag nyomok segíthetik elő a kristályosodási folyamatokat, az interkristallin szennyezések legfeljebb akadályozhatják azt, vagy közömbösek.” Itt oldott anyagon atomdiszperzen a rácsban levő anyagot értünk akkor is, ha az önként nem oldódik fel benne, hanem abba csak atomdiszperzen belekényszerült; interkristallin szennyezésen pedig zárványokat értünk [6, 7] (1955. MILLNER T.).

Amit itt az újrakristályosodás kutatásáról ismertettünk, az ugyanúgy a műszaki fizikai alap kutatás körébe tartozik, mint az, amit a redukció folyamatáról mutattunk be. Legyen szabad most egy-két példán bemutatnom, miképpen vezetnek gyakorlati gondolatokra és eredményekre is az ilyen talán túlságosan spekulatívnek tűnő vizsgálatok.

Maradjunk mindjárt annál a saját nézetünknel, hogy a K, Si, Al tartalmú adalékok atomfajtái atomosan és ezért specifikusan hatnak. Már 1955-ben kifejtettük azt a gondolatot, hogy vannak atomok, amelyek a rácsba kerülve elektronrendszerük miatt a plasztikus alakváltozásban nehezen tudnak részt venni és ezért a megmunkálási ellenállást növelik. E tekintetben hátrányosak tehát, bár a nagykristályos tulajdonságok eléréséhez nélkülözhetetlenek [6, 7] (MILLNER T.). Azóta pedig megállapítottuk, hogy az Al atomok akadályozni képesek a kristálymagképződést.

Amikor felmerült az az ipari igény, hogy egy, a K, Si, Al-os drótoknál jóval képlékenyebb, azaz közönséges hőmérsékleten alaktartóan jobban formálható wolframdrótot készítsünk, amelynek újrakristályosodási hőmérséklete azonban ne legyen túlságosan alacsony, elhagytuk a három atomfajta közül az egyik atomfajtát és így — kissé talán túlozva azt mondhatnánk, hogy komolyan véve saját alap kutatásunkat — olyan wolframdróthoz jutottunk, amely pl. rádiócsövek rácsának készítésére a K, Si, Al-os drótnál alkalmasabb, mert képlékenyebb és újrakristályosodási hőfoka mégis 2000 C° [32] (MILLNER T., NEUGEBAUER J.).

Fokozatosan egyre jobban kialakuló másik gondolatunk is gyakorlati eredményt hozott. Már 1953-ban úgy találtuk, hogy a K, Si, Al-os wolframfémek jó tulajdonságainak előidézéséhez csak rendkívül kevés, de a rácsban „oldott” adaléknyomra (hatóanyagra) van szükség. Olyan eljárást alakítottunk ki, amelyben az adalékanyagok eloszlásának egyenletességét a redukció WO<sub>2</sub>-szakaszában alkalmazott keveréssel fokoztuk és a zsugorítás menetének módosításával a fémbe visszamaradó interkristallin adaléknyomok mennyiségét lényegesen csökkentettük. Ezzel a drót jó tulajdonságainak egyenletességét megjavítottuk és lehetőséget nyújtottunk még az addigiaknál jóval nagyobb méretű wolframrudak üzemszerű készítésére is [22, 33] (MILLNER T., NEUGEBAUER J.). Néhány évig ez az új eljárás, az ún. nagydrótdolgozás,

az alatt a gyanú alatt állt, hogy alkalmazásával nemcsak a káros interkrisztallin zárványokat, hanem a hasznos (rácsban oldott) adaléknyomokat is túlságosan csökkentjük. Sok év tapasztalata igazolja azonban most már, hogy a nagykristályos sajátságok és egyéb hasznos tulajdonságok inkább javulnak, mint romlanak az új módszerrel, amely fokozatosan teret nyer az üzemben.

Az idegen atomok hatásáról és a szennyezések hatásáról szerzett ismereteink kétségtelenül nagymértékben járultak hozzá ahhoz is, hogy a hazai vákuumtechnikai ipar 1954—1955 folyamán minőségi és jelentős gazdasági előnyökkel térhetett át kínai wolframércék hazai feldolgozására a wolframgyártásban [34] (MILLNER T., NEUGEBAUER J., VAS E.).

Az elmúlt években a wolframredukció és a wolframújrakristályosodás terén végzett alap kutatás mellett még sok csatlakozó területen is folyt műszaki fizikai kutatómunka.

Az 1960. év legnagyobb érdekessége, hogy az Egyesült Izzó GK-wolframdrótját, amely K, Si és Al adaléknyomokat kb.  $10^{-5}$  num. koncentrációban tartalmaz, szobahőfokon 15—25% nyúlásra tettük képessé. Szobahőfokon ily nagy nyúlás a szokott 3—5% helyett nagy meglepetésnek számít és nemzetközi újdonságot jelent. A. N. HOLDENNAK a diszlokációk és szennyező atomok kölesönhatásáról közzétett felfogása alapján az észlelt nagymértékű nyúlás magyarázatát abban látjuk, hogy megtaláltuk a GK-wolframdrótnak azt a hőkezelését, amelynél a megmunkálásból származó diszlokációk közül éppen annyi marad meg a drótban, amennyi a jelenlevő idegen atomkoncentráció mellett a lavinyszerű csúszáshoz legmegfelelőbb. HOLDEN szerint az ilyen nagy nyúlásnak kifejezett felsőfolyáshatárral kell együttjárnia. 0,6 mm-es nagy nyúlású drótjainkban az alsónál valóban 8 kg/mm<sup>2</sup>-rel nagyobb felsőfolyáshatár jelentkezik (PROHÁSZKA J., MILLNER T.; másutt még közzé nem tett vizsgálatok). Azt reméljük, hogy „strain-aging” jelenséget is fogunk észlelni az ilyen wolframdrótoknál.

1959-ben kiváló alkalmunk nyílt a Magy. Tud. Akadémia kiküldetésében E. REXER prof.-nál az Inst. f. angew. Physik. d. Reinststoffe című intézetben Dresdenben elektronbombázásos vándorlózónás olvasztással wolframrudakat olvasztani. Ilyen wolframrudak feldolgozásával megállapítottuk, hogy amíg a rúd meg nem olvasztott feléből készült és K, Si, Al nyomokat kb.  $10^{-5}$  num. koncentrációban tartalmazó wolframdrót újrakristályosodási hőmérséklete 2000 C° fölött van, addig a megolvasztott rúdrészből készült drót, amelyből olvasztáskor e kis szennyezések is nagyrészt elpárologtak, már 800—900 C°-on teljesen újrakristályosodik. Ezzel mindenki számára szemmel láthatóvá vált a kis szennyezések nagy technológiai hatása a wolframgyártásban. E sokat ígérő vizsgálatokat tovább folytatjuk.

1955-ben olyan berendezést ismertünk meg a Szovjetunióban, Moszkvában, az Elektrozavod-izzólámpagyárban, amelyet gyors tartósfolyás-vizsgálónak nevezhetnénk. Ebben kb. 1 mm-es wolframdrót kb. 40 cm-es darabját



0,1–2,0 kg-os terheléssel 2200–2500 C° hőmérsékleten néhány órás tartós-folyásra lehet megvizsgálni. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben szovjet dokumentáció alapján elkészült ilyen készülék. Feltételeztük, hogy különböző adalékanyaggal készült wolframdrótok jól mérhetően különbözően fognak viselkedni ebben a készülékben és így egyrészt szét fogjuk választani a különböző adalékfajták atomjainak hatását egymástól és másrészt közelebb jutunk az izzóspirálok áthajlásának megismeréséhez, hiszen ez sem más, mint önsúly alatt bekövetkező magashőfokú tartós-folyás (megnyúlás) a kész lámpákban. Kiderült azonban, hogy az ebben a készülékben mérhető tartós-folyásra a legnagyobb hatással a wolframrudak zsugorításmenetének variációja van. Azt reméljük, hogy ilyen mérésekkel szétválasztható lesz az interkristallin (zárványos) szennyezések és a rácsban oldott szennyezések befolyása az áthajlásra, (SASS Lóránt; másutt még közzé nem tett vizsgálatok).

A  $\beta$ -wolfram idealizált kristályszerkezete már régebben ismeretes. Kevésbé érthető azonban, milyen módon stabilizálhatják, azaz emelhetik fel  $\alpha$ -wolframrácsba való átalakulásának hőmérsékletét idegen atomok (mint pl. O, P, As, Al, K, stb.).

Erre irányuló vizsgálataink közben merült fel az a gondolat, hogy a  $\beta$ -wolfram rácsszerkezetét két különböző elektronállapotú atomfajta alkothatja  $W_3^*W$  arányban (NEUGEBAUER J.). Elektronhéjszerkezeti támaszpontokat találtunk arra nézve, hogy a  $\beta$ -wolframban (és az összes eddig ismert  $\beta$ -wolfram rácsú  $A_3B$  típusú intermetallikus vegyületben, valamint a  $\delta$ -fázisokban) kovalens kötéssel is egymáshoz fűzött atomláncok vannak jelen. Ezt 1957-ben előadtuk egy Ősz-szövetségi Metallurgiai Konferencián Moszkvában és úgy ott, mint egybeült publikáltuk is [35, 36, 37] (MILLNER T.).

Itt említjük meg, hogy ha  $\beta$ -wolframporból hidraulikus préssel rudakat sajtolunk úgy, amint az a wolframgyártásban általában szokásos, akkor azt észleljük, hogy a  $\beta$ -wolframpor préselés közben úgy csikorog, mintha homokot, azaz valamiféle rideg port, nem pedig fémport préselnénk. Mi ebben a jelenségben a plasztikus tulajdonságok hiányát látjuk és ez szerintünk összhangban van a  $\beta$ -wolframban feltételezett kovalens kötéshelyzettel, amely irányítottottságánál fogva rideg magatartást eredményez az iránytól sokkal függetlenebb fémes kötéssel szemben.

Sokat remélünk azoktól a lehetőségektől, amelyeket a Műszaki Fizikai Kutató Intézetben 1959-ben felállított HILGER mikrofókuszos stabilizált röntgengenerátor és Hilger GM-csőves regisztráló diffraktométer jelentenek, pl. abban a tekintetben is, hogy jobban megismerhetjük majd a  $\beta$ -wolframrács és a stabilizáló idegen atomok kapcsolatát, ami oly nagy jelentőségű a wolfram-redukcióban is.

Mivel a gyakorlati wolframredukció alapanyaga nemcsak kicsapott  $WO_3 \cdot H_2O$  lehet, hanem sok helyen erre ammóniumparawolframátot, vagy

ebből előállított és esetleg még kevés  $\text{NH}_3$ -t is tartalmazó  $\text{WO}_3$ -ot használnak, fontos kérdés, nem keletkezik-e ez utóbbiakból hidrogénes redukciókor nitrogéntartalmú átmeneti vagy végtermék.

Sok termomérleges és röntgenanalitikai vizsgálatot végeztünk ennek a kérdésnek tisztázására. Eközben száraz és nedves áramló  $\text{NH}_3$ -gázzal is redukáltunk wolframtermékeket és eközben egy új vegyületet, egy ammónium-wolframbronzot ismertünk fel. Kiderítettük, hogy ammóniumparawolframát ammóniás redukójakor először ez a bronz-, majd wolframoxidnitrid keletkezik és ebből előbb  $\beta$ -wolframnitrid, majd végül  $900^\circ\text{C}$ -on  $\alpha$ -wolfram képződik. A gyakorlatban azonban nem redukálunk  $\text{NH}_3$  gázzal, hanem tiszta hidrogénnel és ez esetben — úgy találtuk — nem kell számolni ezekkel a nitrogéntartalmú fázisokkal [38, 39] (NEUGEBAUER J., HEGEDŰS A., MILLNER T.). Amennyiben a redukcióban  $\text{NH}_3$  mégis részt vesz és a redukció  $\beta$ -wolframra keresztül folyik, akkor  $\beta$ -wolframról és  $\text{NH}_3$ -ból egy eddig le nem írt, WN összetételű és önálló kristályrácsú wolframnitrid, az általunk  $\varepsilon$ -wolframnitridnek nevezett vegyület keletkezik. Ez legalább  $800^\circ\text{C}$ -ig stabilis termék.

Analóg vizsgálatokat végeztünk ammóniummolibdát készítményekkel is. Ebből a kutatási anyagból itt most csak a következő érdekességet emeljük ki. Míg  $1000^\circ\text{C}$ -ig sem az  $\alpha$ , sem a  $\beta$ -wolfram nem alkot sem száraz, sem nedves  $\text{N}_2 + \text{H}_2$  gázelegyekben nitridet, addig molibdénfémporból ilyen körülmények között  $\text{MoN}_{0,4}$  összetételű  $\beta$ -molibdénnitrid keletkezik. Ha ennek keletkezését el akarjuk kerülni, akkor a molibdénredukciónak abban a szakaszában, ahol a fém képződik, nitrogén jelenlétét gondosan meg kell akadályozni [40] (HEGEDŰS A., SASVÁRI K., NEUGEBAUER J., GADÓ P.).

Az ammóniumwolframbronzok és az  $\varepsilon$ -wolframnitrid felismerése érdekes szerves kémiai tény. Feltűnő, hogy a wolfrám és molibdén kémiája még mennyi ismeretlen részletet rejt magában.

A molibdénredukció tématerületén egy kandidátusi értekezés (SÁRDI A.) a  $\text{MoO}_3 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Mo} + 3 \text{H}_2\text{O}$  bruttóreakcióban keletkező oxidok egyensúlyi feltételeit kereste és kimutatta, hogy a vízgőz-hidrogén aránynak 0,02 és 10000 közé eső tartományában a  $\text{MoO}_3$  és  $\text{MoO}_2$  között a  $\text{Mo}_4\text{O}_{11}$  fázison kívül a  $\text{Mo}_9\text{O}_{25}$  fázis is keletkezik legredukáltabb fázisként, de egyúttal azt is megállapította, hogy a  $\text{MoO}_3$ — $\text{Mo}_9\text{O}_{26}$ — $\text{MoO}_{11}$ — $\text{Mo}_4\text{O}_2$ — $\text{Mo}$  fázisok csak redukáló irányban keletkeznek egymásután egymásból, oxidáló irányban a  $\text{Mo}_4\text{O}_{11}$  és  $\text{Mo}_9\text{O}_{26}$  nem állíthatók elő  $\text{MoO}_2$ -ből. Ezért nem közöl az irodalom kémiai fázisegyensúlyi ábrát a  $\text{MoO}_3$  hidrogénes redukációjáról. Ennek pótlására a kandidátusi értekezés elkészítette az említett fázisok fázismegjelenési ábráját, amelyből leolvasható, hogy a  $300$ — $1100^\circ\text{C}$ -os hőmérséklettartományban valamely hőfokon mely vízgőz-hidrogén arány mellett jelennek meg az egyes fázisok legredukáltabb fázisként egy bizonyos hosszú idő alatt. E megállapításoknak jelentős értéke van a gyakorlati molibdénredukció számára.

A vákuumtechnikai ipar központi témái éppen úgy, mint a kiegészítő vizsgálatok, az alap kutatás is, meg a gyakorlatibb célú műszaki kutatás is, nemzetközi színvonalú preparatív és analitikai alátámasztást is igényel.

Ezért a wolfram nyomszennyezéseinek meghatározására az utóbbi években a következő módszerek kerültek kidolgozásokra:

P	mérésére turbidimetriás módszer	$1 \cdot 10^{-5}\%$ határig [41, 42]	(HEGEDŰS A., DVORSZKY M.)
Mn	mérésére spektrográfiás módszer	$1 \cdot 10^{-3}\%$ határig (HORKAY F.né)	
Al	mérésére spektrográfiás módszer	$1 \cdot 10^{-3}\%$ határig (HORKAY F.né)	
Si	mérésére spektrográfiás módszer	$1 \cdot 10^{-3}\%$ határig (HORKAY F.né)	
Mg	mérésére spektrográfiás módszer	$1 \cdot 10^{-3}\%$ határig (HORKAY F.né)	
N	mérésére mikro Kjeldahl módszer	$1 \cdot 10^{-4}\%$ határig (FUKKER K., DVORSZKY M.)	
As	mérésére mikro Marsh módszer	$1 \cdot 10^{-4}\%$ határig (HEGEDŰS A., DVORSZKY M.)	

Fáziselemzés céljából röntgenanalitikai módszerek kerültek kidolgozásra  $W_{20}O_{58}$ ,  $WO_2$ ,  $\beta$ -wolfram és  $\alpha$ -wolfram keverékei számára (GADÓ P.). Módszereket dolgoztunk ki nagy tisztaságú  $WO_3$ , valamint kristályos  $W_{20}O_{58}$ ,  $W_4O_{11}$  és  $WO_2$  előállítására (MARTIN K.).

Ezekből a mozaikszerű részletekből kialakul talán fokozatosan annak a műszaki fizikai kutatási tevékenységnek többé-kevésbé hű képe, amely a hazai izzólámpaipar érdekében a hazai kutatóintézetekben, azaz az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében és az iparági Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben egymással összeszővődve és az érdekelt iparral a legjobb együttműködésben folyik.

Akad azonban ez intézetek keretén kívül is időnként olyan kutatómunka, amely természeténél fogva itt is említést kíván. Így például a Vasipari Kutató Intézetben folytak le néhány éve azok az érdekes vizsgálatok, amelyek egyszerű mágneses mérésekkel is alátámasztva kimutatták, milyen nagy mértékben változtatja meg már 2–3% mangántartalom is a 44% nikkelt tartalmazó vasnikkel ötvözetek hőkitérjedési együtthatójának anomális hőfoktartományát. Ezekből az ötvözetekből készülnek az izzólámpaiparban az izzólámpák árambevezetőinek üvegbe forrasztott szakaszai. A mangántartalom hatása ezeknek az üveg-fém kapcsolatoknak légmentes zárását veszélyezteti. Ezért e vasnikkel ötvözetek mangántartalmának figyelembevétele fontosnak bizonyult az izzólámpaipar számára [43, 44]. (MILLNER T., WELESZ R.). Így került sor olyan grafikonok kidolgozására, amelyek e többkomponensű ötvözet analitikai adatainak és kiterjedési együtthatóinak összefüggését, mint a hőmérséklet függvényét ábrázolják. Ezt a gyakorlati célt szolgáló ipari kutatómunkát a VERŐ József prof. vezetése alatt működő Vasipari Kutató Intézet végezte el az izzólámpaipar számára (FUCHS E.).

Semmi sem természetesebb, mint az, hogy a kutatóintézetek munkája mellett magában az Egyesült Izzóban is jönnek létre kiváló kutatási eredmények a vállalat műszaki tevékenységének és fejlesztő munkájának legkülönbözőbb területein. Az izzólámpagyártás területén néhány ezek közül az utóbbi időben nemzetközi szabadalmi védelmet is nyert.

A háború után az USA-ból indult útjára az a fajta izzólámpa, amelynek üvegbúrája belső felületét finom fehér füstlerakodás borítja. Ez a réteg a kavasavdietylészter nevű szerves szilíciumvegyület elégetésekor keletkező kb. 0,3 mikronos, amorf  $\text{SiO}_2$  gömböcskék halmaza és az opálüveghez hasonlóvá teszi a búrát. Az ilyen réteg fényelnyelése csak 5–7% az opálüvegek 8–20% fényelnyelésével szemben [45] (USA 2.545.896 és Magy. szab. 140.780).

Az Egyesült Izzó ma ennél sokkal egyszerűbb eljárással milliószám állít elő olyan belső bevonatos búrájú izzólámpákat, amelyek opálüvegnél olcsóbb bevonata kötőanyagtartalmú  $\text{TiO}_2$ -réteg ráégetésével készül. Ezzel az eljárással a vállalat a fényelnyelést 5–10% között kívánalom szerint állíthatja be és az áttetszőséget is szabályozhatja [46]. (KARDOS F., Magy. szab. 142.007 és több külf.)

Az Egyesült Izzó néhány éve kryptongyárat létesített és ebben megvalósította a kryptongáz és a xenongáz külön előállítását. Ezzel megnyílt a lehetőség arra, hogy akár tiszta xenont is alkalmazhasson lámpatöltőgázként. A xenonnak nagy előnye van például a bányalámpáknál. A bányalámpák olyan akkumulátortelepről táplált kis izzólámpák, amelyek feszültsége néhány volt, azaz nem éri el a xenon 12.13 volt ionizációs feszültségét és ezért ivleégés veszélye nélkül tölthetők tiszta nemesgázzal, így pl. xenonnal is. A xenonos bányalámpák a nitrogén elhagyása, a xenon nagy atomsúlya (130,2) és egyéb okok miatt 30%-kal több fényt szolgáltatnak azonos energiáért nem xenonos, azaz argon-nitrogénes társaiknál [47] (THEISZ E. Magy. szab. 143.639 és több külf.).

Készülnek xenontöltéssel az Egyesült Izzóban 10–40 voltos vetítőlámpák is. Kiderült, hogy megfelelő konstrukció mellett ezekben is nagy fénynyereséggel alkalmazható xenon argon helyett még akkor is, ha az ivleégés elkerülése végett kevés nitrogént is kell elegyíteni a töltőgázhoz [48]. (THEISZ E., GÁCS F. és társai, Magy. szab. 144.591 és több külf.).

Rendkívül érdekes, hogy a xenongáz alkalmazásával elérhető fénynyereség több, mint amennyit a termodiffúzió (Ludwig—Soret- és Chapman-jelenség) alapján várni lehetne. Itt úgylátszik eddig még figyelmen kívül hagyott egyéb okok is működnek. Ez a tény további kutatásra ösztönöz.

Inkább fejlesztési, mint kutatási jellege van azoknak az eredeti eredményeknek, amelyeket az Egyesült Izzó műszaki gárdája az autólámpák és projekciós lámpák terén ért el, ahol a vállalat fejlesztése fej-fej mellett halad a nemzetközi fejlődéssel [49] (GÁCS J. és társai 143.850; THEISZ E., GÁCS J. és társai Magy. szab. 144.591 és több külf.) [48].

Ismeretes, hogy a hálózati feszültségű gáztöltésű izzólámpákban kiégéskor, sőt néha máskor is, ívkisülés keletkezik a gáztérben. Ennek romboló hatása ellen a gáztöltésű izzólámpákba beszerelt biztosítódrót véd. Az is ismeretes, hogy a spirálisok méreteinek kellő megválasztásával és a nemesgáztöltéshez kevert kevés nitrogénnel az ívképződés annyira korlátozható, hogy a lámpáknak ettől függetlenül megszabott élettartamára nincs mérhető hatása. Néha azonban érezhető mértékben mégis van ívleégés.

Az Egyesült Izzóban merült fel először az a gondolat, hogy a levegő természetes sugárzóanyagtartalma (radontartalma) és esetleges sugárzó szennyezettsége a levegőcseppfolyósításon keresztül történő argon, krypton stb. előállításnál időnként feldúsulhat és az átlagosnál nagyobb mértékben a lámpákba kerülve ott idényszerű ívleégéseket okozhat. Ennek elkerülésére az Egyesült Izzó több eljárást helyezett szabadalmi védelem alá [50] (LÉVAI J. Magy. szab. 146.289 és több külf.).

Az ívleégés csökkentésére az Egyesült Izzó és a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet munkatársai más utat is találtak. Széleskörű laboratóriumi mérésekkel megállapították, mi a műszaki értéke annak a régi megfigyelésnek, hogy egyes esetekben hidrogénnel megszüntethető az ívleégések gyakorisága. Az ívleégés számszerű tanulmányozása általa vált lehetségessé, hogy ma a gáztöltésű duplaspirállámpák mind biztosítékdrróttal készülnek és megfigyeltük, hogy valahányszor ívkisülés mutatkozik kiégéskor a lámpákban, a biztosítékdrrót „kiolvad”. Ez történik akkor is, ha a lámpa végigéli párolgásmegszabta természetes életkorát és izzószála végül is valahol kettéválik. A duplaspirállámpák túlnyomó többsége így fejezi be szabályos életét. A biztosítékdrrótokat figyelve könnyű volt megállapítani, hogy kevés hidrogén adagolásával valóban meg lehet gátolni az ívképződést. A következőket állapíthattuk meg.

Nagyobbszámú, foszforral getterezett 110v/40dlm krypton duplaspirállámpát készítettünk és égettünk. A hidrogént nem, csupán 10% nitrogént tartalmazó kryptonlámpák közül 95% ívleégéssel (biztosíték megszólalással) fejezte be működését. A 0,5% hidrogént és csupán 6% nitrogént tartalmazó lámpák közül csak 17%-ban égett ki a biztosítékdrrót (egyébként gyakorlatilag azonos minőség mellett).

Nagyobbszámú, foszforral getterezett 110v/40dlm argon duplaspirállámpát készítettünk és égettünk. A csupán 2% nitrogént tartalmazó argonlámpákban 0,1% hidrogén kb. 10%-ra, a 0,5% hidrogén alkalmazása pedig 0%-ra csökkentette az ívvel kiégő lámpák számát [51]. (MILLNER T., THEISZ E. Magy. szab. 145.910, Szovjet szab. 122.816, és több külf.).

Mindez ipari bevezetésre kecsegtetőnek látszik. Azonban az izzólámpákban az üvegpálca és lencse ma még sok ólomoxidot tartalmazó ólomüvegből készül. Ez a hidrogénnek alkalmat ad arra, hogy vízmolekulákat alkosson, ezek viszont károsan hatnak az izzószálra. E módszer gyakorlati alkalmazásá-

nak kilátásai akkor nőnek meg, ha megvalósul az ólomüvegek helyettesítése ólommentes üveggel.

Nem mai keletű, de az utóbbi években nőtt meg az ipari jelentősége annak a megfigyelésnek, hogy az 1–2%  $\text{ThO}_2$ -ot tartalmazó wolframdrótok sok nehézséggel járó mechanikai megmunkálása rendkívül megjavítható, ha a zsugorított rudak kovácsolását nem tiszta hidrogénben, hanem széntartalmú, pl. világítógáztartalmú hidrogénben hevítve végezzük. Sok jel vall arra, hogy ilyenkor csekély szénfelvétel következik be, amely a  $\text{ThO}_2$  szemcsék felületét redukálva jó kapcsolatot teremt a fémwolfram és az idegen anyag-szemcsék között. Ebben az eljárásban az a meglepő, hogy a szén úgy ismeretes, mint a wolframfém első számú közellensége, mint olyan anyag, amely wolframkarbidképződés folytán már kis nyomokban is törekenységet okoz. Ez általában így is van, csak éppen a  $\text{ThO}_2$  tartalmú wolframnál van ellenkezőképpen [52] (MILLNER T., TURY P. Magy szab. 144.445 és több külf.).

Ezeknek az ismereteknek hasznosításaként a Magyar Adócső Gyárban kifejlesztették a régebbi gazdaságtalanabb tiszta wolframkatódú adócső sorozat helyett a modern tóriumos wolframkatóddal készülő gazdaságosabb nagy-adócső típusokat. Ezek segítségével a felszabadulás után teljesen adócső-importra szoruló magyar ipar Európa egyik jelentős adócső exportálójává vált. Ezen csövekbe beszerelve jut el az előzőek szerint készülő tóriumos wolfram a világ majd minden tájára.

Ilyen kép bontakozik ki előttünk, ha a hazai műszaki fizikai alapkutatást, a technológiai kutatást és elvi fejlesztést belülről nézzük. Legalább olyan fontos azonban, hogy mindezt a nemzetközi szakirodalomban megnyilvánuló fejlődés tükrében is szemügyre vegyük.

Akár a nemzetközi folyóiratirodalmat, akár a szabadalmi leírásokat, akár a könyveket tekintjük át, arról győződünk meg, hogy 1945 után csaknem egy évtizeden át alig jelent meg nagyobb kihatású wolfram- vagy izzólámpa-közlemény. Ami mégis megjelent, azt az 1955. évi beszámolóink figyelembe vette.

Kérdezhetnénk tehát, hogy indokolt-e ma is az az intenzív wolframkutatás, amelyet itt felvázoltunk? A legújabb irodalom alapján erre igen határozott választ adhatunk.

Az utolsó néhány év idevágó közleményéből azt látjuk, hogy azok a kérdések, amelyeket mi a wolframgyártás sarkalatos alapkérdéseiként egy évtizede művelünk, újabban minden wolframgyártásban érdekelt ipari ország kutatását erősen foglalkoztatják. Vegyünk sorra néhány szűkebb részletkérdést ezek közül.

Átment fokozatosan a nemzetközi köztudatba az, hogy a  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  num. koncentrációban jelenlevő jellegzetes idegen anyagnyomoknak a szilárdtest tulajdonságok megszabásában nagy befolyásuk van. Természetes, hogy a wolframkutatásban is nagy érdeklődés jelentkezett nagy érzékenységgű spektrográfiai módszerek iránt. Szénadagolással, azaz karbidképződéssel el-



érték, hogy a wolframinták spektrumából elmaradtak az összes wolfram-vonalak és csak a szennyezések vonalai jelentek meg a felvételeken [53] (1951 A. LOUNAMAA, Finnország). Így kb. 15 fontos szennyezés meghatározása vált lehetségessé  $1.10^{-6}$  súly% határig. Később azzal fokozták ennek a módszernek érzékenységét, hogy  $WO_3$  helyett W-ből indultak ki. Így a 6 legérdekesebb szennyezés meghatározása  $1.10^{-7}$  súly%-ig lehetségessé vált [54, 55] (1959. DYK és VELEKER, USA).

Rajtunk kívül mások is észrevették, hogy a  $WO_3$  hidrogénes redukciójának szelvében-hosszában használt fázisegyensúlyi ábrája nem hibátlan és hozzákezdtek ennek az igazán alapvető kérdésnek a rendezéséhez [56] (1958, GRIFFIS, USA).

A  $WO_3$  gőzének molekulái is csak legújabban váltak ismertté. Tömegspektrométeres mérésekkel kimutatták, hogy a  $WO_3$  nem szimpla, hanem tripla molekulákat alkot a gáztérben és gőzében pl.  $1219\text{ C}^\circ$ -on a  $(WO_3)_3$ : $(WO_3)_4$ : $(WO_3)_5$  molekulák aránya 561:168:1. [57] (1957, BERKOVITZ, CHUPKA, INGRAM, USA). Majd ezt megerősítve azt is megállapították, hogy a  $WO_2$  nem  $WO_2$  molekulákkal veszi körül magát, hanem pl.  $1051-1385\text{ C}^\circ$  között  $(WO_3)_3$  gőzre és W fémre bomlik. Gőzében  $1120\text{ C}^\circ$ -on 85%  $(WO_3)_3$  és 15%  $WO_3$  molekula van [58] (1958, BLACKBURN, KOCH, JOHNSTON, USA).

A  $WO_3$  és  $MoO_3$  hidrogénes redukciójának termomérleges vizsgálatáról csak néhány közleményt ismerünk. Egy legújabb vizsgálat arról számol be, hogy a redukció  $WO_2$ -W szakaszában a K- és Si-tartalmú adalékok meggyorsítják a redukciót és ezt a vízgőz jelenléte nem lassítja. A tiszta  $WO_2$ -W szakaszban a vízgőz jelentősen lassít [59] (1959. VANMAKER, VERHEIJKE, PARCHEN; Hollandia).

A  $WO_3$  kevésbé felderített vízgőzös illékonyságáról két dolgozatot ismerünk. Ezek azt állapítják meg, hogy a vízgőzös gáztérben a wolframtrioxid  $WO_3 \cdot H_2O$ , vagy  $WO_2(OH)_2$  molekulák alakjában van jelen [60] (1959. MEYER, OOSTEROM, VAN OEVAREN; Hollandia és 1956 GLEMSER, VÖLZ; Német Sz. K.) [61]. A  $WO_2$ ,  $W_4O_{11}$  stb. vízgőzös illékonysága még teljesen nyitott kérdés.

Ezek a közlemények inkább a redukciós folyamat kutatása körül csoportosulnak. Egyre több közlemény boncolja azonban a kis szennyezések rekrisztallizációra kifejtett hatásának mechanizmusát is.

1957/58-ban egy elektronmikroszkópos és neutroindiffrakciós módszerekkel is vizsgáló olyan dolgozat jelent meg, amely tőlünk függetlenül több, már 1955-ben közzétett gondolatunkat is tartalmazza. Ez a munka pl. éppen úgy el nem döntött kérdésnek tekinti azt, hogy a hatásos adaléknyomok oldott idegen atomokként, vagy kis zárványokként hatnak-e mint mi és azt írja, hogy „közönséges oxidzárványok nem képesek az újrakristályosodás visszatartására és a nukleáció csökkentésére.” [62] (1957/58, SWALIN, GEISLER; USA).

Ezt az alapkérdést jelentékenyen viszik előre azok a tanulmányok, amelyek wolframrudak és drótok cseppfolyós hidrogén hőmérsékletén mérhető maradékellenállását határozzák meg és abból kimutatják, hogy a K,  $\rightarrow$ Si— és Al-tartalmú adalékokból legalább is az Al-nyomok Al atomjai valóban oldva vannak a wolfram rácsában [63, 64, 65] (1958, KRAUTZ, SCHULTZ; Német Sz. K.).

Már említettük, hogy MEIJERING és RIECK inkább a zárványszerű szennyezéseknek és azok textúrájának tulajdonítanak jelentőséget. Bizonyítják, hogy a húzott drótok rostos szerkezetének nyoma marad még a szekunder kristallitokban is, a részecsketextúra túléli tehát szerintük a rekrisztallizációt is. Ez persze nem fedi nemcsak a mi, hanem pl. a német kutatók nézeteit sem, viszont tartalmaz jelentős tényeket [66, 67, 68] (1956–58, MEIJERING RIECK; Hollandia).

Az angol szerzők egy része ugyancsak a holland szerzők nézetét vallja, de kiváló, wolframrekrisztallizációról szóló tanulmányukban nagy elismeréssel említik meg a mi nézeteinket is [69, 70] (1958, DAVIS, BURDON; Anglia).

Japán kutatók is értékes tanulmányokkal járulnak hozzá a szennyezők hatásának vitatott kérdéseihez [71] (1956, OCHI; Japán).

Ahelyett, hogy magunk foglalnánk össze ezt a nemzetközi anyagot, idézzük egy angol izzólámpagyár kutatóinak nézetét. Eszerint: ahhoz, hogy a wolframdrótok alaktartását és egyenletességét tovább fokozhassuk, egyaránt kell alapkutatást és fejlesztést folytatnunk ezen a területen. Ennek arra kell irányulnia, hogy az eddignél jobban megértsük a kis szennyezéseknek a rekrisztallizációra gyakorolt hatását [72] (1959, JONES, LEACH, Anglia).

Mielőtt összefoglaló pillantást vetnénk a hazai izzólámpa- és wolframkutatásnak erre a mozaikképére, vegyünk előbb még szemügyre a rádiócső-kutatás egy eredményét is, mert ebből nyilvánvalóvá válik, hogy az izzólámpa- és wolframkutatás felismerései más területeken is hasznohozók, ami végül is minden ipari alapkutatás fokmérője.

A wolframkutatásban és főleg a redukció vizsgálatában kidomborodott előttünk a szilárd fázisok módosulátváltozásainak befolyása az idegen atomok rácsbaépülésében. Ez elvezetett bennünket a rádiócsőiparban használt alumíniumoxid szigetelőképességének megjavításához. Az indirekt fűtésű rádiócsövek katódjait olyan wolframszál fűti, amelyet alumíniumoxid-bevonat burkol. Ennek a bevonatnak 1000 C°-nál magasabb hőmérsékleten is kitűnően kell szigetelnie. Az alumíniumoxid természetes jó szigetelőképességét kis szennyezések nagyon rontják. Ezek eltávolítására az alumíniumoxid ívkemencében történő megolvasztását használják. Mi felismertük, hogy a kis szennyezéseket úgy lehet sokkal jobban és egyszerűbben is eltávolítani, ha igen finomszemcsés  $\gamma$ - vagy  $\alpha$ -alumíniumoxidporból az ép korundrácsú szemcséket lassú (pl. 1450 C°-on 2–4 napig tartó) hevítéssel alakítjuk ki, mert a szennyező atomok a rácsátalakulás közben a legmozgékonyabbak és a legkönnyebben ekkor párolognak el. Ezzel az eljárással hazai alapanyagból,

egyszerű eszközökkel, korundolvasztás nélkül lehet fokozottan jó szigetelő-képességű alumíniumoxidképzőanyagokat előállítani [73] (1953, HEGEDŰS A., MILLNER T., Magy. szab. 143.548 és több külf.).

Igen tiszta alumíniumoxidoknak is lehet rossz a szigetelőképességük. Ilyenkor a félvezető tulajdonságokat okozó saját Al- vagy O-atomok rontják le a szigetelőképességet. Ezek, mint annyi más oxidban, itt is kis túlsúlyban lehetnek a rácsban. Az irodalom azt írja, hogy az oxigénben hevített alumíniumoxid rácsában kis oxigénfelesleg lehet és ezáltal szigetelőképessége nő. Mi az ellenkezőjét találtuk, és kidolgoztunk olyan eljárást, amelyben a szemcsék stabilis korundrácsát az előző eljárás egyszerű eszközeivel hidrogén jelenlétében alakítjuk ki, azaz távoltartjuk a rácskialakulás közben az oxigént és ezzel nagyságrendekkel jobb szigetelőképességet érünk el, mint levegőn vagy éppenséggel oxigénben történő hevítéssel [74] (1959, MILLNER T., FUKKER K., MARTIN K., DVORSZKY M., Magy. szab. és több külf.).

A külföldi helyzetképet egybevetve a most ismertetett hazai wolfram- és izzólámpakutatásunkkal, azonnal szembetűnik, hogy az az aktuális és súlyponti kérdések megoldásán fáradozik. Sőt talán még azt a megjegyzést is megkockáztathatnánk, hogy egyes pontokon élen jár. Erre mutat talán az is, hogy wolframisereteinkkel nem egyszer álltunk már a baráti országok, Kína, Német Dem. Köztársaság, sőt a Szovjetunió rendelkezésére.

Azonban önmagunkat bírálva azonnal fel is tehetünk egy kínálózó kérdést: nem lenne ma már elegendő ezt a kutatást pl. az érdekelt iparvállalatra bízni és az erőket valami újabbra-jobbra fordítani? Mert így szólhatna valaki: a szénszálas izzólámpa megjelent, meghódította a világot és azután eltűnt nyomtalanul anélkül, hogy például központi kérdése, a szén párolgása mai napig is kielégítő választ kapott volna a kutatástól. Miért ne válhatná fel a wolframizzólámpát is valami újabb és jobb anélkül, hogy minden problémáját felderítsen.

Persze felválthatná.

Mintegy sajátmagunknak azonban a következő választ adhatjuk a fel-tett kérdésre.

Először is: Magyarországon ma igen színvonalas és jelentős kapacitású izzólámpaipar van. Ez kutatáson nőtt fel és abból táplálkozik ma is. Aki e területen a kutatást abbahagyja, az néhány év alatt elfelejti a bonyolultabb összefüggéseket és leromlik. Aki megáll, lemarad.

Másodszor: az egész világon most bontakozik ki az indulás lendületével a rácshibák és kis szennyezések, valamint a technológiai tulajdonságok kapcsolatának műszaki fizikai kutatása egyrészt a metallurgiában, másrészt a szilárdtestkutatás egész területén. Miért hagynánk veszni azt az előnyünket, hogy e tekintetben egy már jól megalapozott érett helyzetben a nemzetközi eredményekből kezdettől fogva részesedhetünk, ha együtt haladunk a fejlődéssel.

És végül: ha kitartunk a műszaki fizikai alap kutatáson belül a wolfram-  
 alap kutatás mellett, olyan szilárdtest ismeretekre tehetünk szert, amelyek a  
 többi szilárdtestre és így például a félvezetőkre irányuló kutatás számára is  
 nélkülözhetetlenek. Nem kétséges, hogy a wolfram- és izzólámpa kutatás a  
 hazai műszaki fizikai, valamint technológiai kutatásnak olyan tényezője,  
 amely gazdag örökséget hasznosíthat, életetője lehet a jelennek és mindennél  
 célszerűbben szolgálhatja ezen a területen a jövőt az egész népgazdaság  
 javára.

## IRODALOM

1. PILLITZ D.: A világítás története. „Víz és Világítás” kiadása. 1928.
2. MILLNER T.: Az elektromos világítás kémiai problémái. „A kémia vívmányai.” II. kötet,  
 98. o. K. M. Term. Tud. Társ. 1940.
3. MILLNER T. és TÚRY P.: Wolframgyártás. A Mérn. Továbbképző Int. Kiadv. XXVI.  
 kötet 42. füzet 5. o. 1944.
4. MILLNER T.: Villamos világítás. „Új kincseskönyv”. I. kötet, 126. o. K. M. Term. Tud.  
 Társ. 1940.
5. MILLNER T.: Beszámoló a wolfrám területén végzett kutatásokról. MTA Műsz. Tud. Oszt.  
 Közl. XVI. 99. (1955).
6. MILLNER T.: A vákuumtechnikai wolframfém előállításának és tulajdonságainak termé-  
 szettudományos kérdései (Székfogl. előad. 1955) MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXI.  
 243. (1957).
7. MILLNER T.: Über die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Erzeugung von metalli-  
 schem Wolfram für die Vakuumtechnik und die Beeinflussung seiner Eigenschaften  
 (Antrittsvorl. 1955). Acta Technica Acad. Sci. Hung. XVII. 67. (1957).
8. JUST S. és HANAMAN F.: Magy. Szab. 34.541 (1904) és Angol szab. 23.899 (1904).
9. COOLIDGE: Angol szab. 23.499 (1909) USA szab. 1.026.429 (1910?).
10. PACZ A.: USA szab. 1.410.499 (1920).
11. LANGMUIR, J.: A. J. E. E. Journ. 32. 1931. (1913) USA szab. 1.180.159 (1916) és Trans.  
 Amer. Inst. Eng. 8. 1895 (1913)
12. TARJÁN J. és TÚRY P.: Magy. szab. 91.980 (1924).
13. MILLNER T. és TÚRY P.: Magy. szab. 106.268 (1933); USA szab. 2.012.825 (1935).
14. MILLNER, T.: Die colorimetrische Aluminiumbestimmung mittels Eriochromcyanin-R.  
 I. Die Grundlagen Z. anal. Chem. 113. 83 (1938).
15. MILLNER, T. und KÚNOS, F.: Die colorimetrische Aluminiumbestimmung mittels Eriochromcyanin-R. II. Die Methode. Z. anal. Chem. 113. 102. (1938).
16. MILLNER T. és KÚNOS F.: Alumíniumnyomok meghatározása wolframsavban és wolfram-  
 fémekben. Magy. Kém. Egy. Közlemények. 68. (1939).
17. BRÓDY I.: A kriptonlámpa. Magyar Elektrotechnikai Egyesület kiadása 1937.
18. BRÓDY, I. and KŐRÖSY, F.: Trans. Faraday Soc. XXXI. 547. (1935).
19. BRÓDY, I. and KŐRÖSY, F.: Convection and Conduction of Heat in Gases. J. Appl. Phys.  
 10. 584. (1939).
20. BRÓDY, I. and MILLNER, T.: USA szab. 2.060.657.
21. MILLNER, T. and NEUGEBAUER, J.: Volatility of the Oxydes of Tungsten and Molybdenum  
 in the Presence of Water Vapour, Nature, 163. 601 (1949).
22. MILLNER T., és NEUGEBAUER J.: Magy. szab. 143 595; USA szab. 2.806.744.
23. HEGEDŰS, A., MILLNER, T., NEUGEBAUER, J. and SASVÁRI, K.: Thermo und röntgenana-  
 lytischer Beitrag zur Reduktion des Wolframtrioxyds. Z. anorg. allg. Chem. 281. 64  
 (1955).
24. MILLNER, T., HEGEDŰS, A., SASVÁRI, K. und NEUGEBAUER, J.: Weiterer Beitrag zur Re-  
 duktion des Wolframtrioxyds. Z. anorg. allg. Chem. 289. 288. (1957).
25. NEUGEBAUER, J., HEGEDŰS, A. und MILLNER, T.: Zum Problem des  $\beta$ -Wolframs. Z. anorg.  
 allg. Chem. 293. 241 (1958).
26. NEUGEBAUER, J., IMRE, L. und MILLNER, T.: Zwei Entstehungswege des  $\beta$ -Wolframs und  
 seine von Fremdstoffen verursachte Eigenschaften. (Az 1959. évi Balatonfüredi Szilárd-  
 test-Fizikai Konferencia anyagában sajtó alatt a DDR-ben.)

27. MILLNER T., PROHÁSZKA J. és HORVÁTH A.: Idegenanyagnyomok hatása wolframdrótok másodlagos újrakristályosodására. MTA. Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXI. 349. (1957).
28. MILLNER, T., PROHÁSZKA, J. and HORVÁTH, A.: Der Einfluss von Fremdstanzspuren auf die sekundäre Rekrystallisation von Wolframdrähten. Acta Technica Acad. Sci. Hung. XVII. 289 (1957).
29. PROHÁSZKA, J., HORVÁTH, A. and MILLNER, T.: Über die Wachstumsgeschwindigkeit der Kristallite während der sekundären Rekrystallisation von Wolframdrähten. (Az 1959. évi Balatonfüredi Szilárdtest-fizikai Konferencia anyagában nyomás alatt a DDR-ben.)
30. BARTHA, L., PROHÁSZKA, J. and MILLNER, T.: Autoradiographische Untersuchungen über die Bewegungsart geringer Fremdstanzmengen während der sekundären Rekrystallisation von Metallen (az 1959. évi Balatonfüredi Szilárdtest-fizikai Konferencia anyagában sajtó alatt a DDR-ben).
31. MILLNER, T., PROHÁSZKA, J. and NEUGEBAUER, J.: Über den sekundären Rekrystallisationsvorgang von mit Zusatzstoffen bereiteten Wolframdrähten (az 1959. évi Balatonfüredi Szilárdtest-fizikai Konferencia anyagában nyomás alatt a DDR-ben).
32. MILLNER T. és NEUGEBAUER J.: Magy. és külf. szab.
33. MILLNER T. és NEUGEBAUER J.: Magy. szab. 143.027; USA-szab. 2.948.609
34. MILLNER T., Neugebauer J. és Vas E.: Magy. szab. 142.897.
35. MILLNER, T.: Die Beteiligung von kovalenten Bindungen an der  $\beta$ -Wolfram-Struktur der metallischen  $A_3B$  Phasen. Z. anorg. allg. Chem. 292, 25. (1957).
36. MILLNER, T.: (orosz nyelven) Kovalens kötések szerepe a  $\beta$ -W szerkezetű  $A_3B$  összetételű intermetallikus fázisokban. Zsurnaly Nyeorganiceszkj Kimii 3. 945. (1958).
37. MILLNER, T.: (orosz nyelven) Kovalens kötések szerepe a  $\beta$ -W szerkezetű  $A_3B$  összetételű fémes fázisokban. Zsurnaly Nyeorganiceszkj Kimii 3. 946 (1958).
38. NEUGEBAUER, J., HEGEDŰS, A. and MILLNER, T.: Über die Reduktion des Ammoniumwolframat und Wolframtrioxyds mittels Ammoniak. Beitrag zur Kenntnis des Systems W—N. Z. anorg. allg. Chem. 302. 50 (1959).
39. NEUGEBAUER J., MILLNER T. és HEGEDŰS A.: Adalékok a wolframnitrogén rendszer ismeretéhez. Ammóniumwolfrám, illetőleg wolframtrioxid redukója ammónia gázzal. MTA. Kém. Tud. Oszt. Közl. 12. 37 (1959).
40. HEGEDŰS, A., SASVÁRI, K. and NEUGEBAUER, J.: Thermo- und röntgenanalytischer Beitrag zur Reduktion des Molybdäntrioxyds und zur Oxydation bzw. Nitrierung des Molybdäns. Z. anorg. allg. Chem. 293. 56 (1957).
41. HEGEDŰS A. és DVORSZKY M.: A foszfor sztrichniummolibdofoszfát alakban történő meghatározásának kritikai vizsgálata. Egy új heteropolisó és sav. MTA. Kém. Tud. Oszt. Közl. 11. 327 (1959). Mikrochimica Acta 1959. 141.
42. HEGEDŰS A. és DVORSZKY M.: A foszfor turbidimetriás meghatározása volfrámoxidban, volfrámfémekben és más fémekben. MTA Kém. Tud. Oszt. Közl. 11. 405. (1959).
43. MILLNER T. és WELESZ R.: A mangántartalom befolyása az ún. dumetvasnikkel ötvözetek hőtágulási és mágneses tulajdonságaira. MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XVIII. 131 (1956).
44. MILLNER, T. and WELESZ, R.: Effect of Manganese Content on the Thermal Expansion Coefficient and Magnetic Properties of the so-called Dumet Iron-Nickel Alloys. Acta Technica Acad. Sci. Hung. XIV. 279. (1956).
45. G.E.Co. (USA): Magy. szab. 140. 780; USA szab. 2.545.896.
46. KARDOSS F.: Magy. szab. 142.007 és külf.
47. THEISZ E.: Magy. szab. 143.639 és külf.
48. THEISZ E., GÁCS J. és társai: Magy. szab. 144.591 és külf.
49. GÁCS J. és társai: Magy. szab. 143.850 és külf.
50. LÉVAI J.: Magy. szab. 146.289 és külf.
51. MILLNER T. és THEISZ E.: Magy. szab. 145.910., Szovjet szab.: 122.816 és külf.
52. MILLNER T. és TÚRY P.: Magy. szab. 144.445 és külf.
53. LOUNAMAA, N.: Spectrographic analysis of pure tungsten oxide. Spectrochimica Acta; 4. 400 (1951).
54. VELEKER, T. J. and DYCK, R.: Spectrographic Determination of Aluminium, Iron, Potassium and Silicon in Tungstic Oxide. Anal. Chemistry; 31. 387 (1959).
55. DYCK, R. and VELEKER, T. J.: Spectrographic Analysis of Tungsten Metal Powder. Anal. Chemistry; 31. 390 (1959).
56. GRIFFIS, R. C.: Equilibrium Reduction of Tungsten Dioxide by Hydrogen. J. Electrochem. Soc. 105. 398 (1958).
57. BERKOWITZ, J., CHUPKA, W. A. and INGRAM, M. G.: Polymeric Gaseous Species in the Sublimation of Tungsten Trioxide. J. Chem. Phys. 27. 85 (1957).

58. BLACKBURN, P. E., HOCH, M. and JOHNSTON, H. L.: The vaporization of molybdenum and tungsten oxides. *J. Phys. Chem.* 62. 769 (1958).
59. WANMAKER, W. L., VERHEIJKE, M. L. and PARCHEN, W.: Influence of the „dope” on the reduction rate of tungsten trioxide by hydrogen. *Philips Res. Repts.* 14. 201. (1959).
60. MEYER, G., OOSTEROM, J. F. and VAN OEVERE, W. J.: The vapour pressure of tungsten trioxide in gas mixtures containing water vapour. *Recueil*, 78. 417. (1959).
61. GLEMSER, O. und VÖLZ, H. G.: Gasförmige Hydroxyde I. Über gasförmiges  $WO_2(OH)_2$ . *Naturw.* 43. 33 (1956).
62. SWALIN, R. A. and GEISLER, A. H.: The recrystallisation process in tungsten as influenced by impurities. *J. Inst. Met.* 85. 129 (1957/58).
63. KRAUTZ, E. und SCHULTZ, H.: Die Abweichungen von der Matthiessenschen Regel bei Wolfram und bei Blei im Temperaturbereich von 14—300 Kz. *T. W. Abh. Osram G.* VII. 256. (1958).
64. KRAUTZ, E. und SCHULTZ, H.: Über den Nachweis von Fremdstoffzusätzen in Wolfram-sinterstäben und- drähten mit Hilfe von Restwiderstandsmessungen. *T. W. Abh. Osram G.* VII. 259 (1958).
65. SCHULTZ, H.: Untersuchungen über Gitterfehlstellen in kaltverformten Wolfram, mit Hilfe von Restwiderstandsmessungen. *Z. Naturforsch.* 14a, 361 (1959).
66. RIECK, G. D.: Fragmentation in Tungsten Crystals. *Acta Metallurgica*; 4. 47 (1956).
67. MEIJERING, J. L. und RIECK, G. D.: Die Funktion von Zusätzen in Wolfram für Glüh-fäden, *Philips' Techn. Rundsch.* 19. 113 (1957/58).
68. RIECK, G. D.: Growth and Preferred Orientations of Crystals in Tungsten Wires. *Acta Metallurgica*; 6. 360 (1958).
69. DAVIS, G. L.: Recrystallisation of tungsten wires. *Metallurgia (Brit).* Part I: Oct. 1958. P. 177; Part II.: Nov. 1958. P. 228.
70. DAVIS, G. L. and BURDON, P. J.: Recrystallisation of molybdenum. *Metal Treatment*, Dez. 1958. P. 495.
71. OGHY, S.: On the coarsening of non-sag tungsten lamp filament wires. *J. Phys. Soc. Japan.* II. 593 (1956).
72. JONES, D. J. and LEACH, A.: Tungsten for electric lamp filaments. *Metallurgia (Brit)*, July. 1959. P 7.
73. HEGEDŰS A. és MILLNER T.: *Magy. szab.*: 143.648 és külf.
74. MILLNER T., FUKKER K., MARTIN K. és DVORSZKY M.: *Magyar és külf. szab.*

BOGNÁR GÉZA elnök

Az elhangzott előadásokból megismerhettük a magyar vákuumtechnikai kutatásnak és iparnak a hőskorát, — azt a hőskort, amelynek törekvése az volt, hogy a magyar vákuumtechnikai ipar elérje a világszínvonalat. Megismer-tük ennek a hőskornak úttörőit, akik itt ülnek sorainkban és azokat, akik a fasizmus áldozataivá lettek. Az előadások feltárták legújabb kutatási ered-ményeinket és megmutatták a jövő perspektíváját is. Remélem, hogy a Műszaki Fizikai Kutató Intézet valóban méltó folytatása lesz ezeknek a haladó hagyom-ányoknak és eredményes munkájával — felhasználva a szocialista baráti országok közötti tudományos együttműködés lehetőségét — elősegíti a magyar híradástechnikai ipar további fejlődését.



# A FÖLD DINAMIKÁJA ÉS KIALAKULÁSA

EGYED LÁSZLÓ

lev. tag

Csaknem pontosan 100 évvel ezelőtt Párizsban a következő hangzatos című könyv jelent meg: *La Création et ses Mystères dévoilés*. Szerzője ANTONIO SNIDER az európai és észak-amerikai kőszételepek megkövesedett flórájának azonosságát az 1. ábrán bemutatott két térképpel kísérelte meg érthetővé tenni. E két térkép azt a gondolatot fejezte ki, hogy valamikor az európai és afrikai kontinens szorosan összefüggött a két amerikai szárazfölddel, de szétrepedt s az egyes kontinensek eltávolodtak egymástól s hosszú évszázmilliók folyamán létrejött a tengerek és szárazföldek mai eloszlása.

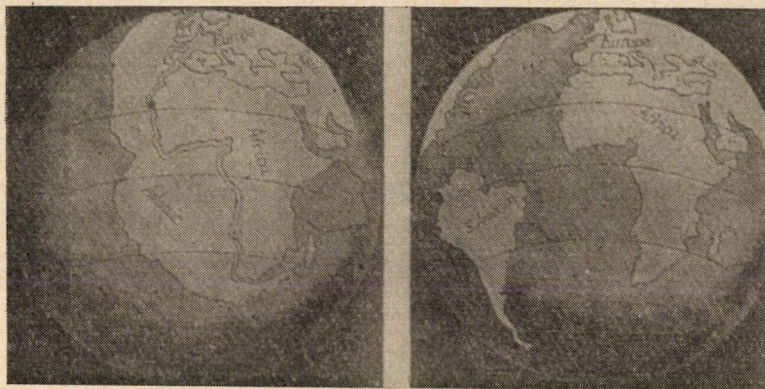
Az elképzelés azonban túlzottan merésznek és fantasztikusnak látszott, s így nem csodálatos, hogy teljesen feledésbe ment. De 50 évvel később újból felmerült TAYLOR részéről (1908), aki elsősorban a hegységképződés kérdését óhajtotta vele megmagyarázni. Az érdeklődés középpontjába azonban csak 1915 körül került, amikor WEGENER (1915) — aki TAYLORTól függetlenül ugyanerre a gondolatra jutott, — híres könyvét közzétette.

WEGENER az afrikai és dél-amerikai partvonal feltűnő hasonlóságából jutott a kontinensvándorlás gondolatára. Elképzelését azonban a legkülönbözőbb földtani, geofizikai, geodéziai, paleoklimatológiai és egyéb adatokkal kísérelte meg alátámasztani. A partvonalak csaknem tökéletes azonossága szinte lenyűgöző. A gondolat, hogy a kontinensek mai helyzete a kéregnek az alatta levő plasztikus közegben való elúszásával jött létre, rendkívül tetszősnek látszott. De egyúttal hatalmas vitát is kavart fel. A régi felkelt az új ellen. WEGENER hősi halált halt Grönland végtelen jégmezőin elmélete igazolása végett végzett kutatásai közben, de a vita nem ért véget halálával.

1950 körül a kontinensvándorlás kérdésében a következő volt a helyzet (GOOD, 1950): a biológusok és paleontológusok igen jó munkahipotézisnek tartották a növény- és állatvilág eloszlásának magyarázatára, ezért az elmélet mellett voltak. Ezzel szemben a geológusok és geofizikusok elvetették, nemcsak azért, mert nem volt mellette határozott bizonyíték, de mert nem ismertek semmiféle erőt és energiaforrást, amely a szóban forgó mozgásokat létrehozhatta volna és egy csomó helyes érvek volt az úszás lehetőségével szemben.

A geofizikusoknak a WEGENER-elméleten ült győzelme azonban nem tartott sokáig és vereségüket saját maguk készítették elő. Közel ebben az időben

indultak meg ui. mindinkább erősödő mértékben azok a vizsgálatok, amelyek a régi kőzetek mágnesezettségének irányából meghatározták az egykori pólusok helyzetét, pontosabban a kőzetek helyének egykori szélességét. E mérések adatai jól egyeztek az egykori klímaviszonyokra vonatkozó paleoklimatológiai adatokkal. A paleomágnesség útján meghatározott szélességek megfeleltek a földtani megfigyelésekből leszarmaztatott hőmérsékleti övek szélességének.



I. ábra. A. SNIDER 1858-ban közölt kontinensvándorlási ábrái

De a mérések egyúttal azt is bebizonyították, hogy a földtörténeti múltban az egyes kontinensek lényegesen közelebb voltak egymáshoz, azaz a szárazulatok egymástól ténylegesen eltávolodtak.

Íme az ellentmondás a Föld felszínének a kialakulásában: a kontinensek valamikor összefüggtek, de semmi jele nincs az elúzásnak és nem is ismeretes megfelelő energiaforrás ennek végrehajtására. Hol rejlik ennek az ellentmondásnak a megoldása?

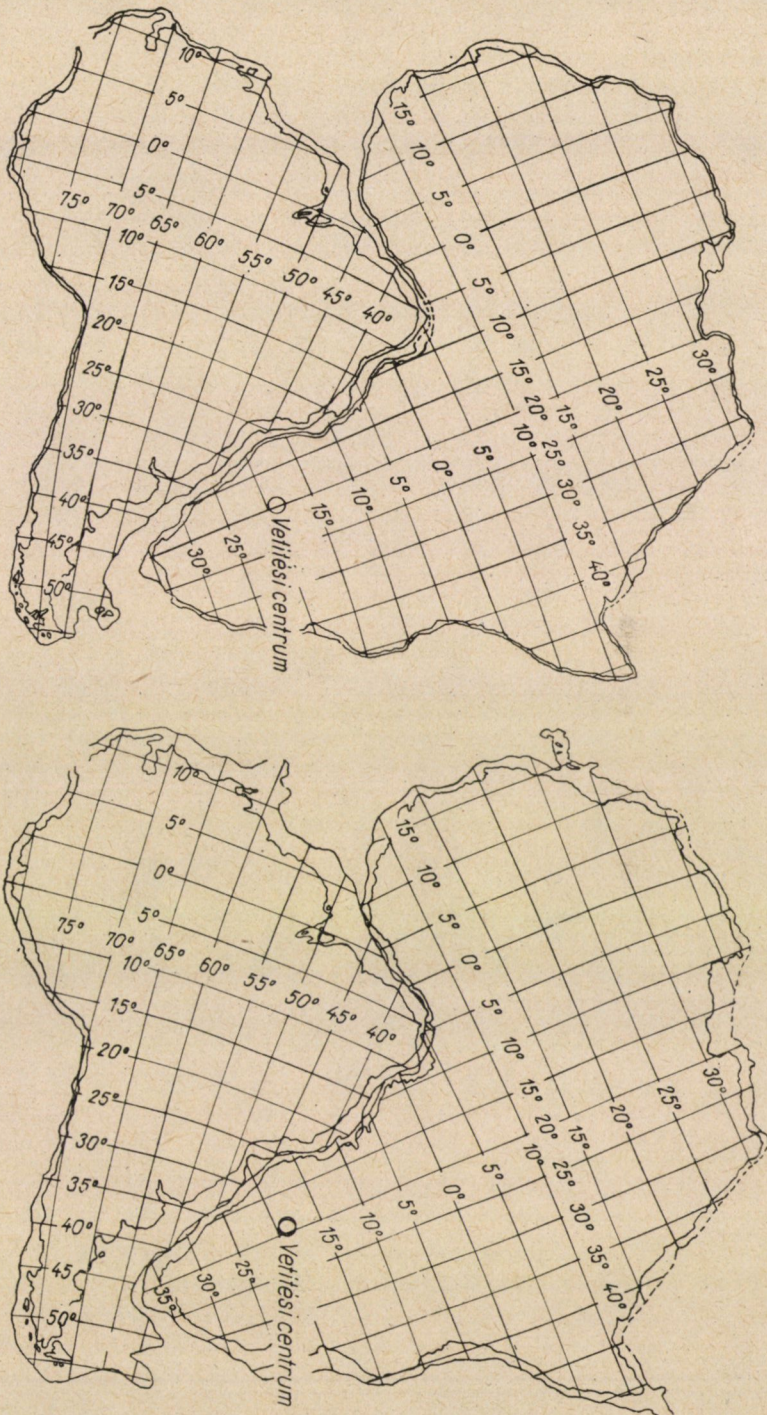
Az ellentmondás feloldódik, ha találunk olyan mechanizmust, amely a Föld *térfogatnövekedését* biztosítja. Általános expanzió esetén a kezdetben egységes szialikus földkéreg feszültség alá került s adott feszültségnél szétreped. A héjrészek egymástól a feszültség következtében eltávolodnak s a repedésbe benyomul a mélyebben fekvő nagyobb sűrűségű közeg. Ez a Föld története folyamán többször megismétlődött s egyik epizódja volt az Atlanti óceán kialakulása is. Energia csupán a szétrepedést előidéző feszültséghez kell, az úzás-hoz nem, mert az nem mutatkozik.

De van-e valamilyen lehetőség a térfogatnövekedés bizonyítására?

A földtani vizsgálatok szerint a tengervíz mennyisége a földtörténet folyamán csaknem állandó volt, pontosabban néhány százalékot nőtt.

Ha ezt figyelembe vesszük, akkor a térfogatváltozás irányát meg tudjuk állapítani a kontinentális területek vízzel borítottságának mértékéből. E vízzel



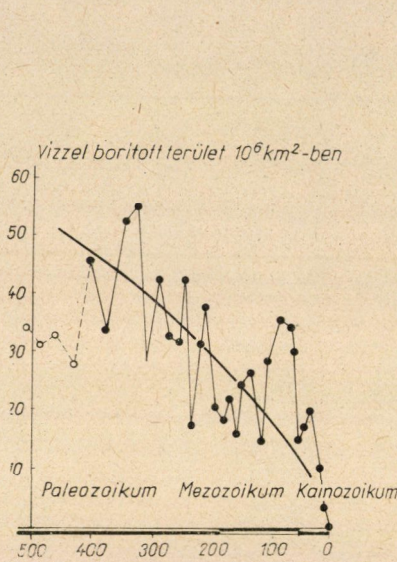


2. ábra. Dél-Amerika és Afrika 200 m-es és 2000 m-es izobátjainak összehasonlítása, CAREY szerint

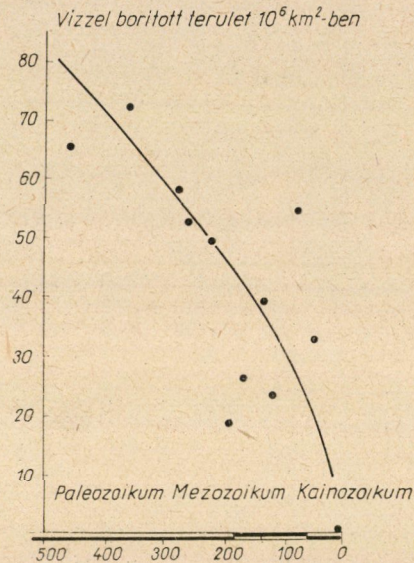


borítottság ugyanis zsugorodó Föld példájában növekvő, állandó térfogatú Föld példájában állandó érték körül oszcilláló, míg táguló Föld esetén csökkenő tendenciát kell mutasson.

A megfigyeléseket a 3. és 4. ábrák szolgáltatják TERMIER és SZTRAHOV adatai nyomán. Mindkettő a táguló Földnek megfelelő menetet jelzi. A TERMIER-féle adatokban azonban némi bizonytalanság mutatkozik, éppen a kam-



3. ábra. A vízzel borított kontinentális területek mértéke a különböző földtani időszakokban TERMIER térképei alapján



4. ábra. A vízzel borított kontinentális területek mértéke a különböző földtani időszakokban, SZTRAHOV térképei alapján

briumban. A HOLMES (1960) vizsgálatai szerint a kambriumban a tengerborította felszín nagyobb volt, mint amennyi a Termier térképekből adódik és ez az eredmény kiküszöböli a tengerszintsüllyedési görbében jelentkező bizonytalanságot, igazolva itt is a csökkenő tendenciát.

Az újabb megfigyelések tehát a görbék menetét elvileg megerősítik. A belőlük számítható tágulás  $0,4-0,8 \text{ mm/év}$  a sugárnövekedésben.

Milyen földmodell alapján és milyen mechanizmussal értelmezhető a tágulás és milyen nagyságrendű energiákkal kell itt számolni?

Az új dinamikai földmodell lényege a következő:

Ha nem tekintünk a Föld köpenyének jobban differenciálódott legfelső  $100-300 \text{ km}$ -t kitevő részére, akkor felépítés szempontjából a Föld ugyanannak a szilikátos anyagösszettségnek a három módosulata. Az első módosulatnak felel meg a belső mag, a második módosulatot a maghéj képviseli, míg a köpeny anyagának állapota a harmadik módosulat. A két első módosulat

nem stabilis, hanem az anyag az első fázisból folyamatosan átmegy a második fázisállapotba, s a második fázisállapotból folyamatosan átalakul a köpeny stabil állapotába. Az átalakulás irreverzibilis és az átlagsűrűség állandó csökkenésével jár. Ennek pedig egyenes folyománya a térfogatnövekedés.

Ha a Föld anyagi szerkezetét BIRCH (1952) vizsgálatai alapján  $Mg_2SiO_4$  és  $Fe_2SiO_4$  egyenlő arányú keverékével azonosítjuk, akkor az átalakuláskor felszabaduló energia molekulánként 18 eV. Ez pedig az ionizációs energiák nagyságrendjébe esik és RAMSEY (1949) eredményeit véve figyelembe, összeesik a fémes állapot és a nemfémes állapot közötti energiakülönbséggel.

RAMSEY (1949) szerint a fémes állapot csak egy kritikus nyomáson felül mutatkozik. A mag határán, azaz  $h$  mélységben a kritikus nyomás:

$$p_K = \int_0^h \sigma(z) g dz,$$

ahol  $\sigma(z)$  az anyagoszlop sűrűségfüggvénye,  $g$  a gravitációs gyorsulás. A kritikus nyomás felülete a megadott mechanizmus szerint befelé vándorol. Ez pedig csak akkor lehetséges, ha a gravitációs együttható,  $f$  időben állandóan csökken és nem univerzális állandó, mint ahogy NEWTON óta feltételezték. Az ellentmondást DIRAC eredménye oldja fel.

DIRAC (1938) a harmincas évek vége felé a különböző fizikai állandók vizsgálatával kapcsolatban arra a következtetésre jutott, hogy a gravitációs állandó a valóságban változik. Pontosabban: értéke fordítottan arányos egy időparaméterrel, azaz

$$f = \frac{\kappa}{t},$$

ahol azonban csak a  $\kappa$  tekinthető állandónak, míg  $t$  egy állandóan növekvő időparamétert jelent.

Az eredmény rendkívül meglepő, sőt egyenesen bizarrnak mondható. Nem csodálatos, ha a fizikusok DIRACnak ezt az eredményét nem fogadták el. Még csak fokozta a bizalmatlanságot, hogy a DIRAC-féle bizonyítás maga is eléggé ködös és nem túlzottan megalapozott volt. A fizikusok körében az a vélemény alakult ki, hogy olyan gravitációs térelmélet, amelyben a gravitációs együttható nem állandó, az általános relativitás elméletével nem egyeztethető össze. Természetesen akadtak kivételek is a fizikusok között, ilyen volt MILNE (1948), meg P. JORDAN (1952), akik megkíséreltek olyan jellegű terekkel foglalkozni, amelyekben a gravitációs együttható értékét a DIRAC-féle összefüggés határozta meg. Igaz, hogy az ő ilyen vonatkozású vizsgálatait is gyanús szemmel nézték a fizikusok.

DIRAC gondolata azonban ismét az érdeklődés előterébe került az utolsó években és C. GILBERT 1956-ban kimutatta, hogy ésszerű feltételezésekből

kiindulva az  $f = \frac{\kappa}{t}$  összefüggést az általános relativitás elméletből is le lehet

vezetni. Még meglepőbb eredménye volt az, hogy a gravitációs együttható mai értékéből kiszámította az időparaméter mai értékét és eredményül 4,1 milliárd évet kapott. Ez azért rendkívül meglepő, mert szinte hajszálra egyezik a Föld életkorával, amelynek értékét radioaktív módszerekből 4,2 milliárd évben határozták meg a kutatók.

Az ellentmondás tehát a DIRAC—GILBERT-egyenlet érvényessége esetében megszűnik s pontos fizikai mechanizmus adódik az expanzióra.

Az adott fizikai mechanizmus azonban az expanzió mértékét fizikai adatokból is kiszámíthatóvá teszi. Megegyezik-e ez a paleogeográfiai és egyéb megfigyelésekből levezetett értékekkel?

A számításnál egy bizonytalansági tényező van: nem ismerjük a belső mag határán keletkező sűrűségugrást. Ezért megbízhatóan csupán az expanzió minimális értékét tudjuk meghatározni. Az eredmény évi 0,3 mm-nek adódik, jó egyezésben a megfigyelésekkel.

De másrészt lehetőség adódik a maximális sűrűségugrás eldöntésére is. Kimutatható, hogy ha a sűrűség a belső mag határán 11,76-ról 18-ra ugranék fel, akkor az évi expanzió értékének végtelen nagyok kellene lennie. A sűrűség tehát a belső mag határán ennél kisebb.

Érdekesnek tartom megemlíteni, hogy C. BERNASCONI (1959) potenciálméleti megfontolásokból arra jutott, hogy a Föld középpontjában a sűrűség 15 és  $19 \text{ gcm}^{-3}$  között van.

Ezek a Földre vonatkozó eredmények nehezen egyeztethetők össze a régi földkeletkezési elméletekkel s éppen ezért előtérbe hozzák a Föld eredetének kérdését.

A Föld eredetének kérdése azonos a Naprendszer kialakulásának kérdésével.

Mint minden természettudományi nagy probléma példájában, erre a kérdésre is sokkal könnyebb volt a felelet addig, amíg lényegesen kevesebbet tudunk a Föld és a csillagok szerkezetéről, az atomok világáról, a részecskék közötti erőhatásokról, meg magáról a Föld fejlődéséről is. Az adatok halmozódásával fokozódtak a nehézségek, ellentmondások minden magyarázatnál, amely megkísérelte érthetővé tenni a Naprendszer kialakulását. Ez természetes is, hiszen egy elméletet csakis addig lehet helyesnek tartani, amíg részleteiben is a megfigyelésekkel egyező magyarázatot ad a jelenség lefolyásáról.

A Naprendszer kialakulását magyarázó elméletnek is meg kell magyaráznia a Naprendszeren belül levő törvényszerűségeket, összhangban kell lennie a Földre s a Föld belsejére vonatkozó megfigyelésekkel s a fizika alapelvein kell nyugodnia.

De vannak-e törvényszerűségek a Naprendszeren belül? A közvetlen megfigyelés arról győz meg, hogy a Naprendszer olyan sok feltűnő szabályosságot mutat, hogy elképzelhetetlennek látszik mindezt véletlennek tulajdonítani.



A Naprendszer e jellegzetességeit a következőkben foglalhatjuk össze:

*Nap :*

A rendszer középpontjában levő, legnagyobb tömegű tag. Átmérője csaknem pontosan tízszerese a rendszer legnagyobb bolygójának, a Jupiternek. Tömege az egész rendszer tömegének 99,87%-a, tehát a bolygók tömege kevesebb mint a rendszer tömegének 1/700-ad része. A Nap tengelykörüli forgása mintegy 25 nap az átmérője táján s kissé hosszabb idő alatt fordul körül a pólusok táján. Az egyenlítő síkja pedig csaknem összeesik az ekliptika síkjával.

*Bolygók :*

1. Kilenc bolygó kering a Nap körül. Keringési síkjuk közel azonos és megegyezik a Nap egyenlítői síkjával. Keringési irányuk egybeesik a Nap tengelykörüli forgásának irányával s a tengelykörüli forgásuk is (nem tekintve az Uránuszt) ezzel egyezik meg.

2. Az egyes bolygók Naptól való távolsága közelítő törvényszerűséget mutat, amelyet BODE—TITIUS-szabály néven ismerünk, s amely formulában így írható fel:

$$R_n = \frac{C}{2^n} + D,$$

ahol — kívülről befelé számozva a bolygókat —  $R_n$  az  $n$ -edik pályasugár,  $C$  és  $D$  állandók. A szabály azt mondja, hogy az egymást követő bolygók pályái közelítőleg kétszereződnek.

3. A bolygók között két csoportot lehet megkülönböztetni: a külső bolygók nagy tömegűek, kicsiny sűrűségűek és viszonylag sok holdjuk van. A belső bolygók kis tömegűek, nagy a közepes sűrűségük s kevés, vagy egyáltalán nincs holdjuk.

4. A Naprendszer impulzusnyomatékának 98%-a a bolygókban van.

5. A bolygók tömege három—öt nagyságrenddel kisebb a Nap tömegénél.

*Holdak :*

1. A holdak keringési síkja közelesik a bolygók egyenlítői síkjához; pályájuk kis excentricitású, keringési irányuk összeesik a rendszer keringési irányával; kivételt képez a Jupiter három külső holdja, a Saturnusz egy külső holdja és a Neptun egy belső holdja.

2. A holdak bolygóktól való távolságai, nem tekintve a retrográd holdakat, kapcsolatot mutatnak a BODE-szabállyal.

3. A bolygóból és holdjaiból álló rendszer impulzusnyomatékának tekintélyes hányada a holdakra esik.

4. Egy bolygó holdjainak tömege nagyságrendben úgy aránylik a bolygó tömegéhez, mint a bolygók tömege a Nap tömegéhez. Kivételt képez a Föld holdja: a Föld kettős bolygó.

*Kis bolygók. Üstökösök.*

A Naprendszerhez tartozik egy csomó kis bolygó, amelyek főképp a Mars és Jupiter közötti területen mozognak s egy csomó üstökös, amelyeknek pályáját a nagy bolygók igen erősen zavarják.

Ha a Naprendszer most vázolt törvényszerűségeit nézzük, akkor az észlelt törvényszerűségek azt sejtetik, hogy a bolygórendszer kialakulási módja azonos a bolygók holdrendszerének kialakulásával.

Az a tény, hogy a bolygók kis excentricitású pályán a Nap egyenlítőjével egy irányban és egy síkban keringenek, azt szuggerálja, hogy a bolygók a Nap egyenlítői részéről váltak le.

Az impulzusnyomaték eloszlása viszont ennek ellentmondani látszik. Legalábbis ezen buktak meg azok az elméletek, amelyek klasszikus módszerekkel a Naptól kívánták leszármaztatni a bolygókat.

Kíséreljük meg ezt az ellentmondást feloldani úgy, hogy megkeressük: mi a bolygók Napból való kiválásának feltétele az impulzusnyomatékok összegének állandósága mellett.

Első közelítésben minden bolygóra külön-külön is fennáll az impulzusnyomaték állandósága, azaz:

$$mv R_n = \lambda = \text{állandó},$$

ahol  $m$  a bolygó tömege,  $v$  a sebessége és  $R_n$  a pálya sugara. A sebesség és sugár között azonban egy másik feltételt is felismerhetünk azáltal, hogy felírjuk a pályán keletkező centrifugális erőnek a Nap tömegvonzásával való egyenlőségét:

$$\frac{mv^2}{R_n} = f \frac{mM}{R_n^2}.$$

A két egyenlőségből a megfelelő rövidítések és összevonások után a következő egyenlethez jutunk:

$$f \cdot R_n = \frac{\lambda^2}{m^2 M} = \beta_n = \text{állandó}.$$

Ha tehát a bolygók a Napból származtak, akkor  $R_n$  kezdetben sokkal kisebb volt, mivel nagyságra a Nap egykori sugarával kellett megegyeznie. De ez csak akkor következhetik be az egyenlet szerint, ha a tömegvonzás állandójának,  $f$ -nek az értéke keletkezéskor a mai értéknek többszöröse volt. Ezt a feltételt pedig éppen a DIRAC—GILBERT egyenlet teljesíti.

Tehát annak szükséges feltétele, hogy a bolygók az impulzusnyomaték tétel megsértése nélkül is a Napból legyenek leszármaztathatók, ugyanaz, mint az expanzió fizikai feltétele: a DIRAC—GILBERT egyenlet érvényessége.

Kíséreljük meg a Naprendszer kialakulását a fenti eredmények alapján levezetni.

W. H. RAMSEY (1950) vizsgálatai szerint a csillagok belsejében ugyanaz az anyag többféle nagy nyomású állapotban van és minden ilyen nagynyomású fázis keletkezése tekintélyes sűrűsagnévedéssel jár együtt. Viszonylag nem túlzottan nagy hőmérséklet mellett az egyes fázisokat elsősorban a nyomás határozza meg. Miután pedig a nyomás a nehézségi gyorsulással s így végső soron a gravitációs állandóval szoros összefüggésben van, a fázishatárok a DIRAC—GILBERT egyenlet értelmében időben változnak. Kezdetben tehát a Napban is a nagynyomású állapotok voltak túlsúlyban, s így a Nap sűrűsége hihetetlenül nagy, térfogata pedig rendkívül kicsiny volt. Az impulzusnyomaték tétel folyományaként ebből az következik, hogy kezdetben a Nap szögsebessége igen nagy volt a maihoz képest.

Induljunk ki abból az állapotból, amikor az időparaméter értéke igen kicsiny volt és csak annyit tételezzünk fel, hogy a Nap akkor a mai Naprend-

szer összes tömegét tartalmazta. A DIRAC—GILBERT egyenlet következtében a gravitációs gyorsulás a Napon kívül és belül igen nagy volt és belsejében a degeneráltság különböző fokát képviselő nagynyomású állapotok uralkodtak. Jelöljük a Nap kezdeti sugarát  $r_0$ -val, szögsebességét  $\omega_0$ -val.

A gravitációs együttthatónak az időben való csökkenése folytán a nagynyomású állapotok határai mind mélyebbre kerültek s a Nap anyagának egy része a magasabb fázisállapotból alacsonyabb fázisállapotba került. Ennek pedig sűrűségcsökkenés lett a következménye. A sűrűségcsökkenéssel az átlagsűrűség is csökkent, s így a Nap térfogatának meg kellett növekednie. Mivel a nyomásnövekedés elsősorban a Nap lineáris méretével arányos, ezért a Nap növekedését is a sugárnövekedéssel kell mérnünk. Ha  $a(t)$  jelenti az időegységre eső sugárnövekedés értékét  $t$  időpontban, akkor a Nap sugarát így írhatjuk fel:

$$r = r_0 + \int_0^t a(t) dt.$$

A sugárnövekedés következtében azonban a Nap egyenlítőjén mind a centrifugális erő, mind pedig a gravitáció gyorsulás állandó csökkenésben volt. A Nap egyenlítőjén a gravitációs gyorsulás értéke:

$$g_s = \frac{fM}{r^2} = \frac{\kappa M}{t r^2},$$

miután:

$$f = \frac{\kappa}{t}.$$

A saját tengelye körül forgó Nap impulzusnyomatékára érvényes a következő egyenlet:

$$\omega I = \gamma = \text{állandó},$$

ahol  $I = \sum m_i r_i^2$  a Nap tehetetlenségi nyomatéka. Ez lehetővé teszi, hogy a centrifugális gyorsulás értékét a Nap egyenlítőjén kiszámíthassuk.

Ugyanis

$$r \omega^2 = \frac{r \gamma^2}{I^2} = \frac{A}{r^3},$$

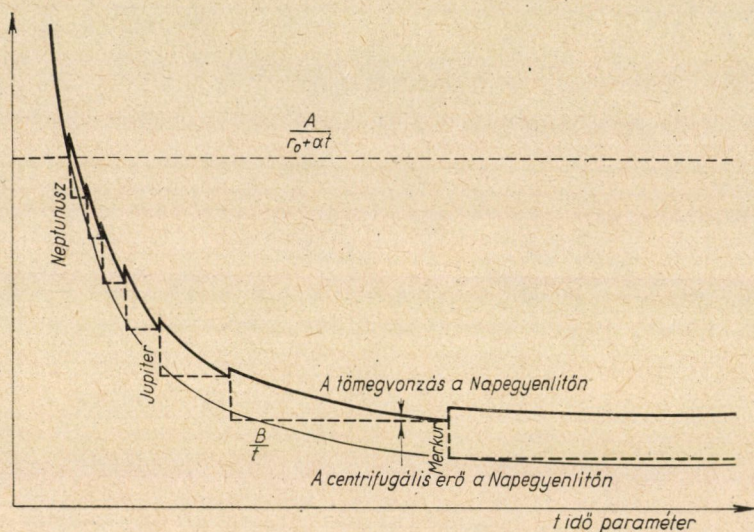
miután a tehetetlenségi nyomaték mindig a sugár négyzetével arányos. Ha ezt összehasonlítjuk a Nap-egyenlítőn keletkező gravitációs gyorsulás értékével,

akkor azt mondhatjuk, hogy  $\frac{1}{r^2}$  faktort nem tekintve a nehézségi gyorsulás  $\frac{B}{t}$ , a centrifugális gyorsulás  $\frac{A}{r} = \frac{A}{r_0 + \int_0^t a(t) dt}$  — szerint változik az időben.

E két függvénynek a változását az 5. ábrából láthatjuk, ama feltételezés mellett, hogy  $\alpha(t)$  integrálközepe a vizsgált időtartamban állandó, azaz

$$\frac{1}{t} \int_0^t a(t) dt = \bar{a} = \text{konst.}$$

Világos, hogy  $A - \bar{a}B > 0$  esetében lesz olyan  $t_1$  időpont, amikor a Nap egyenlítőjén a tömegvonzás és a centrifugális gyorsulás egymással



5. ábra. A tömegvonzás és a centrifugális erő alakulása a Nap egyenlítőjén

egyenlő. Ezzel a Nap tömegének egy része súlytalanná válik, leválhat a Napról és tőle független keringésbe kezdhet. A leváláskor a Nap sugara csökken és belátható, hogy az új Nap-egyenlítőn a centrifugális erő kisebb, a tömegvonzás pedig nagyobb lesz, mint kiszakadás előtt volt. Ennek következtében az erők előbbi játéka megismétlődhetik. Az ábra szerint a kiszakadáshoz szükséges időtartamok időben mind hosszabbak és hosszabbak lesznek és adott kiszakadás után a jelenség már többé nem ismétlődik meg.

A vázolt mechanizmusból magától értetődően következik, hogy a bolygók pályáinak síkja egybeesik a Nap egyenlítőjének síkjával és egymás pályasíkjaival. De az is következik, hogy a pályák közel kör alakúak lesznek és a keringési irányok megegyeznek a Nap forgási irányával, megfelelően az első törvényszerűség-csoportnak. A bolygók tömege csupán csekély törtrésze lehet a Nap tömegének.

A kiszakadt tömegek pályáját az  $fR_n = \beta_n$  egyenlet szabályozza, ahol — mint feljebb említettük —  $\beta_n$  állandó.

Mivel  $f = \frac{\kappa}{t}$ , felírható a következő egyenlet:

$$\frac{r_n}{t_n} = \frac{R_n}{t}.$$

$R_n$  jelöli a bolygó pályasugarát jelenleg,  $r_n$  pedig a  $t_n$  időpontban, azaz a kiszakadás pillanatában. Azonban  $r_n = r_0 + \bar{a}t_n$ , tehát

$$R_n = \left( \frac{r_0}{t_n} + \bar{a} \right) t.$$

Ha megnézzük az 5. ábra kiszakadási diagramját és az egyes bolygók tömegét is tekintetbe vesszük, akkor az egyes  $t_n$  értékek durva közelítéssel az előző értéknek a kétszeresét teszik ki, azaz közelítésben  $t_n = 2^n t_0$ , tehát

$$R_n = \left( \frac{r_0}{2^n t_n} + \bar{a} \right) t = \frac{C}{2^n} + D$$

megegyezésben a BODE—TITIUS törvénnyel.

A Nap hőmérséklete kezdetben nem kellett túlzottan nagy legyen. A térfogatnövekedéssel járó plaztikus deformáció roppant nagyméretű energiák hővé alakulását vonta maga után. A nagy hőenergia miatt keletkező nagy hőmérséklet biztosította a Naprendszer tömegének olvadt állapotát. Ebben az állapotban azonban a legfelső részek az óriási gravitációs vonzás következtében erősen szétkülönültek, és bizonyos keveredést csak a keletkező konvekciós áramok okozhattak. Ezért az előbb keletkezett bolygók sűrűsége általában kisebb kell legyen, mert a felszínen mindig a viszonylag könnyebb anyagok helyezkedtek el. Minden kiszakadás az átlagsűrűséget is, de a Nap felületén levő anyagok sűrűségét is növelte. Miután a fenti mechanizmus szerint a belső bolygók később születtek, sűrűségük átlagban is nagyobb kell legyen.

A korábbi időkben keletkezett külső bolygók nagyobb tömegekkel szakadtak ki. Ezeknek keletkezése idejében az  $f = \frac{\kappa}{t}$  összefüggésben a  $t$  még elég kicsiny volt.

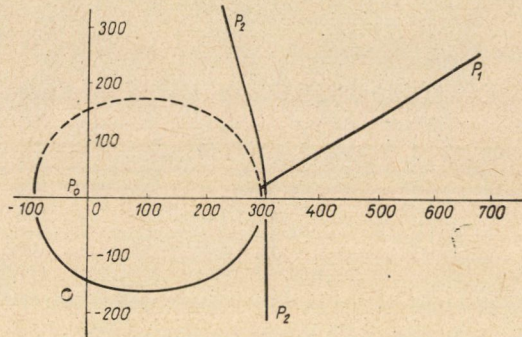
Így a most vázolt magyarázat a korábban keletkezett, tehát külső és nagyobb tömegű bolygókra is alkalmazható. A külső bolygóknak ezért viszonylag sok holdjuk van, míg a később keletkezett belső bolygóknak egyáltalán nincs, vagy legfeljebb kevés holdjuk van. Az utóbbiak keletkezésekor ugyanis az  $f = \frac{\kappa}{t}$  egyenletben  $t$  már olyan nagy volt, hogy a fenti elv szerint a kiszakadás nem tudott létrejönni.



Világos, ha a holdak ugyanúgy keletkeztek, mint a bolygók, akkor ugyanazokat a törvényszerűségeket is kell mutassák. Tehát szükségszerű következménye a magyarázatnak az is, hogy a holdak keringési síkja összeesik bolygójuk egyenlítőjével, tömegük lényegtelen a bolygó tömegéhez képest.

De hogyan magyarázható az, hogy míg a bolygók mind egy irányban keringenek, addig a holdak között vannak retrográd, tehát ellenkező irányban keringő tagok is?

O. J. SMIDT és N. N. PARIJSZKIJ a kaptáció elméletének kidolgozásánál kimutatták, hogy ha adott  $P_0$  tömeg körül kering egy kisebb  $P_1$  test és annak



6. ábra. Három test egymásrahatása

közelében megfelelő időben elmegy egy  $P_2$ , akkor létrejöhet olyan perturbáció, hogy a  $P_1$  tömeg kiszabadul  $P_0$  körüli pályájáról és ha jelen van a közelben egy  $P_3$  bolygó, akkor annak a vonzáskörébe kerülhet. Világos, hogy a másik által befogott hold retrográd lesz, s természetesen ki fog ütni a pályák eloszlásából. Kezdetben pedig éppen az volt a helyzet, hogy az egyes bolygók és holdjaik igen közel voltak egymáshoz, tehát a fenti perturbációnak és befogásnak igen nagy volt a valószínűsége (6. ábra). A Szaturnusz és a Jupiter tömegei között fennálló arány is valószínűvé teszi, hogy míg a Jupiter elfogott hármát a Szaturnusz holdjai közül, addig a Szaturnusz legfeljebb egyet tudott elcsípni s valószínű, hogy azt is az Uranusztól vette el (7. ábra).

Külön érdekességet jelent ebből a szempontból a Pluto és a Neptun példája.

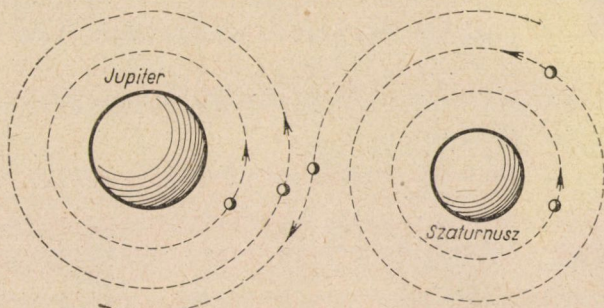
LITTLETON ugyanis a Pluto pályadataiból arra a következtetésre jutott, hogy a Pluto eredetileg a Neptun holdja lehetett. Ha feltételezhetnénk, egy a Neptunnál öregebb bolygót, amelyet jelenleg még nem ismerünk, akkor az kezdetben tényleg létrehozhatott olyan perturbációt, amelynek következtében a Pluto kikerült a Neptun vonzásköréből s a Nap körüli pályára kényszerült, míg a Neptun befogta ennek egy holdját (8. ábra).

Külön érdekes kérdés a Föld holdjának a kérdése. A Föld helyzete, a Hold tömege, tengelykörüli forgása mind arra utalnak, hogy itt nem a szó



szoros értelmében vett holdról van szó, amely a Földből keletkezett volna, hanem a Hold és a Föld közel együtt keletkeztek s a Föld befogta ikertestvévét.

Hátra lenne még az impulzusnyomaték eloszlásának kérdése. Miután az egész elmélet éppen az impulzusnyomatékok összegének állandóságára



7. ábra. A retrográd holdak létrejötte



8. ábra. A Pluto pályájának kialakulása

volt alapozva, így semmiféle ellentmondásunk nincsen. Ha meggondoljuk, hogy az egyes bolygók kiszakadásakor mindig kizárólag a legnagyobb fajlagos impulzusnyomaték értékkel rendelkező tömegek váltak le a Napról, szemléletessé válik, hogy miért van a Naprendszer impulzusnyomatékának zöme a bolygóknban.

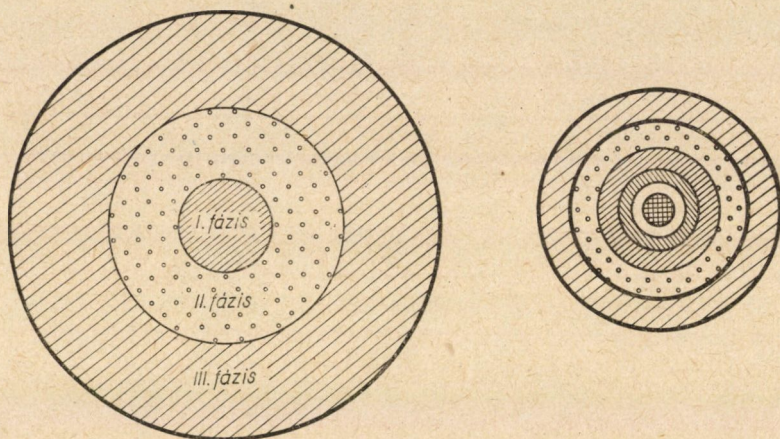
A fenti elméletből azonban az is következik, hogy a csillagok világában a Naprendszerhez hasonló rendszerek a gyakoribbak és nem a magános csillagok. Ezt az állítást a technika mai eszközeivel még igen nehéz igazolni.



Kétségtelen azonban, hogy a csillagászok maguk is mindinkább hajlanak arra a következtetésre, hogy valószínűleg több a bolygókkal rendelkező csillagrendszer, mint azt néhány évtizeddel ezelőtt elképzelték.

Talán a gravitációs gyorsulás mérhetetlenül nagy értéke kezdetben megakadályozta a radioaktív bomlás megindulását és esetleg ez lehet az oka annak is, hogy a radioaktív bomlásból számított Föld életkor és a gravitációs állandóból számított időparaméter oly jól egyezik.

Bár még egy csomó részlet kidolgozásra vár, vagy vitatható, a fenti elméletnek mégis előnye az, hogy a Naprendszer minden intimitására egységes és kézenfekvő magyarázatot ad.



9. ábra. A Föld szerkezete jelenleg és születése pillanatában

Lássuk azonban még ennek az elméletnek a Föld kialakulására és szerkezetére vonatkozó földtani és geofizikai következményeit, feltételezván most már a DIRAC—GILBERT egyenlet érvényességét.

A Földet alkotó tömeg szerkezetét a Napból való kiválás pillanatában egyedül és kizárólag a belsejében uralkodó nyomások s az ennek következtében keletkező nagynyomású fázisok határozták meg. A nagynyomású fázisok száma több volt mint ma, hiszen az átlagsűrűség kezdetben a mai 5,52 helyett mintegy  $35 \text{ gcm}^{-3}$  volt. A Föld anyagának csupán a legfelsőbb, mintegy 150—200 km-es része volt a köpeny mai fázisállapotában. Ennek pedig olvadt állapotban kellett lennie, mert a kiválásnál keletkező deformáló erők akkora hőt termelhettek, hogy szilárd állapot esetében is megolvadt volna. Az alatta levő tömegek nagyobb nyomású degenerációs fázisokban voltak s így sűrűségük is nagyobb volt. A Föld belsejében tehát a sűrűség szerinti különbségek nem valamiféle differenciáció következményeképpen, hanem a nyomás hatására jöttek létre, mert ez hozta létre adott mélységben az egyúttal nagyobb sűrűséggel is jelentkező nagynyomású fázisokat. E fázisok közül degeneráció-

mentes állapotban csupán a viszonylag vékony olvadékállapotban levő köpeny volt.

A Föld átlagos összetételét képviselő köpeny anyaga azonban igen erős gravitációs térbe került. Két okból volt igen nagy a Földön a tömegvonzás: egyrészt a mintegy fele akkora sugarú Föld felszínén, ha el is tekintenénk a DIRAC—GILBERT egyenlet érvényességétől, akkor is legalább négyszer akkora kellett legyen a nehézségi erő. De kezdetben az  $f = \frac{\kappa}{t}$  egyenletben a  $t$  kicsiny volt s így nagy gravitációs együttható mellett akár több ezerszeres  $g$ -vel is számolhatunk. A köpeny anyaga tehát belekerült egy természetes centrifugába s így legalábbis annak felső részében igen hathatós differenciálódás jöhetett létre.

E differenciálódás eredményeképpen a legfelső részen a savanyú, kvarcban gazdag, ez alatt a bázisosabb részek helyezkedtek el. Az egész felett pedig sorban vízgőz, nehezebb gázkeverékek, majd a könnyebb gázok következtek. A gravitációs tér tehát a Földet jellemző átlagmagnából kialakította az első légkört, vízkört, az egész Földet körülölelő savanyúbb kérget, s az ez alatt elhelyezkedő bázisos és ultrabázisos rétegeket.

Az expanzió azonban a DIRAC—GILBERT egyenlet érvényessége miatt az első pillanattól folyamatban volt. Amíg azonban a kezdeti köpeny vastagsága 150—200 km volt, addig az átalakulásból származó új köpenyanyag néhány mm-t vagy legfeljebb néhány cm-t tett ki évenként. Ugyanakkor a gravitáció a  $t$  növekedésével az  $f = \frac{\kappa}{t}$  összefüggés miatt rohamosan csökkent.

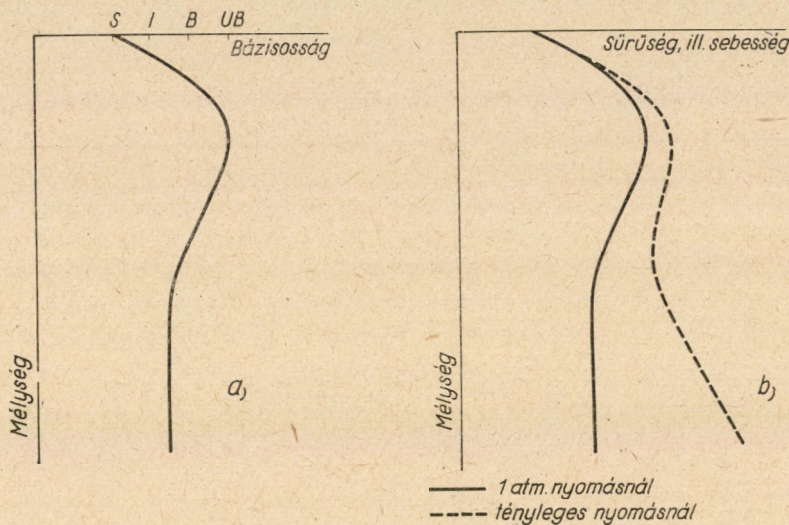
A köpeny alatti rész átalakulásából származó anyag kezdetben tehát erős gravitációs térben még erélyesen differenciálódott, de ez a folyamat igen hamar elcsendesült s a későbbi átalakulásból származó köpeny-anyag lényeges differenciálódást már nem szenvedett. Anyagi összetétele tehát a nem degenerált anyagú Föld átlagos összetételének felel meg.

Ha azonban figyelembe vesszük, hogy ebből az átlagból alakult ki az első légkör és vízkör anyaga, a felső részeiben savanyú s csak alsóbb részeiben bázisos kéreg, akkor az átlagos összetételről azt kell következtetnünk, hogy annak kisebb a bázicitása, mint a kéreg alsó részének és még kisebb, mint a kéreg alatt közvetlenül elhelyezkedő tömegek bázicitása. De egyúttal az is következik, hogy a köpenynek ez a része sokkal dúsabb gázokban és vízgőzben, általában illékony összetevőkben, mint a kéreg és a közvetlen alatta elhelyezkedő tömegek. Mindez pedig magával vonja azt is, hogy a felszíni nyomásra vonatkoztatott sűrűsége is kisebb.

A bázicitással nő a sűrűség és nő a szeizmikus hullámok sebessége. A fenti megállapításokat grafikusán a 10a ábra szerint ábrázolhatjuk. De a nyomással nő a sűrűség és a sebesség is (10b ábra, szaggatott vonal).



E három görbe közül a legkönnyebben a sebességet ellenőrizhetjük, mert a görbe szerint a földrengéshullámok sebességében helyi minimum mutatkozik. Az ilyen minimum a rugalmas hullámok törvényei szerint csatornát jelent, amely az ide bekerülő hullámok energiáinak jó részét nem engedi ki magából. Ilyen csatorna létezéséről tudunk. Ez a GUTENBERG-féle csatorna, amelyet GUTENBERG [1953] termikus okokkal magyarázott, míg a fenti megfontolások alapján ennek kialakulása természetes, csak hogy anyagi felépítés alapján jön létre. El lehet-e dönteni, hogy melyik felel meg a valóságnak?



10. ábra. A Földet alkotó anyagok

a) bázisitásának változása a mélységgel

b) sűrűségének, illetve sebességének változása a mélységgel 1 atm nyomásnál (folytonos vonal) és a tényleges nyomás mellett (szaggatott vonal)

Ha a GUTENBERG-csatorna termikus okokkal magyarázható, akkor annak mélységét elsősorban az izoterm felületek határozzák meg. Ezek pedig — ha csak konvekciós áramok létezését nem tételezzük fel — rendkívül érzékenyek a mélységre s legközelebb a nívófelületekhez állnak. Mélységük tehát csaknem állandó kell legyen. Ha viszont a GUTENBERG-csatorna a fenti következtetések alapján anyagi okokkal magyarázható, akkor a DIRAC—GILBERT egyenlet miatt az expanszió is megvan s az expanszióból származó kéreg- és köpenykvékonyodások egyúttal lényegesen megváltoztatják a GUTENBERG-csatorna helyzetét és mélységét is.

Újabban VESANEN, NURMIA és PORKKA dolgozott ki a GUTENBERG-csatorna mélységének meghatározására új módszert s e módszer segítségével

néhány helyen meghatározták a GUTENBERG-csatorna mélységét. Adataik a következők:

Alaszka .....	45 km
Észak-Japán .....	80 km
Tonga .....	95 km
Dél-Amerika .....	120 km.

A Pamirra vonatkoztatva pedig a mélység szóbeli közlés szerint 150 km-nek adódott.

Ezek az adatok pedig éppen a mi eredményünket támasztják alá, azaz azt, hogy a GUTENBERG-csatorna az anyagi felépítés következménye.

A földköpenynek a GUTENBERG-csatorna alatti részecinek anyagi összetételére elméletileg az következik, hogy az intermedier, talán diorit-andezit összetételhez hasonló, vízgőzben, gázokban és illékony anyagokban igen gazdag anyag. Mi ennek a földtani-tektonikai következménye?

Ismeretes, hogy a Csendes-óceán partvidékének egy része mentén, de az alpi orogén mentén is igen nagy mélységekig lehúzódnó földrengéses sáv jelentkezik. Ugyanakkor ezeket a mély sebhelyeket jelző földrengéssávokat egy andezites vulkanikus öv kíséri. Jelenleg mindenütt, ahol andezites vulkánosság jelentkezik, vele együtt járnak a helyenként 700 km mélységig keletkező mélyrengések. Az alapjában bazaltos jellegű vulkáni területek környékén legfeljebb 70 km mélységig észlelhetők csak földrengések. Míg azonban a bazaltos vulkánosság gőzökben és gázokban viszonylag szegénynek mondható, addig az andezites vulkánosságra egyenesen jellemző a nagy mennyiségű vízgőz- és gáz-erupció.

Ez a fenti eredményből kézenfekvően értelmezhető, mert a helyenként 700 km-ig lehúzódnó felszakadások, fellazulások mentén közvetlen összeköttetés nyílik a nagy mélységben levő gőzökben és gázokban gazdag anyagtömegekhez, amelyek mozgékonyságuknál fogva a fellazult részek mentén a nyomáscsökkenés miatt megcsapolódnak és felfelé törekszenek. Itt nagy hőmérsékletüknél fogva kimossák, feloldják és felolvasztják az érintkező rétegeket, amelyek mélyebben intermedierek, andezitesek. Az olvadék mindinkább a felszín felé törekszik, s kialakítja a törésrendszerek mentén felszínre kerülő savanyú és intermedier vulkánosság magmafészkeit a maga erélyes illóanyag tartalmával. A felfelé nyomódó olvadéktömeg a transzaporizált tömegekből nagyobb mennyiségű nyomelemet dúsít fel. Ezért van, hogy az andezites területek általában bizonyos ércekben gazdagabbak.

Ezzel szemben a köpeny legfelsőbb részében kialakult bazaltos vulkánosság ércekben általában szegény.

A fenti mechanizmust nemcsak a Földre, hanem a Holdra is átvihetjük. A Hold egyidős a Földdel, és a Föld–Hold-rendszer egy kettős bolygó. A DIRAC-GILBERT egyenlet és a RAMSEY-féle eredmények értelmében a Holdon jóval vastagabb kellett legyen az egyidejű köpeny, mint a Földön. A kezdeti diffe-



renciáció tehát sokkal vastagabb részt kellett érintsen, így a Hold „kontinentális kérgének” vastagabbnak kell lennie a Föld kontinentális kérgénél. Ha ez így van, akkor a Hold és Föld hipszometrikus görbében az eróziómentes kontinentális és óceáni szint közötti különbségek nagyobbak kell legyenek a Holdon, mint a Földön. Valóban, JOKSCH vizsgálatai szerint a Holdon ez a szintkülönbség mintegy 7,9 km. Ha ezt eróziómentes állapotra a Földre kiszámítjuk, akkor ezzel szemben szintkülönbségként 5,6 km-t kapunk. Ez pedig megfelel az elméletnek. De a differenciációnál felfelé áramló gázok mennyiségének is egy vastagabb köpeny esetében lényegesen nagyobbak kellett lennie. És talán itt rejlik a Hold-kráterek keletkezésének a titka. Egy gázokban messze gazdagabb differenciálódó magma a felszínen úgy szilárdul meg, mint a kelő tészta. De az első megszilárdulás után is a további buborékszerű felszakadást a felhalmozódó gáz robbanásszerűen biztosítja s ezért helyezkednek el oly kifogástalanul a BALDWIN-féle robbanási görbe mentén a különböző robbanási kráterek és a Hold-kráterek. A Hold-„Terrák” krátereit tehát az erősen gázos és nagyméretű gázutánpótlással rendelkező differenciálódó savanyúbb kéreg robbanásszerűen szétszakadt sebhelyei. A „Mariák” viszont a későbbi expanzió folytán létrejövő felszakadások.

A köpeny kialakulásának mechanizmusából az is következett, hogy létrejött az első légkör és az első vízkör is. A vízkör tehát legalább 80%-ban nem folyamatosan jött létre a magmatizmus-vulkanizmussal felszínre kerülő juvenilis vízgőzből, hanem az első köpeny differenciációja folytán. Ennek pedig geológiailag nagy jelentősége van. Az erózió a Föld felszínén csak ott érvényesül, ahol a kéreg és a kőzetek a tengervíz szintje felett vannak, miután a tengervíz — nem tekintve a sokkal kisebb kémiai eróziókat — megvédi a pusztító erők mechanikai hatásától a kérget. A kezdetben sokkal kisebb felületű expandáló Földön a vízkör teljesen beborította a felszínt s az erózió akkor léphetett csak működésbe, amikor már az első csúcsok kezdtek kiemelkedni. Valóban, a több mint négy milliárd éves Földön a legrégebb metamorf kőzetek mintegy 3—3,5 milliárd évesek. Ez pedig azt jelenti, hogy kb. 3—3,5 milliárd évvel ezelőttre nőtt meg annyira a Föld felülete, hogy a kéreg egyes részei kiemelkedhettek a tengerszint fölé s elindulhatott az első lepusztulás. Ebből a tényből kiindulva A. HOLMES megkísérelte az évi sugárnövekedés értékét meghatározni s azt 0,4 mm/év-nek találta. Ez pedig nagyságrendileg egyezik a más úton megállapított sugárnövekedési értékkel.

Ugyanez a mechanizmus teszi indokolttá azt is, hogy miért növekszik a lepusztulás mértéke a földtörténet folyamán. Világos, hogy ha a Föld térfogatnövekedése következtében a felszín növekszik s a tengerek szintje csökken, akkor mind nagyobb és nagyobb kontinentális területek emelkednek ki belőle és válnak a lepusztulás martalékává.

A fentiekben megkísértem ama kutatások eredményeinek egy részét vázolni, amelyeket a *Magyar Tudományos Akadémia* támogatásával 1953 óta végeztem. Az anyag mérete miatt azonban csak a legutóbbi év eredményeit tudtam részletesebben tárgyalni. Amikor köszönetet mondok a Magyar Tudományos Akadémiának a támogatásért, teszem ezt azzal a jóleső és megnyugtató érzéssel, hogy bőkezűségét a jövőben is élvezni fogja a geofizikai kutatás.

## IRODALOM

- BERNASCONI, C.: Sulla variazione della densità nell' interno della terra. *Geofisica pura e applicata* 41, 19—27. 1958.
- BIRCH, F.: Elasticity and constitution of the Earth's interior. *J. Geophys. Research*, 57, 227—289. 1952.
- DIRAC, P. A. M.: *Proc. Roy. Soc. A* 165, 199. 1938.
- GILBERT, C.: Dirac's cosmology and the general theory of relativity. *M. N. R. A. S.* 116, 684—690. 1956.
- GOOD, R.: Present position of the theory of continental drift. *Nature*, 4223, 1950.
- GUTENBERG, B.: Wave velocities at depths between 50 and 600 kilometres. *Bull. Seism. Soc. Am.* 43, 223—232, 1953.
- HOLMES, A.: A revised geological time-scale. *Trans. Edinb. Geol. Soc.* 17, 183—216, 1960.
- JOKSCH, H. G.: Die hypsometrische Kurve des Mondes. *Zeitschrift für Geophysik*. 23, 250—255, 1957.
- JORDAN, P.: *Schwerkraft und Weltall. Braunschweig* 1952.
- MILNE, E. A.: *Kinematic Relativity. Oxford*, 1948.
- RAMSEY, W. H.: On the nature of the Earth's core. *M. N. R. A. S. Geoph. Suppl.* 5, 409—426. 1949.
- RAMSEY, W. H.: The planets and the white dwarfs. *M. N. R. A. S.* 110, 444—454. 1950.
- SMIDT, O. J.: Négy előadás a Föld keletkezésének elméletéről. (Fordítás.) *Budapest*, 1952.
- TAYLOR, F. B.: Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan. *Bull. Geol. Soc. Am.* 21, 179—226. 1910.
- VESANEN, E., NURMIA, M. and PORKKA, M. T.: New evidence for the existence of Gutenberg's asthenosphere channel. *Geophysica* 7, 1—11, 1959.
- WEGENER, A.: *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig*, 1915.

## KORREFERÁTUM

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR akadémikus

Osztályunk immár második napja foglalkozik a földtudományok kérdéseivel. Amikor a Föld fejlődésének korai szakaszait, keletkezését és mélyét — az alagútépítésben ismert eljáráshoz hasonlóan — két ellentétes pontról, a geofizika és a geokémia oldaláról igyekszünk gondolatban megközelíteni, egy legújabban jelentkező általános szükségletnek teszünk eleget. Ez a dialektikus látásmód szükséglete, amely tárgykörünkben már 1952-ben jelentkezett a Szovjet Tudományos Akadémia kozmológiai vitájában, ahol a Föld eredete kérdésében az asztronómusok mellett geofizikusok, geokémikusok, geológusok léptek sorompóba. Ugyanennek a jelenségnek újabb megnyilvánulásai a *Physics and Chemistry of the Earth* című három éve megindult könyvsorozat és az ez évben megindult *Geophysik und Geologie* c. folyóirat.

Egyes kérdések teljesen különböző oldalról történt megközelítésében máris összhang mutatkozik. Ilyenek nagygyűlésünk geo-előadásai tanúsága szerint a hazai szakemberek részéről fejlesztett elméletek, a földtágulás és a kőzetképződés migrációs-transzsvaporizációs fejlődése kérdései. Másokban, különösen a Föld belsőbb részének összetételét illető régebbi kérdésekben még nálunk is nagy az ellentét. Sikerül-e ezekben a kérdésekben is egységes álláspont elérése, az ellenkező oldalról indult alagút „összelyukasztása”? Ez egyetlen dialektikus szemléletű kutató előtt sem lehet kétséges és hiszem, hogy ehhez éppen a magyar geofizikai és geokémiai kutatás új eredményeinek segítségével juthatunk lényegesen előbbre.

A földtágulási elmélet a kontinens-táblák eloszlásának kérdését, ezek asszimmetrikus elhelyezkedését, a Föld felülete húzásos szerkezeteinek nagy befolyását a legelegánsabban oldja meg. A most elhangzott előadással pedig a Naprendszer keletkezési kérdésében is fontos jelentőséghez jutott és legalább annyira hatékonyan bizonyulhat, mint a WEIZSÄCKER—KUIPER-elmélet.

Ehhez egy pontban talán magunk is hozzájárulhatunk. A bolygók származtatásában a tágulási elmélet eddigi alakja a bolygók anyagának a Naphól való leválásából indult ki és következő lépésként lényegileg a már kész bolygót vette tekintetbe. Minthogy a Nap-egyenlítő gyűrűszerű kitüremlésének a bolygók gömbjévé való átalakulása időszakát még nem vizsgálja, arra az eredményre jut, hogy a bolygó anyaga kémiailag azonos az eredeti Nap-egyenlítői kitüremlés anyagával. Ez a megállapítás szükségképpen odavezet, hogy a bolygók, illetve a Föld *belsejének* anyaga is lényegileg azonos a külső köpeny + kéreg + hidro- és atmoszféra átlagolt összetételével.

Ha azonban a bolygók gömbbé tömörödésének, a Nap-egyenlítői gyűrűből való átalakulásának, az akkréciónak időszakát is tekintetbe vesszük, úgy a bolygók belsejét illetően más eredményre jutunk. Ekkor ugyanis az akkréciónál közben a még laza bolygó (Föld) egész tömegére nézve bizonyos mérvű fajsúly szerinti differenciációval kell számolnunk és olyan modellt kapunk, amelyet a vasban gazdag mag felett lassanként növekvő szilíciumtartalom jellemez. Ebben a modellben a köpeny sok száz km-es rádiusz-távolságon keresztül kvázi-homogénnek tekinthető, amint azt az előadásban idézett geofizikai eredmények is tükrözik. Ez esetben a régi vasmagos GOLDSCHMIDT-féle és az újabb homogén-összetételű LODOCSNYIKOV—RAMSEY-féle szemlélet közti ellentmondás lényegileg feloldódik, a vasmag-modell kvázi-vasmagossá, a homogén modell

pedig kvázi-homogén modellé változik. Az ilyenszerű modellhez az első lépést 1955-ben Geokémia c. könyvemben tettem, megoldásául a két elmélet-csoport közti ellentétnek.

Erre kell következtetni akkor is, ha szemlélődéseinkben nem állunk meg a 4,1–4,5 milliárd éves határnál, hanem hangsúlyozva, hogy ez nem abszolút kezdet, tehát nem valamiféle „teremtés” időpontja, számolunk az ezt megelőző folyamatok lehetőségével is. Ez esetben ui. elkerülhetetlen szükségként a Nap maximális sűrűségű, tehát legkisebb térfogatú állapota előtti lazább, feloldottabb gáz-, illetve por-halmaz feltevéséhez jutunk, ami már a Nap testén belül is bizonyos fajsúly szerinti elkülönülés feltevéséhez vezet, a tegnapi előadásomban érintett módon.

Azzal az elképzeléssel, hogy valahol a Gutenberg-csatorna mintegy 50–150 km-es mélysége alatt, a kondritos-peridotitos övön túl kissé savanyúbb és könnyenillókban is valamivel gazdagabb öv következik, éppen a transz-vaporizációs elv alapján magunk sem állunk szemben, feltéve, hogy ezt időben változó, mégpedig csökkenő savanyúságúnak és gáztartalmúnak tekintjük. A mélyből feltörő, kissé nedves magma a transzvaporizáció elve szerint ui. nedvességtartalmát a lassúbb feltörés közben átadja a szomszédos kőzeteknek és így a kéreg magasabb részeiben már akár viszonylag száraz, felhajtóerő nélküli intruzívumként meg is rekedhet.

Ha azonban túl nagy könnyenilló tartalmat tulajdonítunk a Gutenberg-csatorna alatti övnek, úgy az már ellentmondásos következményekhez vezet. A feltörésre alkalmas töréses övben ui. a mozgékony könnyenillók viszonylag felhalmozódnak. Ha tehát már az eredeti anyag könnyenillókban gazdag lenne, úgy a mélytöréses rendszer felett kialakuló gyűrődéses öv magmáinak víztartalma olyan nagyra nőne, felhajtó ereje már kezdetben akkora lenne, hogy ott a magmának a kéregben való megrekedéséről, intruzív kőzetképződésről egyáltalán nem lehetne szó. Ezt pedig a kőzettani-földtani adatok egyértelműen megcáfolják, még akkor is, ha a könnyenillóknak a szomszéd kőzetekbe irányuló jelentékeny transzvaporizációjával számolunk. Az előző dolgozatokban kifejtett egyéb megfontolások alapján is ennek a mély-övnek a víztartalmát 1–2%-nál többre nem becsülhetjük.

A nagy mélységű savanyúbb anyag feltevésének egyébként igen figyelemre méltó geokémiai következményei vannak, amelyek közül itt néhányra röviden utalunk. Ha ilyen öv van a Föld mélyében, úgy annak a mélytörési rendszerben könnyenillókban meggazdagodott, magmává alakult része az összes magmafajták közül leginkább hidroandezit-hidrodiorit magmák összetételét közelíti meg. Ez esetben ezeket a primer hidromagmatermékeket is magában foglaló hipomagmatit kőzetosztály jelentősége rendkívül nagymértékben növekszik és a Föld külső övei egyik legfontosabb kőzetosztályává válik.

A nagymélységi hidroandezites összetétel feltevése ellentmondásban állni látszik az uralkodó kondritos meteoritok ultrabázisos jellegével. Ezek részlegesen olvadt állapota azonban UREY levezetésének szellemében a szilikátnak a vas-magnéziumoxidoknál nagyobb mérvű elpárologását teszi feltételezhetővé. Így pedig a kondritoknál kissé savanyúbb, bazaltos-hidroandezites anyagnak a Gutenberg-csatorna alatti jelenléte geokémiailag sem kizárt.

Ha azonban a gyűrődési övek vulkanizmusa eredeti víztartalmát túlságosan nagynak tételezzük fel, úgy a Föld-felszíni vizek össz mennyisége az utolsó évmilliárdban sem maradhat közel állandó, ahogyan azt az előadás feltételezi, hanem annak még most is jelentékeny mértékben növekednie kell.

Ez azonban a tágulás elméletének egyik fontos bizonyítékát, a vízzel borított ság csökkenésének a SZTRAHOV és TERMIER-féle térképek alapján történt számszerű levezetését döntené meg, alapvetően megváltoztatva az abból adódott évi tágulási értéket. Ez esetben a túlsó végletbe esnénk: a tágulás számított mértéke túl kicsinek bizonyulna és az eddigi egyéb számításokkal való összhang felborulna.

A Föld-felületi vízzel-borítottság mértékének fokozatos csökkenése és ezzel a szárazföldi lepusztulás mérvének növekedése azt jelenti, hogy a földtani idők folyamán az időegységre eső üledékképződés összege, valamint az időegységre eső üledékvastagság növekedik. Ugyanakkor növekedik a törmelékes üledékképződés aránya is a kémiai-biológiai üledékképződéshez képest. Ilyen adatok eddig tudomásom szerint nincsenek, de a folyamat nem látszik lehetetlennek és pontosabb tanulmányozása kívánatos.

Ha tekintetbe vesszük, hogy a Föld anyaga kezdetben szétszórt állapotú és nagy hidrogéntartalmú volt, akkor azt kell mondanunk, hogy egyelőre legalábbis két fő tényezővel tudunk operálni a Föld képződésében. Ezek egyike a nagyfokú migrációs anyagvesztés, a másik pedig a tágulás. Kezdetben, az akkréció (tömörülés) közben — mint az előbb is említettem — fajsúly szerinti differenciációnak is végre kellett mennie, ahogyan azt a különböző elméletek, többek között az egyik legkidolgozottabb Weizsäcker-Kuiper-elmélet is feltételezi. A fajsúly szerinti differenciáció idején kezdetben az akkréció következtében még általában növekszik bolygóink gömbje és annak gravitációs gyorsulási értéke a kéreg szintjében.

A gravitációs differenciációs migráció közben a Föld eléri a maximális gravitációs gyorsulást. Ez az az állapot — a Föld életének második szakasza, amelyből EGYED professzor kiindul, amelyben a Föld belsejének atomjai már degenerálódtak a nagy nyomás következtében. Ekkor a migráció már csak a külső övekből lehetséges és a migrációs tömörülés többé-kevésbé egyensúlyba jut a meginduló tágulási folyamattal.

Mi az oka a tágulási folyamatnak? Azt hiszem, hogy ezt a Gilbert egyenlettől függetlenül is le lehet vezetni. A migrációs anyagvesztés ugyanis odavezet, hogy ezek a könnyenillók, amelyek eredetileg a Föld bolygójának is nagyon nagy százalékos mennyiségét tették ki, disszipációsan eltávoznak a Föld színéről, kipárolognak a világűrbe; ezáltal a gömbbő tömörödött bolygó belsejében a nyomás jelentékenyen csökken. Ennek megfelelően — függetlenül a még hipotetikus Dirac—Gilbert-felfogás érvényességétől — meg kell indulnia a degenerált atomok visszaalakulásának, a tágulásnak. Két hatás küzd tehát: az anyagvesztés, ami zsugorodást eredményez, és a degeneráció csökkenése, ami tágulásra törekvést jelent. E két erő kb. kiegyenlíti egymást a Föld életének hosszú második szakaszában.

Most következik az az állapot, amikor a migráció túlnyomó része lefolyt, amikor tehát a migrációs anyagcsökkenés kevesebb, ekkor mindinkább uralkodóvá, hatékonyává válik a nyomásátadás idősükségele következtében késedelmező tágulás. Ez a Föld életének harmadik időszaka. Azt hiszem, EGYED professzor is feltételezi a Wegener-elmélettel, hogy az Atlanti óceán keletkezésének erősebb megindulása a karbon-korra, tehát mintegy 0,3 milliárd évre tehető. Az Atlanti-óceán azonban hozzávetőleg az összes óceánoknak 30%-a. A Pacifikus-óceán viszont az összes óceánoknak kb. 50%-a, erre viszont az eddigi elmélet szerint nem ennek megfelelő arányban 0,5 milliárd, hanem 4 milliárd év jutna, tehát sokkal több.



Ez ellentmondás volna abban az esetben, ha nem állna fenn itt az előbb említett hosszú második egyensúlyi időszak, amikor a tágulást a migrációs gázok eltávozása paralizálja. A harmadik időszakban az orogenerisek növekvő hő- és gázleadási szakaszaiban a tágulásra kedvező periódusok jelentkeznek. Az illótartalom csökkenése a Föld magját kevésbé összenyomhatóvá teszi.

Hadd fejezzem be azzal, hogy a geotudományok együttműködésének eddigi tényei máris utalnak a geokémia és a geofizika együttműködésének hatékonyságára. Azt hiszem, nagyon megnöveli a geotudomány fejlődési sebességét az, hogy összekapcsolódnak ezek a tudományok.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

BARTA GYÖRGY, a műszaki tudományok doktora

EGYED László professzor már csaknem egy évtizede dolgozik elméletének megalkotásán, és munkája mindig új és mélyreható megállapításokra vezet. Az a régi elgondolás, hogy a Föld kihülése következtében összehúzódik, a szigorú kritikai vizsgálatot nem bírta el. A régi elgondolás ugyanis a Földet úgy tekintette, mint egy — a kihüléskor valóban összehúzódó — laboratóriumi fémtestet. A Föld belsejében uralkodó roppant nyomás és hőmérséklet következtében az ott levő anyag azonban egészen más feltételek között van, mint a laboratóriumban, a viszonyok tehát összehasonlíthatatlanok.

Az elgondolásban rejlő tarthatatlan ellentmondások miatt a zsurgodási elméletet el kellett vetni, sőt ellenkezőre kellett változtatni. Az új hipotézis alapján a jelenségek egész tömege vált megmagyarázhatóvá, és az elgondolás a biológiától a geológián és a fizikán át a csillagászatig csaknem minden tudományágat érintő és jelentősen befolyásoló elméletté növekedett.

Az elgondolás egyik legfontosabb eredménye, hogy az eddig súlyos ellentmondásokat tartalmazó — és a geofizikusok részéről éppen ezért már elvetett — Wegener-elméletet egyszerűen magyarázza, megadja annak energetikus alapjait és ezen keresztül Földünk fejlődéstörténetének igen sok homályos pontját tisztázza. Eredményei alapján az elgondolás már évekkel ezelőtt munkahipotézisből átfogó elméletté érett.

Vizsgáljuk meg ennek az elméletnek az alapjait. A Föld anyaga a belsejében uralkodó több millió atmoszféra nyomás alatt degenerált állapotban van. Ez az anyag lassan nem degenerálttá alakul át, sűrűsége csökken, ezért kiterjed és a Föld tágul.

A degeneráltság megszűnését kétféleképpen magyarázhatjuk. Először egyszerűen statisztikai alapon azzal, hogy bizonyos nyomáson az atomok egy hányada az idegység alatt degenerált állapotból degenerálatlanba lép át. A folyamat a radioaktív bomláshoz hasonlóan állandó és irreverzibilis. A másik magyarázat pedig az, hogy a gravitációs állandó időbeli csökkenése miatt a nyomás a Föld belsejében csökken és az anyag ennek következtében alakul át. Láthatjuk, hogy a második elgondolás tulajdonképpen a természetben észlelt folyamat fizikai megokolása.

EGYED professzor elgondolásaiban elcinte az első feltevessel élt, a természeti folyamat fizikai hátterének vizsgálatára csak az utóbbi időben tért át. Ezzel a vizsgálattal nagyon súlyos elvi problémákat vetett fel. Felmerül ugyanis az a kérdés, hogy a gravitációs állandó az egész világegyetemben csökkenő

tendenciájú-e, vagy pedig a jelenség csak a mi általunk megfigyelhető részére, a Naprendszerre, vagy esetleg a Tejútrendszerre terjed-e ki. Az első esetben  $f$  csökkenése esetleg a világegyetem tágulásával hozható kapcsolatba. A második elgondolást viszont az támasztja alá, hogy ismeretesek olyan csillagok, amelyek anyagának sűrűsége a mi részünkről ismert anyagokénál sok nagyságrenddel nagyobb. Feltehető, hogy ezekben a csillagokban a gravitációs állandó még igen nagy, és az anyag az óriási nyomás következtében nagyfokú degeneráltságban van. Ha pedig az ilyen anyagrendszereknek sajátos  $f$ -jük van, akkor a gravitációs állandó nemcsak a megfigyelés idejétől, hanem a helyétől is függ, és a világegyetemben észlelhető anyag-energiaátalakulásokkal kapcsolatos.

Különösen mély bepillantást tesz lehetővé a jelenségek mechanizmusába az előadásnak Naprendszerünk impulzusnyomatékának problémájával foglalkozó része. Az összes eddigi kozmogóniai elméletek ezen a kérdésen buktak meg, illetve ezt a jelenséget nem tudták magyarázni. Az elmélet feloldja az ellentmondást, s ezzel lényegesen hozzájárul a bolygórendszerek problémakörének tisztázásához. Lehetséges, hogy a gravitációs állandó változásának pontosabb ismeretében a bolygók kiszakadásának időbeli eloszlását is meg lehet majd állapítani; vagy ellenkezőleg, a bolygók kiszakadásának időpontjaiból pontosabban következtethetünk az  $f$  változására.

Látható, hogy az elgondolás fizikai világmépünk alapjáig hatol, és semmiképp sem jövedölhető meg előre, hogy a megindított gondolatfolyamat milyen hatással lesz annak további alakulására.

A Föld tágulásának már eddig is számos fizikai bizonyítékát ismerjük és ezek a különböző jól mérhető jelenségeket nagyságrendileg helyesen magyarázzák. Vizsgáljuk meg, hogy az eddig ismert érvek sorozata az impulzusnyomatékok eloszlásának magyarázatán kívül milyen további érvekkel bővült ebben az előadásban. Az elméletből, mint közvetlen logikai követelmény vezethető le a bolygók naptávolságát leíró BODE—TITUS-féle tapasztalati szabály. Hasonlóképpen minden különösebb erőltetés nélkül következnek az elméletből a bolygó- és holdrendszerek különböző szabályosságai. Érdekes lenne a Hold kontinentális és óceánikus jellegű területeinek arányából is meghatározni, hogy mennyivel lehetett a keletkezéskor nagyobb a Hold köpenyrésze a Földénél. Különösen fontos a GUTENBERG-féle csatorna kialakulásának a magyarázata; Földünk köpenyének ez a közvetlenül mérhető sajátsága az elméletnek erős támasza.

Az elméletben a csillagászat és geofizika érdekes kölcsönhatását figyelhetjük meg. Ez nem meglepő, hiszen a két tudomány általában elég szoros kapcsolatban van egymással. Az egyik az égitestek, a másik pedig a Föld jelenségeivel foglalkozik. A legkézenfekvőbb kapcsolat tehát ott található, hogy a Föld is az égitestek egy bizonyos csoportjának a tagja és belső szerkezete nyilvánvalóan rokonvonásokat mutat a többi hasonló bolygóval. Így az egyik tudomány megállapításait alkalmazni lehet a másik területén, és viszont.

Érdekes megfigyelni a tudományos fogalmak átalakulását és szerepcseréjét a két tudomány példájában. A Föld alakjának a kérdése a XVII. században még teljesen csillagászati probléma volt. Igaz, hogy abban az időben a tudományok még nem differenciálódtak annyira, mint ma. A XVII. században a csillagászati ismeretek fejlődésének nagy eredménye az volt, hogy kijelölte Földünk valódi helyét a természetben.

A Föld gömb alakjának felismerése még nem volt döntő ellentétben a geocentrikus szemlélettel, de a gömb alak következményeinek vizsgálata óriási hatású gondolatfolyamatot indított meg, és kiindulópontja lett a tudománytörténelem legfontosabb szellemi forradalmának, KEPLER, KOPERNIKUS és GALILEI számára a koordinátarendszer középpontjának áthelyezése a Napba nem volt sokkal több ésszerű egyszerűsítésnél. A transzformáció a szükség-szerűség igényével akkor jelentkezett, amikor a logikai alapot a NEWTON felismerte gravitációs törvény megadta. A XVI—XVII. század hatalmas gondolatfolyamata tehát a csillagászatból indult ki és a fizikában kialakított logikai alapokon keresztül a Földdel kapcsolatos jelenségek helyes értelmezésére vezetett.

A geofizika az utolsó évszázadban igen nagy megfigyelési anyagot gyűjtött és a Földdel kapcsolatos folyamatokat elég pontosan megismerte. Az előadásban hallott elmélet megadja ezeknek a folyamatoknak egységes keretét és a Földdel kapcsolatos jelenségek pontosabb megismerése útján a fizikai alapok kifejtésével visszahat a csillagászatra és valóságos kozmogóniai elméletté alakul.

EGYED professzor egy elfelejtett, illetve kevésbé indokolt fizikai elgondolást alkalmaz a Földön megfigyelhető tágulási jelenségek magyarázatára és ezen keresztül feleletet kap Naprendszerünk kialakulására és igen sok, Földünkkel kapcsolatos jelenségre vonatkozóan. A geofizika és a csillagászat különböző területein észlelt jelenségek és összefüggések természetes és egyszerű magyarázata arra mutat, hogy az elgondolás alapját képező gravitációs állandó-csökkenés valóban fizikai tény.

Legyen szabad kapcsolódnom egy kérdéshez, melyet SZÁDECZKY-KARDOSS Elemér akadémikus tegnap is és ma is felvetett. Ti. arra, hogy egyes jelenségekből a Föld anyagi szerkezetének bizonyos inhomogenitására lehet következtetni.

Régen ismeretes, hogy a Föld mágneses terének középpontja nem esik egybe a földgömb geometriai középpontjával. Ez az excentricitás nem csekély, alig kimutatható jelenség, hanem mágneses mérésekkel jól kimutatható fizikai tény. A Föld mágneses középpontja a geometriai középponttól mintegy 350 km távolságra fekszik Ausztrália irányában. Ha a Földet teljesen homogénnek tekintjük, akkor ezt az excentricitást semmivel sem tudjuk magyarázni. Az excentricitás pedig mérésekkel megállapítható fizikai tény, tehát elgondolásainkban feltétlenül tekintettel kell rá lennünk.

Ebből látható, hogy a geofizika más jelenségei is alátámasztják azt az elgondolást, hogy a Föld anyagi összetétele nem teljesen homogén, hanem benne igen nagyméretű inhomogenitások is észlelhetők.

Meg kell még mondanom, tudománytörténetileg igen érdekes, hogy a geofizika, mint alkalmazott tudomány, visszahatott a fizikára és a csillagászatra és annak alapjait befolyásolva az egész emberiség gondolkodására hatással lehet. Reméljük, hogy az elmélet további fejlődésével naprendszerünk kialakulásának problémái is teljes megoldást nyernek. (Taps.)

RENNER JÁNOS, a műszaki tudományok doktora

EGYED professzor már több év óta foglalkozik a Föld belső szerkezetének kérdésével, és ennek nyomán alakult ki az a felfogása, hogy Földünk térfogata növekedik. A növekedés mértékére többféle megfontolásból, különböző fizi-

kai jelenségek figyelembevételével, energetikai számításokból ugyanazt a nagyságrendet kapta, mégpedig a sugárnak kb. fél milliméternyi évenkénti növekedését.

Jelen előadásában a kontinentális területek vízzel borítottságának mértékéből következtetett a tágulás nagyságrendjére, és itt is hasonló eredményhez jutott. A Föld térfogatnövekedésének felismerésével párhuzamosan kereste a jelenség magyarázatát, és egyúttal kidolgozta ennek következményeit a földkéreg kialakulása és a hegységképződés mechanizmusa tekintetében. Fontos az a megállapítása, hogy a földmagban, a maghéjban és a köpenyben az anyag különböző fázisokban van, és az anyag a belső instabilis fázisból ugrás-szerűen megy át a külső stabilis állapotba, ami sűrűségecsökkenéssel jár együtt.

Ezzel kapcsolatban jutott bizonyos ellentmondáshoz. Magyarázatot kellett találnia arra, hogy a fázisátmenetet létrehozó kritikus nyomás felülete miért nyomul egyre beljebb a Föld középpontja felé. S e ponton nagy jelentőségű volt az a felismerése, hogy DIRACnak és GILBERTnek a gravitációs együttható időbeli csökkenésére vonatkozó elmélete magyarázatot tud adni a kritikus nyomás felületének befelé tolódására.

Ezzel kapcsolatban arra kívánok rámutatni, hogy a gravitációs együtthatónak  $c$  feltételezett időbeli változása nem jelenti az anyagi minőségtől való függetlenség elvének a feladását. A gravitációs együttható DIRAC—GILBERT elmélete szerint az időparaméter függvénye, de adott epochában minden anyagra ugyanakkora értékű, tehát továbbra is érvényes az ekvivalencia elve.

Mindenesetre az elmélet következményeinek a továbbfejlesztésével még bizonyos kvantitatív következtetéseket is le lehet vonni. EGYED professzornak ez a felismerése kétségkívül merész volt, mert hiszen DIRAC felfogása évtizedeken keresztül egyáltalán nem volt elfogadható, a fizikusok teljesen elvetették, és csak a legutóbbi években éppen GILBERT munkálatai nyomán sikerült ezt egybehangolni az ismert fizikai tételekkel.

EGYED professzor a gravitációs együttható változásából további nagy jelentőségű következtetéseket vont le a Naprendszer kialakulására vonatkozólag. Határozottan elveti a Smidt-féle kaptációs elméletet, és a bolygókat a Naphól származtatja. A Dirac—Gilbert-féle összefüggésből vezeti le a periodikus anyagleszakadás elméletét és megmagyarázza azt a tényt, hogy a Naprendszer impulzusnyomatékát nagyrészt a bolygók impulzusnyomatéka határozza meg.

EGYED professzornak az elmúlt évtizedben kidolgozott tudományos elmélete a Föld belső felépítéséről igen jelentős kiegészítést nyert mai előadásában. Minden megállapítása egységes, logikus rendszert alkot, és elmélete az általános geofizika szakterületén bizonyára további értékes eredményekhez fog vezetni.

EGYED LÁSZLÓ lev. tag válasza

Először szeretnék néhány részletre utalni a magma illóanyagtartalmát illetőleg. A Föld felszínén jelenleg a nyomást durván egy atmoszférának vesszük fel. Az eredeti földfelszínen felmehetünk négy atmoszférára, esetleg valamivel többre is. Akkor az egy atmoszféra anyaga kb. lényegileg egy 2,5—3 méteres anyagrétegnek felel meg, ha az egészet mondjuk szilikátokra számítjuk át. Ha ezt elosztjuk akár tíz vagy harminc km-re, akkor viszonylag egész csekély az így adódó illóanyagtartalom értéke. Miért van azért mégis lehetőség

igen komoly gőzutánfolyásra nagyobb mélységekből? Ez egyrészt a nagy keresztmetszet, másrészt az utánpótlási okok miatt lehetséges. Viszont az össz földatmoszférához képest ez is kicsiny, mert hiszen az egész földfelülethez képest vonalszerűek az orogén területek. A magma illóanyagtartalma és az első légkör keletkezése között tehát itt nincsenek ellentmondások. Az eróziós üledékek mennyiségének növekedésére vonatkozólag UMGROVE könyvének végén van néhány adat.

Nagyon érdekes volt az a gondolat, amit SZÁDECZKY akadémikus az Atlanti-óceánnal kapcsolatban felvetett. A valóság az, hogy az Atlanti-óceán egy részének kialakulását én inkább a prekambriumba tenném és ez összhangban is van — egy régebbi cikkemben is utaltam rá — a STILLE-féle megállapításokkal, amelyeket az új óceánokról írt. A probléma azért még így is fennáll és a megoldása az előadás közben vált tudatossá bennem, bár néhány napja már kacérkodom a gondolattal. Ti. egynéhány évvel ezelőtt a kontinensek ún. növekedésének kérdését még teljes mértékben tagadtam volna, ma már nem merem ezt állítani, mert az orogéneknél de facto komoly anyagutánpótlás mutatkozik, a kéreg kifoltozódik. Ha ez kicsiny méretű is, mégis jó ideig ez uralta a kontinentális területeket. Hogy úgy mondjam, az eredeti földfelszín vagy az eredeti kontinensek területe néhány százalékkal, 10, esetleg 20%-kal, esetleg még valamivel többel is kisebb kellett legyen, mint a mai ún. kontinentális terület, mert az orogenezissel adódott anyag felszínrehozatala ezt biztosította.

Vissza fogok majd még térni a meteorok kérdésére az előadással kapcsolatban, de a gondolat, amit most elmondtam, kapcsolódik BARTA kollégának ahhoz a gondolatához, hogy esetleg a jelenlegi holdkéreg és földkéreg összehasonlításából ki lehetne számítani azt, hogy mekkora lehetett a kezdeti Földnek a mérete.

A kérdés persze nehéz, mert el lehetne indulni a Földből is, ha tudnánk pontosan, hogy mennyi volt a kezdeti kontinentális terület és abból megmondani, hogy milyen a Hold felületén a kontinensek és a mariák viszonya a tulsó oldalra vonatkozóan is. De a bizonytalansági tényezők miatt helyesebb lenne az út, ha a Hold felszínének eloszlásából visszafelé számolnánk az időparamétert a Dirac egyenletre. Itt ma még problémák vannak. Az első Hold-felvételek a tulsó oldalról kétségtelenül összhangban vannak azokkal a becslésekkel, amelyek az expanziós elméletből következnek. De nem elég megbízhatóak még ahhoz, hogy konkrét számításokat végezhetnénk rájuk vonatkozólag.

A meteoritok elméletének kérdésével kapcsolatban olyan gondolatom volt — erről nem sokat beszéltem, de érdemes lenne természetesen ezt megfontolni a Naprendszer kialakulására vonatkozólag, — hogy az egyik lehetőség az is, hogy nem egy aszimmetrikus leválás jön létre, hanem egy egész gyűrű válik le. Az aszimmetrikus leválás tüstént egy bizonyos fokú rendeződést hoz létre és bolygó keletkezik. Ha biztosítva van a tökéletes homogenitás, vagy közelhomogenitás, akkor egy gyűrű válhatik le. Ha ugyanerre alkalmazzuk a pályaméretre vonatkozó egyszerű relációt, akkor ez a gyűrű széthúzódik, úgy ahogy a Szaturnusznál is van s így kézenfekvő, hogy darabokra fog törni a keletkező erőhatások miatt. Ezek, az aszteroidák keletkezésének legalábbis egy részét, érthetővé teszik.

A másik lehetőség az ilyen leválásoknál a kezdeti nagy gravitációs hatások miatt beálló összetapadás apróbb szemcsékből, amit végeredményben az összes meteorit-kutatók feltételeznek.



Ennyi talán ezekről a kérdésekről elegendő. Érdemes lenne kissé végiggondolni és komolyan figyelembe venni a magreakciókat, de ez külön probléma. Az egész elméletből ki vannak hagyva a Napban keletkező magátalakulási jelenségek, amelyek valószínűleg — úgy ahogy a dolgokból következtetni lehet —, valamivel később indulhattak el, mint az első bolygók kialakulása.

Még egy kérdésre felelnék BARTA doktornak. Amiket elmondok, inkább megint gondolatok. Ahogy a közönséges térben is valójában egy térbeli pontot 4 koordinátával adunk meg, tehát a 3 térkoordinátát, amihez negyediknek az időkoordinátát kell kapcsolni, így az időparaméter kezdeti értéke is egy a térre jellemző érték lehet. Lehetséges tehát, hogy míg az időparaméter nálunk 4,1 milliárd év, addig a tér más területeinek időparamétere más. Lehet tehát olyan területe a galaktikának vagy ultragalaktikáknak, ahol ez a paraméter más értékű. Persze ez csak gondolat és miután az ember fizikus, ezekről nem beszél vagy legalábbis nem írja le, mert túl van a mai megfigyeléseken alapuló fizikán.

A mágneses aszimmetria eredetének kérdése sem olyan egyszerű, mert a földmágnesesség eredetének a kérdésével van szoros kapcsolatban. Tiszta homogén rendszeren belül is létre lehet hozni excentrikus mágneses teret. Vehetjük pl. a Bullard—Elsasser—Frenkel-féle elméletet, ahol konvekciós áramokból vezetik le az egész mágneses teret. Az áramok lehetnek excentrikusak, s ekkor létrejön egy aszimmetrikus mágneses tér, anélkül azonban, hogy az anyagi összetétel változnék, tehát inhomogenitás lenne észlelhető.

Van egy másik lehetőség is, és még könnyebben létrehozhatunk inhomogén mágneses teret, ha a belső mag neutron-proton eloszlására vezetjük a teret vissza s az egyik részében aszimmetrikus, akkor anélkül, hogy a legkisebb anyagi inhomogenitás volna, létrejöhet egy aszimmetrikus mágneses tér. Tehát ez semmit sem bizonyít az anyag inhomogenitására vonatkozóan. Az inhomogenitás lehetősége természetesen megvan, de a mágneses tér inhomogén lehet anélkül is.

Még egy gondolatot elmondanék a Smidt-féle kaptációs elméletre vonatkozólag. A szóban forgó kaptációs elmélet a termodinamika oldaláról nézve nem nagy valószínűségű, mert a teljesen egyenletes elrendezettség nagyobb valószínűségű, mint a bizonyos centrumok szerint rendezett állapot. Az összes kaptációs elméleteknek az a hibájuk, hogy feltételezik olyan magok jelenlétét, amelyek aszimmetrikussá tették a teret, hogy azután kaptáció jöhessen létre. Egyenletes eloszlásban ez nem lehetséges.

RENNER kollégám hozzászólásával kapcsolatban arra vonatkozólag, hogy a gravitációs állandó az anyagi minőségtől független-e, a következőket jegyzem meg. Vajon ahol olyan irgalmatlan nagy sűrűségek vannak, mint a fehér törpékben, nem az-e a helyzet, hogy az anyag olyan állapotba került, amikor megváltozott a gravitáció állandó értéke, ti. ez ugyanazt a hatást hozza létre. Persze ez degenerációval jár, ahogy ezt a csillagászok feltételezik.

Azt hiszem, alapjában feleltem a negyedik felszólalásra is. A magam részéről az egész eddigi elmélet vonatkozásában kizárólag fizikai megfigyeléseken alapuló és elméleti, kvantummechanikai és relativitás-elméleti eredményekre támaszkodva mutattam azt meg, hogy az egész Földnek, vagy mondhatnám Naprendszerünk kozmogóniájának a legalapvetőbb egyenlete a DIRAC—GILBERT-féle egyenlet, mert ebből az összes földtani és kozmogóniai jelenségek levezethetők, minden külön feltételezés nélkül is. A szabadjára engedett fan-

táziával való filozofálás túl van — hogy úgy mondjam — azokon a játékszabályokon, amik a természettudományban érvényesek.

A természettudományok mindig mérési adatokból, megfigyelési tényekből indulnak ki és abból vonnak le következtetést. Ami azon túl van, fantázia, ami igen sokszor segíthet, de amikor az ember ezt legalábbis olyan formában közli a nyilvánossággal, hogy azért felelősséget is vállal, akkor csak a konkrét tényekre támaszkodhatik.

A lényege az egész előadásnak éppen az volt, hogy e rendkívül komplikált jelenségcsoportban, amely irgalmatlan hosszú időtartam, nagy térerősség és különleges állapotok mellett megy végbe, lehetséges a tárgyalás szigorú fizikai módszerek és jelenségek alapján.

#### VADÁSZ ELEMÉR elnök

Elhangzott ez a nagy jelentőségű tudományos előadás a hozzátartozó megfelelő, ugyancsak tudományos szemléletű és megalapozottságú hozzászólásokkal. Felvetődik az a kérdés, hogy ezzel az előadással a most tíz éves fejlődését, mégpedig a szocializmusban elért fejlődését jubiláló Akadémiánk mit kívánt demonstrálni. Ezt a kérdést aposztrofálta EGYED kartársunk előadása végén, amikor köszönetet mondott az Akadémiának azért, hogy ilyen irányú tudományos kutatásokra módot és segítséget ad. Ebből az következik, hogy a Magyar Tudományos Akadémia újjászervezése óta és a szocializmusban kapott lehetőségek kapcsán igenis nagy súlyt helyez messze távlatú elméleti tudományos kérdések vizsgálatára is.

A geofizikai tudományok tekintetében ez Magyarországon különösen nagy fontosságú. Magyarország tudománytörténetileg tudvalevőleg a geofizikai tudományok egyik szülőhelye, az Eötvös Loránd nevéhez fűződő geofizika egyik megalapozójának tekinthető. Demonstrálni kívántuk azt, hogy a geofizika terén méltók kívánunk lenni Eötvös Lorándhoz, az ő nagy elméjéhez és nagy megállapításaihoz. Ez az egyik oka annak, és egyik kívánalma is, hogy Akadémiánkon ilyen irányú ún. elméleti, vagy ha úgy tetszik, még tovább megyek és azt mondhatnám, teljesen elvontnak látszó elméleti tudományos vizsgálatokkal foglalkozzék a magyar geofizika, mert sok jel mutatta mindmáig terjedőleg azt, hogy Magyarországon a geofizikát egyesek kizárólag az alkalmazott geofizikára, sőt még azon túl, kizárólag csak a geofizikai mérésekre vélték kívánták korlátozni.

Akadémiánk nem ezen az állásponton van, és azért örvendetes, hogy elhangozhatott itt ez az előadás, amely bemutatta a legmesszebb vezető tudományos vizsgálatok egyik ágát. Ezt kívántuk itt ebben a vonatkozásban Akadémiánk részéről is hangsúlyozni ezzel az előadással.

Szó esett itt az előadás kapcsán a módszerekről és a szomszédos tudományokkal való kapcsolatáról is, elsősorban SZÁDECZKY professzor részéről, aki tegnapi nagyszabású előadásában is hangoztatta, most is kiderült, hogy a geotudományoknak a magunk részéről régebben — talán ezt nem veszi sértesnek a geofizika — a geológiát tekintettük alaptudománynak, s ennek a kapcsolata odavezetett, hogy a geofizika ma már szerves és szoros kapcsolatba jut és juthatott a geológiával és ahogy BARTA kartársunk felszólalásában hallottuk, vissza is hatott és RENNER kartársunk hozzászólásában is szó volt erről, hogy visszahat a csillagászat a fizikai megállapításokra, sőt azon túl — mint láttuk tegnap — még a geokémia útján a kémiai tudományokra is,

s azoknak eddigi törvényszerűségét szélesebb keretekre indítja, illetve, ha úgy tetszik, az ezekre vonatkozó ismereteinket is, nemcsak a Földet, nagy vonatkozásban tágítja. Milyen alapon? Ezt lehetővé teszi elsősorban, hogy ma már mindannyian ebben az országban a dialektikus materializmus módszerével élünk. Itt sok kérdésben bizonyos ellentmondások és ellentétek összeegyeztetéséről van szó. Ez a legtekélyesebb dialektikai módszer, mint tudományos és természettudományos vizsgálati eszköz. Ezt vezettük be a felszabadulásunk utáni geológusképzésünk egyik logikai tanítási alaptételének az anyag, alak és folyamat dialektikus egységben való vizsgálati módszerének kihangsúlyozásával.

Amíg csak az anyag vizsgálatáról volt szó, addig természetesen nem juthatott el a folyamatvizsgálatig. Amióta azonban a földtan ezen a vonalon az anyagvizsgálatokkal messzemenően új eredményekre vezetett, hozzávéve vele egységesen az alak kérdését, az anyagok alakulását, eljutottunk a folyamat magyarázatához. Ebben a folyamatmagyarázatba, ami most már a tudományszemlélet s a tudománytörténet vonatkozásában is a szintézist jelenti, mondom, ebbe a szintézisbe tudott bekapcsolódni a geofizika, az anyagvizsgálatoknak addig csak a Föld felszínéhez kötött, szorosabb értelemben vett úgynevezett tudományos földtani vizsgálataihoz, meghosszabbítva, illetve kiterjesztve azt a Föld belsejének anyaga irányába, amiben megint a geokémia az úttörő, és ezt követi most már együttesben és az eredményeket összeegyeztetve a geofizika is.

Akadémiánk szempontjából még egy kérdés vetődik itt fel. Az újjászervezett és a szocializmusban új utakra tért népünk javát elsősorban szolgálni kívánó Akadémia tekintetében felvetődik az a kérdés, hogy ezek az egzakt és miként idézőjelben mondtam, látszólag teljesen elvont tudományos kérdések vajon mennyiben segítik az Akadémiánk feladatává is tett célt, a tudományos vizsgálatok mennyiben segítik népgazdaságunkat.

Ez az a kettősség, ami egységben van az Akadémián. Tehát az Akadémiának még feladata az is, hogy új módszerekkel, új vizsgálati eszközökkel, új ismeretelméleti megállapításokkal, távlati perspektivikus kutatásokkal segítse népgazdaságunk fejlődését, tehát nem kizárólagosan a mindennapi pillanatnak a hasznosíthatósága a célja az Akadémiának, hanem azon túl messzemenő új vizsgálati módszerek keresése és alkalmazása is.

Ez az itt vázolt és sok részletében még továbbfejlesztésre alkalmas és kívánatos ismertetés nyilvánvalóan visszahatólag kiindult ugyan az anyagra vonatkozó ismereteink eddigi megállapításaiból s annak haladásából és fejlődéséből, de visszahat megint az anyag jobb megismerésére is. Ez a kölcsönöség, ez az összefüggés is messzemenően segíteni fogja, hogy — nem holnap, nem is tegnap — hanem talán holnapután mindenképpen lesznek olyan rövid időn belül is kézzelfogható, akár népgazdaságilag is értékelhető eredményei, nem is szólva másik, ugyancsak nem elhanyagolható részéről, a világnézeti kérdésről, ami a szocialista országépítésben, materialista szemléletünk erősítésében nagy jelentőségű.

Ezeket kívántam hangsúlyozni, és az Akadémia részéről ismételtlen köszönetet mondok mind az előadónak, mind pedig a hozzászólóknak az itt felvetett témákért. A magam nevében erre felesleges ígéretet tennem, de egészen biztos, hogy további működésében az Akadémia is a szocializmus adta lehetőségek kimunkálásával segíteni fogja az ilyen irányú vizsgálatokat. (Nagy taps.)

# A MEZŐGAZDASÁGI ÉPÍTÉS POLITIKÁJA

TRAUTMANN REZSŐ,

a műszaki tudományok kandidátusa

## I.

Bevezetőben némi magyarázatot óhajtok adni előadásom címére és tartalmára vonatkozóan. Ez idő szerint ugyanis még sokan kizárólag az építőipar és az építőanyagipar irányítását tekintik az építésügy feladatának, holott abba beletartozik az ország területével és településeivel való tervszerű gazdálkodás előkészítésének számos feladata, nevezetesen: a regionális tervezés, a város- és községrendezés munkáinak szervezése és irányítása, valamint az építkezések szabályozásával kapcsolatos igazgatási tevékenység és az építésrendészet szakmai felügyelete is.

Így tehát, amikor „a mezőgazdasági építés politikája” címszó alatt kívánom összefoglalni az építésügy gyakorlati és tudományos tevékenységének a mezőgazdaság szocialista fejlődése érdekében megállapított célkitűzéseit, akkor az ipar igen jelentős feladatai mellett szükségszerűen foglalkoznom kell a területi rendezés és igazgatási tevékenység problémáival is. Egyben előre bocsátom azt is, hogy azok közül is kissé hangsúlyozottabban szeretnék foglalkozni a regionális tervezés, valamint a város- és községrendezés problematikájával, minthogy ezek egyrészt újszerűbb kérdéseket vetnek fel, mint az építőipar irányítása és az igazgatási feladatok, másrészt ezek a kérdések ez idő szerint sokkal több elvi jellegű, tudományos megfontolást igényelnek, mint a többi feladat.

Ha ezekután megvizsgáljuk az — előzők szerint legtágabban értelmezett — építésügy kapcsolatát a mezőgazdasággal, megállapíthatjuk, hogy egyrészt mezőgazdaságunknak a közelmúltban jelentős hányadában még kisárutermelő jellege és a szocialista szektor területi rendezetlensége, szétforgácsoltsága általában nem igényelt az építésügy korszerű, szocialista színvonalának megfelelő feladatokat, másrészt az építésügy sem adott megfelelő támogatást a korszerű, szocialista mezőgazdaság anyagi alapjainak létrehozásához. Az építésügy és a mezőgazdaság nem kielégítő kapcsolatának eredménye az a közismert jelenség, hogy most, amikor a dolgozó parasztság tömegesen tér át a nagyüzemi gazdálkodási rendszerre, nehézségek mutatkoznak a mezőgazdaság legfontosabb építésügyi vonatkozású igényeinek kielégítése terén, különösen a mezőgazdasági üzemi központok helyének megállapítása és a

mezőgazdasági települések regionális hálózatának kialakítása, továbbá ezeken belül is a szükséges új mezőgazdasági létesítmények telepítése és megvalósítása terén.

A nagyüzemi gazdálkodás fölénye a kisparaszti magángazdaságokkal szemben ma már közismert és jól tudjuk, hogy Pártunk és Kormányunk ennek megfelelően alakította ki általános mezőgazdasági politikáját. E politika eredménye az az örvendetes jelenség, hogy hazánk szántóterületének ma már több mint 70%-a tartozik a szocialista szektorba. Az azonban már kevésbé ismeretes, hogy a nagyüzemi gazdálkodás is csak akkor lehet igazán eredményes mind a benne dolgozók, mind pedig az egész népgazdaság számára, ha területi rendezettsége is megfelel a mezőgazdasági üzemi követelményeknek: vagyis, ha az üzemegységek nagysága és az üzemi központok helye jól kielégíti az ésszerű gazdálkodás igényeit, és ha az üzemi egységek megfelelő térbeli kapcsolatban vannak a mezőgazdasági lakótelepülésekkel, továbbá a velük termelési szempontból kooperáló ipari üzemekkel, valamint a népességüket gazdasági és szociális-kulturális szempontból kiszolgáló városokkal is. Ezenkívül természetesen az új üzemi egységek eredményes munkájának feltétele az is, hogy el legyenek látva a nagyüzemi gazdálkodásnak megfelelő korszerű építményekkel: istállókkal, magtárakkal, műhelyekkel, utakkal, közművekkel, a dolgozók pedig a szocialista életkörülmények biztosítására alkalmas lakóházakkal és közintézményekkel.

Ezeknek a feltételeknek a megteremtését tűzte ki célul az Építésügyi Minisztérium, amikor egyéb országos jelentőségű feladatai mellett kiemelten kíván foglalkozni a mezőgazdaság építésügyi vonatkozású problémáinak megoldásával. Ezt a célkitűzést nevezem előadásomban „a mezőgazdasági építés politikájá”-nak.

## II.

A mezőgazdasági építés politikája értelemszerűen nemcsak az építésügy sajátos szempontjaiból indul ki, hanem mindenekelőtt a szocializmus politikai gazdaságtanának téziseiből. Ezek szerint az áttérés a nagyüzemi gazdálkodásra egyik fő feltétele annak, hogy érvényesüljön a szocializmus gazdasági alaptörvénye: a népesség igényeinek egyre nagyobb mértékben való kielégítése és a népgazdaság tervszerű, arányos fejlődése. A nagyüzemi gazdálkodás tehát egyaránt szolgálja a parasztság és az egész népesség életszínvonalának szüntelen emelkedését. Hogy ez az emelkedés egyenletesen, gyorsan és minél kisebb áldozatok árán következze be, tudományosan megalapozott tervgazdálkodást kell folytatnunk. Ennek biztosítására szolgál a tervgazdálkodást folytató szocialista országokban kialakult két tervezési műveletfajta, mégpedig elsősorban: a népgazdasági tervezés, amelynek feladatai és módszerei közismertek és ehelyütt csak annyiban utalok rá, hogy a népgazdasági tervezés keretébe tartozik a mezőgazdaságnak, mint népgazdasági ágazatnak,



továbbá az építőiparnak és az építőanyagiparnak, mint — egyebek között — a mezőgazdaságot kiszolgáló szektornak a gazdasági tervezése, főként termelési célkitűzéseinek és beruházási kereteinek meghatározása.

Ezzel párhuzamosan másodsorban: a regionális tervezés a területfelhasználás módját, a települések és létesítmények hálózati rendszerét — jelen esetben a mezőgazdasági termelést és a mezőgazdasági dolgozók ellátottságát szolgáló települések és létesítmények területi rendszerét — állapítja meg. A város- és községrendezés — a regionális tervezés szerves folytatásaként — a települések határain belül állapítja meg a területfelhasználás módját és a létesítmények elhelyezésének rendszerét.

Ez utóbbi feladatkörök lehetővé teszik tehát azt is, hogy a mezőgazdasági termelés követelményeinek kielégítése mellett a népesség elhelyezkedésének, ellátásának és munkakörülményeinek, valamint üdülésének legkedvezőbb feltételei is létrejöhessenek. A regionális tervezés biztosítja továbbá, hogy a beruházások telepítése megfeleljen a helyi fejlesztési szükségleteknek és lehetőségeknek és ezen keresztül elősegíti, hogy a terület felhasználása és a beruházások telepítése a lehető legnagyobb hatékonyságot érje el.

Amikor az építésügyi feladatokkal kapcsolatban a hatékonyság fogalmát említtem, nem az építési és építőanyagipari vállalatok jövedelmezőségére gondolok — természetesen azt is szem előtt kell tartani —, hanem elsősorban a hatékonyságnak az egész népgazdaság szempontjából jellemző színvonalára.

Az itt tárgyalt feladatok szempontjából azok gazdasági hatékonyságát annak alapján ítélni lehet, hogy a mezőgazdaságban eszközölt ráfordításaink mekkora új használati értékmennyiséget eredményeznek a népgazdaság számára, milyen mértékben növelik nemzeti jövedelmünket. E feladatok társadalmi hatékonyságát pedig az fogja jelezni, hogy erőfeszítéseink nyomán milyen ütemben fog emelkedni a népesség ellátottságának, továbbá a dolgozók munkafeltételeinek és egyéb életkörülményeinek színvonala.

### III.

Először is nézzük meg, hogy építésügyi feladataink hatékonyságát milyen szempontok figyelembevételével kívánjuk biztosítani a regionális tervezés területén. Itt mindenekelőtt arra törekszünk, hogy hazánk természetföldrajzi, gazdaságföldrajzi és településhálózati adottságait a Párt és a Kormány gazdaságpolitikai célkitűzéseinek szemszögéből mérjük fel és állapítsuk meg, hogy a felmért adottságok milyen területi összefüggésben használhatók fel legelőnyösebben e célkitűzések kielégítésére. Főként ezt szolgálják a 2030/1958. sz. kormányhatározatnak megfelelően az elmúlt két év folyamán végzett ún. regionális vizsgálataink. Ez év végére elkészül a regionális vizsgálatok országos összefoglalása. Ez a dokumentum — többek között — az egész ország talaj- és terepviszonyait, vízgazdálkodási helyzetét — különösen az

öntözési, valamint az árvíz- és belvízvédelmi lehetőségeket, az éghajlati viszonyokat, a mezőgazdaság jelenlegi helyzetét és fejlesztési lehetőségeit, a meglévő települések és egyéb létesítmények sajátosságait, a közlekedési hálózat állapotát és igénybevételét, a népesség demográfiai viszonyait, foglalkoztatottságát stb. — olyan összefüggések keretében mutatja be, hogy azok alapján a népgazdaság minden ágazatának — így a mezőgazdaságnak is — továbbá az ország egész területének — így a mezőgazdasági területeknek is — a fejlesztéséhez szükséges regionális szempontok és összefüggések megállapíthatók lesznek. Ez az összefoglaló nagymértékben elő fogja segíteni a mezőgazdasági üzemek hálózatának ésszerű kialakítását is. Akik részt vettek a múlt évben megalakult termelészövetkezetek üzemi központjainak kijelölésében, nyilván tudják, hogy erre a célra a regionális vizsgálatoknak már rendelkezésre álló — de egyelőre még nem teljes — anyagát is már több megyében eredményesen felhasználták.

A regionális vizsgálatok anyagának ilyen kampányszerű helykijelölési eljárás keretében való felhasználása természetesen még nem jelenti és nem is helyettesítheti a tervszerű területi rendezési feladatot, amelynek alapja a regionális vizsgálatok és a hosszú távlatú népgazdasági tervek alapján kidolgozott regionális telepítési terv. Ilyen tervfajta — a távlati népgazdasági tervek hiányában — egyelőre nem tudunk készíteni. Ezért átmenetileg csak úgynevezett általános regionális terveket készítünk, amelyek kidolgozásában a regionális vizsgálatok eredményein kívül csak a tárcáknak és a tanácsoknak ez ideig még jóvá nem hagyott elgondolásait vesszük figyelembe, megfelelő fenntartásokkal. A mezőgazdasági építés politikájának célkitűzései szempontjából azonban ezek az általános regionális tervek is jelentősek, mert már teljes értékű megoldást tartalmaznak a mezőgazdasági településhálózat és azon belül az egyes települések feladatköre, ésszerű nagysága és fejlesztési igényei szempontjából.

Ez ideig — az ipartelepítés sürgető feladatainak megfelelően — egyes igen fontos ipari területek általános regionális terveit kellett elkészítenünk. Ezekben az ipari jellegű körzetekben is — nevezetesen a főváros, valamint a borsodi és a baranyai iparvidék körzetében — megterveztük a körzetbe tartozó mezőgazdasági övezetek településhálózatát és területfelhasználási módját. Ezekon kívül elkészült a Hortobágy, valamint Szeged, Hódmezővásárhely és Kecskemét környékének, továbbá a Balaton és a Velencei-tó körzetének ún. kistájterve, amelyek szintén foglalkoznak az érintett területek mezőgazdasági szempontból való rendezésével is. Mint ismeretes, a helyileg illetékes tanácsok, továbbá a mezőgazdasági üzemi központok helyének kijelölésére szervezett bizottságok is igen jó eredménnyel használják ezeket a terveket. Közölhetem, hogy ebben az évben kezdjük meg az ország legnagyobb összefüggő mezőgazdasági területének: a Nagy-Alföldnek és a Duna—Tisza közének regionális tervezését, úgyhogy jövő évben az ország mezőgazdasági területeinek 2/3 része

már rendelkezni fog általános regionális tervekkel, amelyek megbízható alapot nyújtanak a szocialista mezőgazdasági település- és üzemhálózat kialakításához.

A tervezés keretében döntő szempontnak tekintjük a mezőgazdasági termelés üzemrendezési igényeit, amelyeket egyrészt a szakszempontból illetékes Földművelésügyi Minisztérium szerveinek, másrészt a Magyar Tudományos Akadémia mezőgazdasági kutatóintézeteinek véleménye alapján vesszünk figyelembe. A mezőgazdasági termelés alakulása szempontjából pedig a megyéknek az Országos Tervhivatal részére kidolgozott távlati terveire támaszkodunk. Így tehát a mezőgazdaság sajátos igényeinek megfelelően fogjuk kialakítani a mezőgazdasági népesség teljes települési rendszerét. Ez szükségessé teszi, hogy az ország különböző tájegységein külön-külön állapítsuk meg az ott leginkább alapul vehető kiindulási adatokat: a mezőgazdasági üzemegységek és ezeken belül a fő- és mellékmajorok optimális nagyságát, ezek egymástól való legcélszerűbb távolságát, a fejlődő üzemi és szociális-kulturális igények biztosítására alkalmas létesítmények terület-szükségletét stb. Ennek alapján kerülhet sor az üzemi fő- és alközpontok lehető legkedvezőbb helyének megállapítására a regionális tervekben kijelölt mezőgazdasági települések között, figyelembe véve a már meglévő üzemi központok alkalmasságát, a kész létesítmények értékét és beilleszkedési lehetőségüket az új szervezeti egységekbe.

A mezőgazdasági üzemi központok hálózatának kialakításakor figyelembe kívánjuk venni a lakóhely és munkahely egészséges, kényelmes kapcsolatát, egyben a lakóhelyek védelmét az üzemi központok zavaró hatásától, továbbá a mezőgazdasági népesség közellátási és szociális-kulturális igényeinek legmagasabb színvonalon való kielégítésének lehetőségét is. Ez utóbbi igény szükségessé teszi, hogy megfelelő kapcsolat kialakítását tervezzük meg a mezőgazdasági településhálózat és az üzleti, valamint szociális-kulturális központokként fejlesztendő városok között.

A rendezés keretében biztosítani kívánjuk azt is, hogy gazdaságos szállítási hálózat alakuljon ki a mezőgazdaság, mint nyersanyagtermelő bázis és a mezőgazdasági termékeket feldolgozó ipari üzemek között, amelyek egyébként számos termékükkel közvetlenül szolgálják ki a mezőgazdaságot is. Gondoskodni kívánunk továbbá a több nagyüzemi gazdaság együttes kiszolgálását célzó közlekedési, raktározási, gépjavítási, valamint energetikai és vízgazdálkodási létesítmények kedvező telepítési lehetőségeinek biztosításáról is.

E munka során fel kell számolnunk a feudális-kapitalista fejlődés eredményeképpen kialakult településhálózatunk súlyos hibáit, amelyeket a hazánkat ért kedvezőtlen történelmi események — gondolok itt elsősorban a török megszállás és az osztrák elnyomás következményeire — annyira megnöveltek, hogy településeink hálózatának szerkezeti aránytalanságai jóformán világszerte egyedülállóak.

Ezt a megállapításomat csak néhány példával szeretném illusztrálni. A Nagy-Alföldön egymástól nagy távolságra fekszenek a földkerekség legnagyobb falusias jellegű mezőgazdasági települései: a 20—30—50 000 lakosú óriásfalvak és a közöttük elterülő tanyavilág, amelyek a korszerű mezőgazdasági termelés igényeit nem lehetnek képesek kielégíteni, de arra sem alkalmasak, hogy népességük közellátási és kommunális igényeit bennük korszerű színvonalon kielégíthessük.

Épp ilyen jellegzetesek a Dunántúl és az Északkeleti Iparvidék ugyancsak páratlan módon összesűrűsödött apró falvai, amelyek 3—500 főnyi népességükkel sem a termelőerők telepítése, sem a szocialista mezőgazdasági üzemszervezés, sem pedig a népesség ellátása szempontjából nem felelnek meg.

Mindezekkel a — településhálózatának szerkezeti hibái miatt jóformán fejlődésképtelen — területekkel szemben jelentkezik Budapest és még néhány ipari városunk ellenállhatatlan szívó hatása, ami egyelőre nem teszi lehetővé, hogy a mezőgazdasági területek gazdasági és szociális-kulturális színvonalának emeléséhez szükséges termelőerők ott létrejöhessenek.

Ezt az állapotot pusztán a mezőgazdaság fejlesztéséből kiindulva, nem lehet felszámolni. Ehhez országos telepítéspolitikai koncepció szükséges, amely — többek között — döntő céljának tekinti a szocialista mezőgazdaság termelési igényeinek és a mezőgazdasági népesség ellátási igényeinek egyaránt megfelelő településhálózat kialakítását.

Ennek érdekében már az ez ideig kidolgozott általános regionális tervek is kijelölik a különböző szerepkörű mezőgazdasági településeket: a legalsóbb fokú lakófalvakat, az ezek életét közvetlenül szervező ún. főfalukat, vagy faluközpontokat, továbbá a nagyobb mezőgazdasági területek központi funkcióinak ellátására szolgáló mezőgazdasági regionális központokat. Megállapítja a terv, hogy ezeknek a településeknek milyen mértékben kell fejlődniük ahhoz, hogy a településhálózatból eredő feladatkörüket gazdaságosan tudják betölteni. Megállapítja továbbá az ehhez szükséges lélekszámot, az ellátásukhoz szükséges intézményeket, azok nagyságát és célszerű telepítési helyét.

Az ismertetett célkitűzéseinket támogatja a Kormány által jóváhagyott 15 éves lakásépítési terv is. Ennek végrehajtása kapcsán különös gondot kell majd arra fordítanunk, hogy a fokozatosan felszámolásra kerülő tanyavilág népe korszerű, új településközpontokban helyezkedhessenek el.

Arra a nehézségre is rá kell mutatnom, hogy a terveinkben kialakítandó településhálózat természetesen különbözni fog a települések és a mezőgazdasági üzemek jelenlegi hálózatától; az elmúlt évben megindult rohamos áttérés a szövetkezeti gazdálkodásra azonban nem tette — és ma sem teszi — lehetővé, hogy az ország egész területén megfelelő tervek birtokában állapítsuk meg az üzemi központok végleges helyét. Ebben az átmeneti helyzetben egyrészt tervező szerveinknek a helykijelölő bizottságokban való

részvétele útján kívánjuk biztosítani, hogy a most megvalósuló létesítmények olyan helyre kerüljenek, ahol már nagyobb távlatban is meg fognak felelni rendeltetésüknek, másrészt pedig a még hátralevő tervek kidolgozásakor a lehetőségekhez képest adottságoknak fogjuk tekinteni az időközben megvalósult telepítéseket. A még hátralevő feladatok tervszerűségének biztosítása végett pedig ki fogjuk dolgozni a rendezés végrehajtásának olyan ütemtervét, amely az optimális állapot elérésének megközelítését és az időközben szükségszerűen kialakult adottságokat egyaránt figyelembe veszi.

#### IV.

Feladatunk nem áll meg a településhálózat fejlesztési terveinek kidolgozásánál, hiszen tervszerűen ki kell alakítani minden egyes településnek a szocialista termelési viszonyok és a szocialista életforma igényeit kielégítő belső elrendezését; a lakások, a közintézmények és egyéb szükséges létesítmények, továbbá a helyi ipari üzemek elhelyezését, valamint a közlekedési hálózat és a közművek elrendezését is. Mindezek megoldásánál a gazdaságosság követelménye mellett legmesszebbmenően ki kell elégítenünk az egészséges, kényelmes életmód és a kellemes, korszerű városkép követelményeit is.

Az építésügy új, kiemelkedő jelentőségű feladata, hogy az egész ország területén létrehozza a szocialista rendszerhez méltó településeket és ennek során egyrészt maradéktalanul felszámolja a lerongyolódott faluvégek és a sivár külvárosoknak a kapitalista rendszerből megmaradt emlékeit, másrészt megakadályozza, illetőleg a jól szervezett település rendszerébe kényszerítse a számos vidékünkön tervszerűtlenül elburjánzó építkezések tömegét. Ez a feladat különösen fontos azokon a mezőgazdasági területeken, ahol a szövetkezeti átszerveződéssel és a tanyavilág felszámolásával egyidejűleg még nem készülhettek el a terület rendezési tervei és így az elszórt tanyaépületek népe spontán alakult, korszerű műszaki berendezéssel és intézményekkel gazdaságosan el nem látható kis egységekbe, vagy pedig a lakásviszonyok és a közlekedés fejlődése szempontjából egyaránt kedvezőtlen házsorokba tömörült az országotak mentén.

A feladat nagyságát jelzi, hogy hazánkban mintegy három és fél ezer falu és 63 város rendezésére kell terveket készítenünk, ami a rendelkezésre álló tervező-kapacitással csak évek hosszú sora alatt lenne megvalósítható. Ezt a rohamosan fejlődő élet nem tudja megvárni és ezért, hogy a települések spontán alakulását megfelelő keretek közé kényszerítsük, a rendezésnek néhány újszerű, átmeneti formáját is bevezettük.

A szakszempontról teljesértékű általános város-, illetve községrendezési tervek elkészítését egyelőre csak a legjelentősebb és nagymérvű fejlődés előtt álló településekre végeztetjük el, míg a kevésbé jelentős településekre ún. egyszerűsített általános rendezési tervet dolgoztatunk ki, amelynek



munkaigénye általában csak egyötöd része a teljes értékű tervnek, de gyakorlati tapasztalataink szerint az időszerű építési feladatok telepítése és elrendezése ezek alapján is elvégezhető.

Ezeken kívül természetesen minden jelentősebb építkezés körzetére részletes rendezési tervet is készítettünk. A városi, illetőleg járási tanácsok végrehajtóbizottságai e tervek felhasználása útján gondoskodnak az irányításuk alatt álló település tervszerű fejlődéséről. E munkájukat a szakirányításuk alatt működő első- és másodfokú építésügyi hatóságok támogatják.

A tervezési kapacitás azonban még az előzőekben vázolt egyszerűsítő mellett sem tudja valamennyi településünk rendezési igényét a szükséges idő alatt kielégíteni, ezért bevezettük az ún. községfejlesztési irányelvek kidolgozásának rendszerét. Ezekben a dokumentumokban — az Építésügyi Minisztérium által megadott egységes szempontok szerint — maguk a községi tanácsok állítják össze az irányításuk alatt álló település fejlesztési igényeit és lehetőségeit. Ezek alapján, valamint az Építésügyi Minisztérium részéről rendelkezésre bocsátott térkép felhasználásával átmenetileg az építkezések helyének kijelölését azok a tanácsok is megnyugtató módon irányíthatják, amelyek még nem rendelkeznek város-, illetőleg községrendezési tervekkel. Az Építésügyi Minisztérium részéről kiadott formanyomtatványok és kidolgozási metodika felhasználásával ez év végéig az ország valamennyi községére elkészülnek a községfejlesztési irányelvek.

## V.

Az előzőekben vázolt konkrét tervezési munkákon kívül — sőt értelemszerűen azokat megelőzően — jelentős mérvű elvi előkészítő munkát és tudományos kutatási feladatokat kell elvégeznünk. Ezt egyrészt a regionális tervezés egész feladatkörének újszerűsége teszi szükségessé, másrészt pedig a városrendezésben felmerült új követelmények a szocialista város jellegzetességeinek megállapítására és azoknak a tervekben való érvényesítésére. Még fokozottabb mértékben érvényes ez a megállapítás a mezőgazdasági település egységeire: a falvakra, amelyeknek a gazdasági, műszaki és szociális-kulturális színvonalának megtervezése során már megfelelő ütemezéssel érvényesítenünk kell a szocialista világnézet elvi szempontjaiból — nevezetesen a város és a falu különbségének fokozatos megszűnéséből — eredő alapvető változásokat.

Ebből a célból elő kell irányoznunk a mezőgazdasági népesség gazdasági erejének növekedéséből, ellátottsági igényeinek fokozásából eredő új követelményeket, amelyek számunkra az eddigi színvonalat messze meghaladó építészeti-műszaki igények formájában fognak megjelenni. A mezőgazdaság nagyüzemi technikai színvonala, a kézi munka gépesítése egyre közelebb visz a város és a falu közötti különbség elmosódásához. Nyilvánvaló, hogy a könyv, mozi, a rádió és a motorkerékpár rohamos elterjedése mellett elodázhatatlanná

válí a fürdőszobák, a közművesítés és a jobb utak létrehozása is. Az ebből eredő követelmények kielégítésének lehetőségét a viszonylag nagy távlatra készülő rendezési terveinkben már feltétlenül biztosítanunk kell.

Újszerű, tudományos feladatot igényel munkánkban a regionális és városrendezési tervek komplexitásának követelménye is. Ez annyit jelent, hogy egyrészt a megtervezett területi egységekben biztosítanunk kell az azok életét meghatározó és kiszolgáló termelési, közellátási és egyéb városgazdasági folyamatok létesítményeinek és hálózatainak összehangolását, másrészt minden egyes településsel kapcsolatban biztosítanunk kell annak megfelelő összefüggését a termelés, a közlekedés, az energia- és vízgazdálkodás, a szociális-kulturális ellátás, valamint a közigazgatás országos rendszerével. Ez egyrészt szükségessé teszi, hogy rendezési feladatainkat a lehető legszerveesebben összehangoljuk a népgazdasági tervezés munkájával, másrészt megköveteli, hogy az érintett ágazatok és a népgazdasági tervezés tudományos kutatásait tervszerűen összehangoljuk egymással és a regionális tervezés kutatási feladataival. Ez utóbbi célból már megalakult a Tudományos Akadémia koordináló csúcsbizottsága, amely az előadásomban érintett tudományos problémák megoldását napirendre fogja tűzni.

A vázolt feladatok, valamint azok tudományos megalapozásának szükségessége nemcsak nálunk merült fel, hanem a velünk baráti szövetségben együttműködő többi szocialista országban is és így a helyzetből adódó fejleménynek kell tekintenünk, hogy a Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsának Állandó Építésügyi Bizottsága mintegy másfél évvel ezelőtt megalakította Regionális Tervezési és Városrendezési Szekcióját, amelynek fő feladata, hogy elősegítse a regionális tervezés és a városrendezés rendszerének és módszereinek lehető legmagasabb szintre való emelését valamennyi résztvevő országban. A Szekció munkatervének első feladatai közé vette fel a regionális tervezés és a városrendezés tudományos kutatómunkáinak nemzetközi koordinálását és egyben összehangolását más ágazatok kutatási feladataival, ezek között is kiemelten a mezőgazdasági területek problematikáját érintő feladatokat.

Ezen túlmenően azonban a Szekció célkitűzéseiben is egyre nagyobb jelentőséghez jutnak a mezőgazdasági építés politikájának sajátos szempontjai. Ezt igazolja az a körülmény, hogy a Szekció ez évben — mint egyik leg-sürgősebb és legfontosabb feladatot — tűzte maga elé a mezőgazdasági területek regionális tervezésének és a mezőgazdasági települések rendezésének kérdéseit.

Nálunk még szokatlan, de a fejlettebb iparral rendelkező baráti országokban már régóta időszerű feladat, a városok és ipari üzemek környezetében fekvő mezőgazdasági területek védelme a káros hatásoktól, továbbá az ipar és bányászat részéről igénybevett — különösen az alábányászott, továbbá a salak- és meddőhányókkal elfoglalt — területek reaktiválása, ezek alkalmassá tétele mezőgazdaság, illetve fásítás céljára. E feladatok tudományos előkészí-

tése még éppúgy előttünk áll, mint a regionális tervek útján való végrehajtásuk.

Mindez arra mutat, hogy a mezőgazdasági építéspolitikai előzőkben vázolt célkitűzései — bár jelentőségük hazánkban is kiemelkedő — minden szocialista országban időszerűvé váltak és megvalósításra várnak.

## VI.

Ha az eddig elmondottakat röviden jellemezve a mezőgazdasági építés politikája telepítéspolitikai fejezetének nevezhetem, akkor előadásom hátralevő részét úgy jelölöm meg, mint a mezőgazdasági építés politikájának iparpolitikai fejezetét.

E téren a legfőbb célkitűzésünk, hogy megállapítsuk a mezőgazdaság igényeinek megfelelő építmények korszerű megoldását, azok szükséges mennyiségét, továbbá, hogy az igények felmerülésének megfelelő időre biztosítsuk azok megvalósításának műszaki tervezési, építőipari és építőanyagipari feltételeit.

Az építésügy irányító szervei már régóta törekszenek a mezőgazdasági termelési feladatok korszerű követelményeinek, valamint a mezőgazdasági dolgozók lakás-, továbbá közellátási és szociális-kulturális szükségleteinek kielégítésére leginkább alkalmas épületfajtáknak gazdaságos megoldására, de mégsem állíthatjuk, hogy e feladatunkat — akár csak nagyrészen — már elvégeztük volna.

A soronkövetkező legfontosabb feladataink a következő két csoportra bonthatók:

az egyik a szükséges építményfajtákkal szemben támasztott követelmények egyértelmű tisztázása ;

a másik a követelmények kielégítésére hiánytalanul alkalmas építészeti megoldások: épülettípusok, épületszerkezetek, építési anyagok és kivitelezési módszerek leggazdaságosabb változatainak kidolgozása és a gyakorlatba való átültetése.

Az első feladattal kapcsolatban rá kell mutatnom arra, hogy a mezőgazdasági építmények legcélszerűbb műszaki megoldásának kialakítását hosszú idő óta gátolja, hogy a mezőgazdasági ágazattal nem sikerült megállapodásra jutnunk a mezőgazdasági üzemi funkciók építészeti igényeinek megállapításában. Részben maximalista — vagyis túlságosan nagy költséggel megvalósítható —, részben pedig csak túlságosan sok változat bevezetésével kielégíthető — és így a tipizálást akadályozó — mezőgazdasági üzemi kiinduló adatok állnak rendelkezésünkre és rendszerint ezek is viszonylag rövid idő alatt megváltoznak. Számos adat tekintetében az illetékes mezőgazdasági szakértők egymással sem értenek egyet. A probléma megoldásában az építésügy képviselőinek fokozottabban kell résztvenniük, mégpedig főként a rendelkezésünkre álló anyagi-műszaki és gazdasági adottságok mellett figyelembe-

vehető változatok teljes körének megfelelő feltárásával és az ez ideig elvégzett mezőgazdasági építkezések tapasztalatainak megfelelő kritikai elemzésével.

A második feladatkör — a műszaki megoldás — terén elsősorban a nagy tömegben mutatkozó és tömegesen ismétlődő építési igények kielégítésére egyedül alkalmas tipizálás rendszerét kell tovább fejlesztenünk. Ennek során biztosítani fogjuk a teljes épületeknek és egyéb építményeknek korszerű, gazdaságos típustervein kívül az épületszerkezetek és építési anyagok tömeggyártásának egységesítését is. E feladatkörben természetesen figyelembe kell vennünk a terep- és talajviszonyok különbözőségét az ország különböző tájegységein, a tájegységek jellegzetes helyi építőanyagait és építészeti formakincsét, továbbá a mezőgazdasági építkezések kivitelezésére számításba vehető anyagi eszközöket és szervezeti lehetőségeket. Ezenkívül a betervezett épületszerkezetek és építési anyagok fajtáit és mennyiségét is össze kell hangolnunk az ezeket előállító ipari kapacitás fejlesztési tervével.

Egyébként a műszaki megoldások kialakításában az eddigieknél nagyobb mértékben fogjuk vizsgálni azok gazdaságosságát, ami szükségessé teszi az építőipari utókalkuláció és a gazdasági elemzés módszereinek fejlesztését is.

Jelentős és sürgős feladatokat kell még megoldanunk a II. ötéves terv során megvalósítandó építési munkák kivitelezésének tervszerű előkészítése terén is. Ezzel kapcsolatban az építési feladatok mennyisége és azok megfelelő bontása, továbbá az építmények üzembevételére előírt határidők figyelembevételével kell elkészítenünk e nagyszabású feladat végrehajtásának ütemtervét és a megvalósítás feladatainak szervezési tervét.

Ezek alapján kell gondoskodnunk az építési feladatok megfelelő elosztásáról és az egyes építőipari tervező és kivitelező szervek munkaprogramjának meghatározásáról. Jelentőségüknek és műszaki igényességüknek megfelelően fogjuk az egyes feladatokat az azok elvégzésére leginkább alkalmas központi, regionális vagy helyi hatáskörű szervekre bízni és biztosítani fogjuk ezeknek a szerveknek a szükségszerű szervezeti és szakmai megerősítését. A kivitelezésben megfelelő szerepet kívánunk biztosítani a termelőszövetkezetek dolgozói számára is. Ennek során célul tűzzük ki, hogy a jövőben egyrészt a nagyüzemi gazdaságok rendelkezzenek olyan építési és szakipari részlegekkel, amelyek a gazdaságon belül rendszeresen felmerülő építési-szerelési feladatokat folyamatosan és gazdaságosan el tudják végezni, másrészt pedig, hogy a szak-képzettséget nem igénylő építőipari feladatok elvégzésébe a mezőgazdasági dolgozók is bekapcsolódhassanak olyan munkabeosztás mellett, amely nem gátolja a mezőgazdaság termelési feladatainak teljesítését.

A mezőgazdaság építési igényeinek kielégítését biztosítani fogjuk az építőanyagipar területén is. A II. ötéves tervben a mezőgazdaság számára elvégzendő építési feladatok mennyisége és sürgőssége szükségessé teszi, hogy a jelenleg alkalmazott szerkezetek és építési módok helyett fokozatosan korszerűbb, gyorsabb és nagyobb termelékenységgel alkalmazható megoldá-

sokat vezessünk be. Ez szükségessé teszi az épületelemgyártó ipar nagymérvű fejlesztését és az építési vállalatok felszerelésének korszerűsítését is. Az építési igények mennyisége és a gazdaságosság követelménye azonban megköveteli a helyi építőanyagoknak egyre nagyobb mértékben és korszerűbb módon való felhasználását is. Ezzel kapcsolatban is nagymértékben számítunk a szövetkezeti erők és eszközök aktív részvételére.

A mezőgazdasági építéspolitika előbb vázolt iparpolitikai célkitűzései — éppúgy, mint a telepítéspolitikai feladatok — nemcsak nálunk, hanem a baráti szocialista országokban is most váltak különösen időszerűvé. Ennek megfelelően a KGST Állandó Építésügyi Bizottságának építőanyagipari, építőipari, tervezési és típustervezési, építésgazdasági szekciói is napirendre tűzték a mezőgazdasági építkezések előbb vázolt problémáinak nemzetközi szinten való megvitatását és sürgős megoldását.

Előadásom végére érve még egyszer hangsúlyozom, hogy a mezőgazdasági építéspolitika nem egy, illetve két népgazdasági ágazat ügye, hanem az egész népgazdaság tervszerű arányos fejlődésének és az egész dogozó nép felemelkedésének hatékony eszköze. A részemről csak vázlatosan felsorolt célkitűzések a szocialista társadalom építésének hatékony elemei és ezért a teljesítésükhöz fűződő történelmi felelősség is megköveteli, hogy mezőgazdasági telepítéspolitikánk érvényesítése során a tudomány élenjáró eredményeire támaszkodjunk.



## KORREFERÁTUMOK

### FALUHÁLÓZATUNK FEJLESZTÉSÉNEK IRÁNYA

PERCZEL KÁROLY

A jelenlegi mezőgazdasági településhálózat a beruházások ésszerű és gazdaságos elosztását nem teszi lehetővé. Ezért új regionális szervezetet kell létesítenünk.

A településhálózat szocialista átalakítása csak lassan, fokozatosan valószínűsíthető meg. Mindig a jelenlegi elavult faluhálózat jelegzetességeiből kell kiindulni. Azonban világosan fel kell ismerni a jövő fejlesztés célkitűzéseit is. A szocialista mezőgazdasági termelésnek megfelelő faluhálózat követelményei teljesen újak és nagyon bonyolultak. Sem a feudális, sem a kapitalista nagybirtok, sem pedig az elaprózott kisbirtokos rendszer nem állíthatott fel ilyen követelményeket. A kapitalista nagybirtok nem fordított gondot a dolgozók szociális, kulturális ellátására, településeinek közművesítésére és a dolgozók munkabajárási idejének csökkentésére. A szocialista mezőgazdasági nagyüzemben mindkét szempont: a nagyüzemi gazdálkodás és a dolgozók szociális ellátása egyforma súllyal jelentkezik. Kiindulópontunk a mezőgazdasági üzemegységek racionális nagyságának kialakítása. Ehhez megfelelő vizsgálati alapot adnak FARACÓ—MAJOR „A magyar mezőgazdasági településhálózat fejlesztésének kérdései” című tanulmányának adatai, melyeket a továbbiakban alapul veszek. A gazdaságos üzemegységek nagysága és lakosságszáma erősen különbözik, aszerint, hogy például vetőmagtermesztő, kapásnövénytermesztő, zöldségtermesztő és tejtermelő, szarvasmarhanevelő, vagy sertésszaporító- és hizlaló gazdaságok területeiről van szó. Az üzemegységek átlagos területét 3000 kat. holdnak tételezzük fel. Az ország legtöbb területén több üzemegység fog összekapcsolódni egy birtokba. Hogy mennyi üzemegységet kapcsoljunk össze egymással a jövő mezőgazdasági szervezetében, nemcsak a termőterületek földrajzi helyzetétől függ, hanem attól is, hogy milyen méretűek legyenek az ésszerűen és jól ellátható, a munkahelyeket kényelmesen kiszolgáló mezőgazdasági lakótelepek, vagyis a jövő falvai.

A szocialista társadalom megköveteli az ellátás magas színvonalának elérését. Az ellátási színvonal annál magasabb lesz, mennél nagyobb számú lakosság összpontosul egy-egy településen. A mezőgazdasági termelés sajátossága pedig éppen az, hogy munkaterülete az egész termőterület, tehát nem egy összpontosított üzem. Ennek következtében a munkahelyeket nem lehet oly módon összpontosítani, mint az iparnál, hanem szét kell szórni a területen.

Felállíthatjuk azt a követelményt, hogy a központi majorok dolgozói ne lakjanak több mint 1 ½ km-nyire munkahelyüktől. A kevesebb munkacsoporttal dolgozó mellékmajorok lehetnek távolabb, de a munkabajárási idő akkor a leggazdaságosabb, ha nincs szükség tömegszállító eszközökre. Ennek következtében a szocialista mezőgazdaság falvainak lakosságszáma is csak korlátozott lehet, éppen a mezőgazdasági dolgozók szociális szempontjainak, a munkabajárási gazdaságosságának előmozdítása, és a külterületi, kommunálisan elláthatatlan településmód elkerülése céljából.

Ha közelebbről megvizsgáljuk ilyen településhálózat egyes településeinek nagyságrendjét, úgy az eddigiek alapján érdekes következtetésekre ju-

tunk. Egy legkisebb, még racionális mezőgazdasági üzemegység dolgozóinak, családtagjainak és a kiszolgáló lakosságnak együttes létszáma kb. 8—900 fő. Ez éppen alsó határát képezi annak, amennyi szocialista viszonyok közt szükséges ahhoz, hogy a lakosság a minimális közintézményeket, közüzemeket, parkterületeket és közműveket még gazdaságosan tudja üzemeltetni. Csak példának emlíjtük, hogy négy tantermes iskola falusi viszonylatban legalább 840 lakos gyerek létszámának felel meg. Vagy pl. mezőgazdasági falvakban igényelhető minimális üzlethálózat kb. 600—800 lakású település részére már kifizetődő lehet, azon alul nem. Kis igazgatási kirendeltség felállítására legalább 800 lakosú falut igényel. Mindhárom alapvető fontosságú közintézmény részére minimálisnak a kb. 800 együtt élő lakost lehet tekinteni. Kis kultúrház építéséhez és kihasználtságához már minimálisan 1200 lakosú település szükséges. Minimumnak tehát elfogadjuk a 800—1200 fő lakosságszámot, melyen aluli községeket a szocialista viszonyok közt életképtelennek tekinthetünk. Mégis bizonyos az, hogy a megfelelően magasabb fokú és gazdaságosabb ellátás érdekében előnyösebb, ha egy faluban legalább 1500 főnyi lakosság él együtt, ami kb. két üzemegységet megművelő lakosság számának felel meg. Még gazdaságosabban biztosíthatók a szükséges ellátó intézmények, ha 2300, vagy 3100 lakos él együtt, ami 3, illetve 4 átlagos üzemegységet megművelő lakosság számának felel meg. Egy átlagos mezőgazdasági üzemegységet kiszolgáló lakótelepülés egyben azt a minimális 800 lakosú falut jelenti, amelynél kisebb már életképtelen lenne. A külső mellékmajorok készenléti telepeinek kommunális ellátása igen alacsony szintű lesz és ezért arra kell törekedni, hogy falun kívül minél kevesebben lakjanak. Ez a követelmény még két üzemegységnek egy nagyüzemi szövetkezeti birtokba összevonása esetén jól kielégíthető. Három üzemegység összevonása folytán azonban már úgy meg kell növekednie a területek és a távolságok, hogy a lakosságnak átlag 20%-a már külső ellátatlan területen kell hogy lakjék. Négy üzemegység összevonásakor a lakosságnak már  $\frac{1}{3}$ -ad része külső, kulturális és kommunális szempontból megfelelően el nem látott területen kell hogy lakjék. Ha egy telepítési és termelési központból 6 üzemegységet akarnánk megművelni, úgy a lakosság felének kell kint laknia —, ennél több üzemegységnek egy központból művelése esetén a lakosság többségének kellene a külterületen elszórt központi és mellékmajorok mellett laknia rossz kulturális és kommunális körülmények közt, költséges tömegközlekedési hálózat létesítésével. Tehát két-három, legfeljebb négy üzemegységnél többnek egy birtokba kapcsolása a dolgozók szociális ellátásának színvonalát is erősen csökkenti.

Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy Magyarországon leggyakrabban 2 vagy 3 átlagos üzemegység együtteséből összetevődő szövetkezeti birtokok távlati kialakítására kell számítanunk és ehhez 1500—2200 fős lakosságú átlagos falvaknak kellene alkotni a jövőben a mezőgazdasági településeink zömét. Legalább 4—5 ilyen falu egy központi faluhoz fog tartozni, amelynek földművelő lakossága nem lesz több az átlagos faluénál, de kiszolgáló és ipari lakosságának jóval nagyobb létszáma miatt 3000 főnél mindig nagyobb lesz, és az Alföldön elérheti az 5000—10 000 főt is. Ezek lesznek a kommunális és kulturális szempontból legjobban és leggazdaságosabban ellátott falvak. Itt lesz a felsőtagozatú általános iskola, orvosi rendelő, gyógyszertár, nagyobb kultúrház mozival, éttermmel, könyvtárral, valamint a szakosított üzletek és műhelyek hálózata. Egy központi falu számításunk szerint legfeljebb 9 nagyüzemi birtokot és 8 átlagos falvat láthat el még

gazdaságosan. Körzetének átlagos lakosszáma 15 000 főre tehető. A borsodi—hevesi regionális tervezés tapasztalata szerint azonban a kisfalvas alrégiók lakosszáma 40—50 000 fő körül lesz, holott egy alrégió ott is 7—8 központi falu körzetét foglalja magában. Az átlagos központi falukörzet inkább alföldi viszonyok között alakítható ki előnyösen. Az alrégió központja már mezőgazdaságot szervező kisváros 10—30 000 lakossal. Itt koncentrálódik a mezőgazdasági feldolgozó ipar. Itt végzik a gépjavítást, itt raktározzák a mezőgazdasági termékeket és a földművelő lakosság ellátására szolgáló árukat. Itt lesz a középiskola, a szakiskola, az áruház, a piac, a közigazgatási központ, a kórház, a mozi, a sportközpont. Az alrégióközpont a központi falvak körzeti közlekedési csomópontját is képezi. A mezőgazdasági alrégió központja a nagy regionális központok egyikéhez kapcsolódik közvetlen úton.

Mezőgazdaságunk településhálózata az ország területén egyenlőtlenül helyezkedik el. Nagy a különbség pl. az északi és dunántúli hegyvonulatok, Nyugat-Magyarország és Dél-Dunántúl sűrűn települt aprófalvas hálózata és az Alföld ritkán települt, de nagy vagy óriás falvakból álló és egyenletes tanyavilággal kitöltött települési rendszere közt. Baranyában és Borsod-Heves északi részén minden településre átlag 14 km<sup>2</sup> terület esik, míg az Alföldön, Csongrád megyében átlag 63 km<sup>2</sup>, ötször annyi, mint Borsodban, Szolnok megyében pedig 69 km<sup>2</sup> esik egy településre. Az átmeneti jellegű Tolna megyében pedig egy falura átlag 27 km<sup>2</sup> esik. A mezőgazdasági településhálózat ilyen különbözőségeinek felel meg a területek városhálózata is, amely el nem szakítható része a települések összefüggő rendszerének. A ritkán elhelyezkedő nagyfalvak területén a városhálózat sűrűbb, mert a falurendszer hiányosságait pótolja. A sűrűn települt kisfalvak területén viszont igen ritka városhálózattal találkozunk, mert itt a kommunális szempontból jobban felszerelt kisfalvak helyenként a városok bizonyos funkcióit pótolták, ámbar igen gyatra módon.

Az ország területén a faluhálózat rendszere kb. úgy oszlik meg, hogy a Nagy-Alföld, vagyis a Tiszántúl és a Duna—Tisza közének területét nagyrészt a nagyterületű és többségében 4—5000 lakoson felüli, esetenként 20—30 000 lakosú nagy- és óriásfalvak foglalják el. Ezeknek nagy, általában 7000 ha-nál nagyobb külterületük van, amelyet szinte egyenletes tanyarendszer foglal el. Kis- és aprófalvas település jellemzi a Dunántúl egész területét, kivéve a Dunamenti keleti Fejér és Tolna megyei részeket. Ugyancsak kisfalvas az északkeleti Felvidék terület, nagyjából a Miskolc—Budapesti úttól északra. Itt a falvak lakossága nagy általánosságban mindenütt 2000 főnél kisebb, de Baranya és Zala megye területének nagy részén, Vas és Borsod megyék kis részén a falvak átlagos lakosság száma a 750 főt sem éri el és 562 db 500 fő lakosságon aluli falu van az országban.

Az Alföld nagy- és óriásfalvas, valamint a dunántúli és északi kis- és aprófalvas jellegzetes területek közt terül el egy átmeneti településhálózati rendszer, ahol az 1500—3500 fős lakosságú középfalvak az uralkodók, amelyeknek nem különösen nagyarányú a külterületi tanyás lakossága. Ez az átmeneti zóna, amely a szocialista településrendszernek leginkább megfelelő, szinte gyűrű alakban veszi körül az Alföld nagy- és óriásfalvas központi területeit.

Az alföldi tanyarendszer az, amely leginkább gátolja a mezőgazdasági termelés nagyüzemi átalakítását. A mezőgazdasági területen szinte egyenletesen szétszórt tanyavilág nagymértékben akadályozza a nagyüzemi termelésre alkalmas földterületek kialakítását. Köztudomású az is, hogy a tanya-

rendszer a mezőgazdasági népesség kulturális fejlődésének legfőbb akadálya. A tanyai rendszer megtartása kevéssé kihasználható sűrű úthálózatot, apró kulturális és oktatási beruházások olyan tömegét igényelné, amilyent a népgazdaság beláthatatlan ideig nem tudna elviselni. A tanyarendszerű település az ország területének közel  $\frac{2}{3}$ -ad részére jellemző. Ezen az óriási területen több mint 1 millió főnyi lakosság él tanyákon. Ezen a területen már kialakult nagyfalvak nagyrészt alkalmasak és elegendők lesznek a szükséges kulturális, feldolgozó és elosztó falusi központok és városi alrégió központok létesítésére. Ezek mellett szükséges, hogy új átlagos falvakba telepítsük át a távoli földeken dolgozókat.

Az alföldi nagyvárosok közül elsőnek Debrecen, aztán Kecskemét, Hódmezővásárhely és Szeged környékére készültek már kistáj-tervek, melyek a tanyákkal teleshórt városkörnyék új falvainak helyeit kijelölték a mezőgazdasági termelés legjobb feltételeinek megfelelően. Debrecen környékén 6, Kecskemét körül 9, Hódmezővásárhely határában 7 és a szegedi kistájban 4 új falu helyét tervszerűen kijelölték. Az Alföld egészének településhálózati távlati tervét ez évben készítjük el.

Egy-egy nagy- vagy óriásfalunak 6—12—20, sőt még több átlagos üzemegység munkaerővel való ellátásához elegendő lakossága van. Ámbár a központi települési magban élő lakosságot ilyen módon magas fokon lehet szociális, kulturális és kommunális létesítményekkel ellátni, nem oldható meg azonban nagyüzemi rendszer mellett a településhez tartozó nagy terület egy központból való megművelése. Ennek folytán le kell választani külső területeket és részben az ottani tanyai lakosságból, részben az óriásfalvak fölös mezőgazdasági lakosságából új kisebb települések szervezése válik szükségessé. Ilyen települési rendszerben síkságon arra kell törekedni, hogy az egyes falvak egymáshoz ne legyenek közelebb, mint 6 km távolságra. A 6 km szemtávolságú települési rendszer ugyanis megfelel olyan ideális helyzetnek, amikor 2—2 üzemegységből álló nagyüzemi birtokok alakulnak ki úgy, hogy minden két üzemegységhez egy falusi település tartozik. Ez esetben minden központi majortól legfeljebb  $1\frac{1}{2}$  km távolságra fekszik egy kommunálishan teljes mértékben ellátott falusi település és így külterületi lakosságra egyáltalán nincs szükség. A dolgozóknak a megművelt területre, vagy az állattenyésztési gazdasági épületekhez járműveken való szállítása is feleslegessé válik.

A dunántúli és észak-magyarországi kis- és aprófalvas települési rendszer jellegzetessége a szocialista nagyüzemi művelés mellett az, hogy egy falu lakossága rendszerint nem elég egy szövetkezeti üzemegység kialakítására és így a nagyüzemi keretek nem egy településen belül alakulnak ki. Több ilyen kistalu lakossága együttesen fog megművelni termelési és közlekedési szempontból összetartozó, tehát nagyüzemi művelésre alkalmas termőterületeket.

A kis- és aprófalvak ellátás és közintézmények szempontjából nem képesek megfelelő színvonalat adni. A szükséges közintézmények nagyobb részét csak együttesen tarthatják el és így egy ilyen ellátási körzeten belül az egyik település központi funkciót kap. Itt tehát legalább az alföldi átlagos falvaknak megfelelő 1500—2100 főnyi lakosságszámmal több faluból álló falukörzetek végzik az átlagos falvak feladatát. De itt előnyösebbnek látszik olyan rendszer, amelyben annyi kistalu tartozik egy központi faluhoz, hogy együttesen legalább 6—7000 főnyi lakosságszámmal alkossanak egy falukörzetet. A kis- és aprófalvak egymáshoz viszonylag olyan közel esnek (pl. Baranyában és Borsod-

ban  $2\frac{1}{2}$ –3 km-nyire), hogy ezeknél sem központi, sem mellékmajorok mellé nem kell külön készenléti lakótelepeket létesíteni. Itt minden központi és mellékmajor egyaránt meglévő falvak mellé kerülhet. Amennyiben ezeken a területeken ma van külterületi lakosság, úgy ezeknek a kiskisfalvakba való be-telepítése feltétlenül kívánatos.

Az ismertetett elvek alapján dolgozták ki a kiskisfalvas borsodi és baranyai régiók terveiben a faluhálózat fejlesztésének terveit. A Heves északkeleti részére is kiterjedő borsodi regionális terv 293 községből 69-et talált központi faluvá fejlesztésre alkalmasnak. A baranyai régió terve pedig 303 község közül 75-öt jelölt ki központi falunak. Mindkettőben átlag 4 régi község alkotja a központi falu körzetét, amelynek 6–8 ezer főnyi lakosságszáma átlag 4–5 üzemegység együttes megművelésére képes. A borsodi terv alrégiójában átlag 10 központi falu tartozik egy városi alrégió központ körzetébe, a baranyai tervben pedig átlag 18.

Az ún. középfalvas települési rendszerű vidékeknek a szocialista átalakulás szempontjából nagy jelentősége van, mert ezeknek jelenlegi települési hálózata nagyjából megfelel az ésszerű szocialista birtokviszonyoknak. Itt ugyanis egy-egy falu lakosságszáma átlagosan  $1\frac{1}{2}$ – $3\frac{1}{2}$  ezer fő, ami elegendő két–három vagy négy üzemi egységből álló szocialista birtok megműveléséhez és ez még a gazdaságos mértéket nem haladja meg. Ugyancsak megfelel a közepes falvak lakosságszáma a magas falusi színvonalú kulturális és kommunális ellátás lehetőségeinek is. Ezeken a területeken tehát a települési hálózat átalakítására egyáltalában nincs szükség. Itt csak azokat a településeket kell kiválasztani, amelyeket központi falvakká fejlesztünk. Ezt a szocialista átalakulás szempontjából „legolcsóbban” kezelhető településhálózatot találjuk a Dunántúl keleti, Fejér és Tolna megyei részén, a Baja és Kalocsa környéki Bács megyei részekén és általában a Nagy-Alföld központi nagyfalvas területeit övező átmeneti gyűrűben, a keleti és délkeleti országhatár szélén.

\*

A jelenlegi faluhálózat gondos vizsgálata segítségével az ország minden területének településhálózatát a viszonylag legkisebb áldozattal alakíthatjuk át az új fejlődő szocialista nagyüzemek szükségleteinek és a lakosság növekedő szociális, kulturális, kommunális és ellátási szükségleteinek megfelelően. Ha az ország minden részén a jelenlegi körülményekből kiindulva, a helyi viszonyoknak megfelelően fejlesztjük tovább a településhálózatot, akkor belátható időn belül ki fog alakulni az ország összes területeinek egyenletes termelési és ellátási színvonala. Megszűnik a termelési és életszínvonal történelmi adottságokból származó különbsége az ország egyes területei közt, amely szocialista termelési viszonyok közt már csak a települési rendszer tájanként különböző voltából származik.

# A MEZŐGAZDASÁG PROBLÉMÁI A MAGYAR REGIONÁLIS TERVEZÉS METODIKÁJÁBAN

GERLE GYÖRGY

TRAUTMANN Rezső építésügyi miniszter elvtárs előadása — a feladatok igen nagy száma és a megoldásukkal kapcsolatos problémák igen nagy terjedelme miatt — a mezőgazdasági építéspolitikának jóformán csak főbb téziseit ismertethette a rendelkezésre álló idő alatt. Ezért kiragadva egyet a bevezető előadás számos témájából, röviden ismertetni kívánom, hogy regionális tervezésünk módszerei hogyan kapcsolódnak a mezőgazdaság fejlesztésének problematikájához. A nagygyűlés többi fontos előadásának kiszabott ideje számomra is kötelezővé teszi, hogy a megjelölt tárgykörből csak a legjelentősebb vonásokat — és azokat is csak vázlatosan — ragadjam ki és ezért előrebocsátom, hogy hozzászólásom csak töredékét jelenti regionális tervezési metodikánk mezőgazdasági vonatkozásainak.

## I.

Ismertetésem tartalmát a következő három fő célkitűzéssel kívánom jellemezni:

1. A mezőgazdasággal foglalkozó regionális tervezés munkáját pontosan el kell határolnom a mezőgazdaság fejlesztésére irányuló egyéb tervezési szakfeladatoktól, különösen a mezőgazdasági termelés fejlesztésének távlati tervezésétől, amely az arra illetékes szakminisztérium és a mezőgazdasági tudományos kutatóintézetek feladata. Ezzel kapcsolatban igazolni kívánom, hogy regionális tervezésünk mezőgazdasági vonatkozású munkája a Földművelésügyi Minisztérium és a kutatóintézetek hiánytalanul elvégzendő feladatai mellett is — feltétlenül szükséges eszköze a népgazdaság tervszerű arányos fejlődésének,

2. Bemutatom, hogy a regionális tervezés hogyan szolgálja a mezőgazdaság érdekeit, és miért szükséges a regionális tervezés eszközeinek alkalmazása a mezőgazdaság fejlesztési terveinek kidolgozásában.

3. Ismertetni fogom, hogy a regionális tervezés hogyan hangolja össze a mezőgazdaság fejlesztésével kapcsolatos feladatokat a többi ágazat, illetve az egész népgazdaság tervszerű fejlesztésével.

E három célkitűzéssel nem kívánok külön-külön foglalkozni, hanem azok együttes alátámasztása végett röviden felvázolom regionális tervezésünk metodikájának a mezőgazdaságot érintő főbb szempontjait.

## II.

Regionális tervezési munkánk két fő szakasza: a *regionális vizsgálat* és a *regionális tervezés* — a többi népgazdasági ágazat mellett — kiindulási alapként állapítja meg és használja fel a mezőgazdaság jelenlegi helyzetét, eddigi fejlődését és a tervezés távlatában előirányozható állapotát. A mezőgazdaság szakszempontjainak megfelelő feltáró és tervező munkát nem a mi regionális



tervezőink végzik el: ők csak az illetékes szakszervek — a Földművelésügyi Minisztérium, az MTA mezőgazdasági kutatóintézetei és a megyei tanácsok vb. mezőgazdasági osztályai — által kidolgozott anyagot gyűjtik össze, rendezik, értékelik és a regionális tervezés sajátos célkitűzéseinek megfelelően felhasználják. E munkájuk során a mezőgazdasági adatok és anyagok között esetleg tapasztalt ellentmondásokra rámutatnak és javaslatot dolgoznak ki azok ésszerű helyesbítésére is, de ez a munkájuk nem a regionális tervezés igényeiből fakad, hanem csak mellékterméke annak.

Az azonban már jellegzetesen regionális tervezési feladat, hogy a mezőgazdaságnak a maga sajátos szempontjai szerint megállapított fejlesztési terveit kiegészítjük a tervezési terület — és a tervezési területen működő többi ágazat — fejlesztési igényeiből eredő feladatokkal. A mezőgazdaság szakszervei ugyanis elsősorban az éghajlati, valamint a talaj- és terepviszonyok, a vízgazdálkodási lehetőségek és a termelési tapasztalatok alapján állapítják meg a termelési távlati tervét. Ez ugyan célul tűzi ki az elérhető legnagyobb érték megtermelését az adott körülmények között, de ezt a célkitűzést csak korlátozott hatékonysággal képes biztosítani. Ha ugyanis felülről — az egész népgazdaság szintjéről — vizsgáljuk bármely ágazat tevékenységének gazdasági hatékonyságát, akkor nem elég megnéznünk a vizsgált ágazat termelési eredményeit, hanem azt is kutatnunk kell, hogy ezek — figyelembe véve a más ágazatokra gyakorolt gazdasági hatásukat is — végső fokon milyen mértékben járulnak hozzá nemzeti jövedelmünk alakulásához.

Példával szeretném igazolni, hogy az ilyen vizsgálat már szükségszerűen kívül esik az adott ágazat — jelen esetben a mezőgazdaság — feladatkörén. Ha pl: a tervezési terület talaj- és terepviszonyai indokoltá teszik az öntözéses gazdálkodás bevezetését és ennek lehetőségét a hozzáférhető vízvagyon éppen biztosítja, akkor a mezőgazdaság irányító szervei — az illetékes vízügyi hatósággal történő egyeztetés alapján — nyilvánvalóan tervbe fogják venni az öntözés alkalmazását, holott lehetséges, hogy a körzetben fekvő ipari üzemek és települések fejlesztése olyan vízigényt támaszt, amely az adott vízvagyonból — az öntözés szükségleteinek biztosítása mellett — már nem fedezhető hiánytalanul. Ez esetben — és ez hazai viszonyaink között igen gyakori — meg kell állapítani a vízvagyon elosztásának gazdaságosságát is, mint-hogy az esetleg az iparban biztosít nagyobb nemzeti jövedelmet, mint a mezőgazdaságban: a települések számára pedig elengedhetetlen szükséglet és így vagy az öntözési igényt kell korlátozni, vagy a szükséges vizet — általában igen nagy ráfordítások árán — más körzet vízvagyonából kell biztosítani.

Ilyen — és az ehhez hasonló számos más — probléma nem oldható meg kizárólag az érdekelt ágazatok egymás közötti egyezkedése útján, mert a megoldás változatai olyan helyi adottságoktól függenek — pl. tározási lehetőségektől, a népesség telepítési lehetőségeitől, a lakóhelyek és munkahelyek közötti közlekedési kapcsolatoktól stb. —, amelyeket komplex összefüggéseikben csak a regionális tervek tartalmaznak és így gazdasági szempontból való mérlegelésük is csak a regionális tervekben kidolgozott műszaki megoldások alapján lehetséges.

### III.

A más ágazatokkal való területi egyeztetésen kívül a regionális tervezés a maga sajátos feladatköréből — nevezetesen a településhálózat fejlesztésé-

ből — kiindulva is jelentős mértékben befolyásolja a mezőgazdaság fejlesztési terveit.

Így mindenekelőtt a nem kizárólag mezőgazdasági jellegű települések — vagyis az ipari lakótelepek, az üdülőhelyek és általában a városok — népességének friss mezőgazdasági termékekkel való ellátása végett kertgazdasági övezet létesítését írja elő; ezzel kapcsolatban megadja a település ellátandó népességének fogyasztási igényeit a tervezés távlatában, a kertgazdasági övezet helyét, népességének települési központjait, azok közlekedési kapcsolatait stb.

Fontos feladatokat ad a regionális terv az erdőgazdaság számára is, amelynek tervezési bázisa főként csak a fakitermelés távlati mennyiségének biztosítása. A fásítás azonban egyéb fontos célokat is szolgál, így mindenekelőtt az üdüléshez szükséges környezet biztosítását, a települések védelmét ipari és egyéb légszennyeződések ellen; az talaj, illetőleg a terep védelmét a szél és a víz romboló hatása ellen; az ipar által terméketlenül tett területek reaktiválását, az éghajlat kedvezőtlen jellemzőinek megváltoztatását, a közlekedési pályák védelmét és a táj szépségének fokozását. Ezek szükségességét és ésszerű telepítési helyét is a regionális terv állapítja meg.

A településhálózat terve befolyást gyakorol a halgazdálkodás fejlesztésére is, minthogy számos városunk háztartási szennyvizének biológiai tisztítása halastavakban oldható meg a legeredményesebben. Támponokat ad a regionális terv a más célokra előirányzott hévíz-forrásoknak, továbbá az iparban keletkező hulladék-energiának a mezőgazdaságban való hasznosítására is.

Mindezek jelentőségét meghaladja azonban, hogy a regionális tervezés keretében készül el a népesség gazdaságos és egészséges települési viszonyainak megfelelő város- és község-hálózati terv, amely a mezőgazdasági üzemek hálózatának kialakításához megadja a legfontosabb fix pontokat: a mezőgazdasági települések helyét, nagyságát és mezőgazdasági feladatkörét.

#### IV.

Visszatérve arra a megállapításra, mely szerint a mezőgazdaság jelenlegi és jövőbeni állapotát jellemző adatok és anyagok kiindulási bázisai a regionális terveknek, röviden vázolni szeretném azt is, hogy ezeket az adatokat és anyagokat milyen célra és hogyan használjuk fel a regionális tervezésnél.

A tervezési területek távlati állapotának egyik legfontosabb tényezője a népesség területi elhelyezkedése, amit döntő mértékben befolyásol foglalkozás szerinti megoszlásuk. Az ipari dolgozók nyilvánvalóan az ipari munkahelyek közelében, a mezőgazdasági dolgozók a mezőgazdasági településekben fognak elhelyezkedni, az „egyéb” foglalkozásúak pedig a települések funkcióinak megfelelő arányszám szerint. Minthogy az adott mezőgazdasági területek legnagyobb fokú hasznosítása alapvető gazdasági irányelvnek tekinthető, a népesség jövőbeni megoszlásánál abból kell kiindulnunk, hogy a mezőgazdaságban annyi dolgozó maradjon, amennyi a tervidőszak végéig elérhető legnagyobb intenzitás, valamint legfejlettebb agrotechnikai, zootechnikai, gépesítési és üzemszervezési szint mellett feltétlenül szükséges.

Az ennek megfelelően felszabaduló létszám és a természetes szaporulat aktív hányada megy majd át fokozatosan az iparba és „egyéb” foglalkozási ágakba. Ez már lényegében megadja a népesség távlati létszámának megoszlását a mezőgazdasági és a többi településfajta között, ill. a mezőgazdasági

foglalkozásuk létszámát a vegyes településeken. Ebből már felépíthetjük a települések távlati lélekszámának előirányzatát, vagyis a távlati településhálózat legfontosabb kiindulási bázisát. A számítás menetét itt nem kívánom bővebben ismertetni, hanem csak azt említem meg, hogy annak során a következő feltételezésekből indulunk ki:

a) a 15 éves távlati tervidőszak folyamán a mezőgazdaság teljes egészében át fog állni a szocialista szektorba és általában kialakulnak a nagyüzemi gazdálkodás követelményeit kielégítő üzemegységek is, továbbá

b) a mezőgazdasági művelési ágak teljes mértékben meg fognak felelni a természeti adottságoknak és a regionális összefüggésekből eredő követelményeknek, végül

c) a művelés módja az egész országban átlagosan el fogja érni az élenjáró állami gazdaságokban ez idő szerint megállapítható technikai színvonalat.

Az elmondottakból következik, hogy a regionális tervezésnél figyelemmel kell lennünk a racionális nagyságú mezőgazdasági üzemegységek kialakításának lehetőségére, ami természetesen tájegységenként és üzemfajtánként is más és más lesz. Ez idő szerint a mezőgazdasági szakszervek még nem tudnak végleges irányadatokat adni a távlatban kialakítandó üzemfajták elhelyezkedésére és azok nagyságára vonatkozóan, ezért a regionális tervezésben közreműködő mezőgazdasági szakemberek véleménye és a külföldi szakirodalomban már közzétett adatok alapján — hipotézisként — megállapítottuk az egyes tervezési területeken irányadónak tekinthető üzemfajtákat és azok racionális nagyságát.

Ebből kiindulva úgy kell megszerkesztenünk az ország településhálózatát, hogy ez mind a mezőgazdasági üzemszervezés, mind pedig a népesség ellátása szempontjából feleljen meg és a végleges üzemhálózat kialakulásáig előrelátható átmeneti állapot minden szakaszában elégítse ki az akkor felmerülő igényeket.

Ehhez — éppúgy, mint az üzemek fajtáival és nagyságával kapcsolatban — ugyancsak hipotézisként vázoljuk fel a mezőgazdasági üzemegységek előirányzott hálózatát és annak alapján építjük fel a mezőgazdasági települések rendszerét. Azt a véleményemet is le kell szögezmem, hogy a hipotétikus üzemhálózat alapulvétele nem fog jelentős hibát okozni akkor sem, ha az üzemegységek tényleges határai a jövőben el fognak térni a feltételezettől, mert az alkalmazkodás az üzemegységek telepítésénél a már ésszerűen kialakított településhálózat rendszeréhez sokkal inkább képes biztosítani egy ésszerűen összefüggő üzem- és településhálózat létrejöttét, mintha megvárnánk az üzemhálózat kialakításának végleges tervét és annak folytán a szövetkezetek zömének megalakulásakor még a településhálózat terve sem állhatna rendelkezésre. A településhálózat távlati formájának kialakításánál szükségszerűen figyelembe vesszük annak a lehetőségét is, hogy — a meglévő településhálózatból eredő kötöttségek és a már kialakult szövetkezeti egységek sajátos igényei folytán — a szocialista mezőgazdaság sem fog mindenütt a gazdasági szempontból legkedvezőbb nagyságú üzemekbe szerveződni.

A mezőgazdasági települések hálózatának kialakításával bővebben nem foglalkozom, minthogy annak elveit és módszereit PERCZEL elvtárs korreferátuma már ismertette.

Még arra is rá szeretnék mutatni, hogy a regionális tervezés igen hatékony eszköze a mezőgazdasági területek védelmének, sőt a mezőgazdaság számára használhatatlanná vált területek reaktiválásának is. A regionális

tervekben ugyanis egyrészt különös gondot fordítunk arra, hogy beépítés útján minél kevesebb hasznos területet vonjanak el a mezőgazdaságtól, másrészt a tervezési terület fejlesztési feladatai között meghatározzuk az erózió és a defláció elleni intézkedéseket, a növényzetnek az ipari ártalmakkal szemben szükséges védelmét, a már elpusztult területek regenerációs műveleteit, sőt megjelöljük a beültethető salak- és meddőhányók területét.

Az elmondottak — úgy vélem, — igazolják, hogy egyrészt a regionális tervezés szükségzerű eszköze a mezőgazdaság tervszerű fejlesztésének, másrészt a mezőgazdaság állapotának és a fejlesztési tervének ismerete szükségzerű kiindulási alapja a regionális terv útján kialakítandó településhálózatnak. Ebből következik, hogy a regionális tervezés elméleti és gyakorlati feladatait szervesen össze kell hangolni a mezőgazdaság fejlesztésére irányuló szakmai tervezési munkákkal és tudományos kutatásokkal.

# A FALVAK ÉS MEZŐGAZDASÁGI ÜZEMI KÖZPONTOK KÖZMŰVESÍTÉSÉNEK KÉRDÉSEI

HERGÁR VIKTOR

A közművek fogalma mindig erősen a város fogalmához tapadt. Kétségtelen, hogy a közművek a városokban fejlődtek a ma elért szintre. Mégis a történeti fejlődés során a közművek építésének folyamata a falun is elkezdődött, és ma már a falvakban is egyre több és több közmű létesül. Ez világjelenség.

Hazánkban ma a falu közművesítésének jelentőségét és időszerűségét a mezőgazdaság nagy lendületű szocialista átszervezése fokozza. Kétségtelen ugyanis, hogy a falut az egyre inkább fejlődő szocialista átalakulásában nem lehet és nem szabad ősi állapotában hagyni, hanem korszerű eszközökkel segíteni kell a falusi dolgozók életszínvonalának emelésében. Egyik ilyen eszközként kínálkozik a falusi közművek tervszerű fejlesztése.

Mit nyújt a közmű a lakosságnak általában?

Valamennyi közmű tulajdonképpen valamilyen állandóan jelentkező vagy rendszeresen visszatérő háztartási szükségletet elégít ki, korszerű nagyipari eszközzel.

Igy pl. a vízvezeték, az ivás, a főzés, a mosogatás, a mosás, a takarítás, az állattartás stb. vízszükségleteit fedezi.

A villamosáram szolgáltatás elsősorban a világítást teszi rendkívül egyszerűvé, de megkönnyíti a főzést, a mosást, a takarítást, az állatok takarmányának elkészítését és így tovább. Emellett a rádió és televízió közvetítéseivel szórakoztat és tanít.

A gázellátás pedig egyszerűsíti és gyorsítja a főzést és a fűtést, akárcsak a villamosáram; pótolja a jeget és állandóan kész a melegvízszolgáltatásra, amely utóbbi a higiénia alapja. A közműveknek ez a sokrétűsége elsősorban a háztartási munkában segít és lehetővé teszi annak gépesítését. Röviden: gépi rabszolgákat kapnak a háztartások. Így nemcsak könnyebb lesz a háztartási munka, hanem megrövidül annak ideje is. Végeredményben a közművek igénybevételével több lesz a dolgozók szabadideje és mivel a nehéz munkát elvégzik a gépek, a közművesítésnek egészségvédő jelentősége is van.

A közművek mindezen jó tulajdonságai mellett — még a nagyipari technológia folytán — a szolgáltatásokat a kézi munkánál általában mindig gazdaságosabban is képesek nyújtani.

Ez az a hajtóerő, mely a közművek spontán fejlődésének eddig is közvetlen oka volt, és amely a jövő céltudatos közművesítésének is egyik legfőbb rúgója lesz.

A magyar falvak több évszázados fejlődésük során egészen a múlt század végéig nélkülözték a közműveket. A közművek közül a falvakban a villamosenergia-szolgáltatás jelentkezett legelsőnek 1888-ban Mátészalkán. 1925-ig azonban csak mindössze 185 falu volt villamosítva. Ettől kezdve a faluvillamosítás egyre fokozódó lendülettel tört előre és most már a befejező stádiumhoz közeledik. 1957. év végén 2508 község volt villamosítva, vagyis a községek 78,3%-a. A bekapcsolt községi háztartások száma 628 486 volt. (1955. év végi adat.) L. az 1. ábrát.

A falusi vízművek, az OVF adatgyűjtése szerint, 1890-től kezdtek számottevően szaporodni. 1957. év végén a falu közműszerű vízellátása a következőképpen állott:

4 községben volt közepes vízmű  
 43 községben volt kis vízmű  
 112 községben volt körzeti vízmű  
 179 községben volt törpe vízmű. Tehát

összesen 338 községben működött közműszerű vízellátás. Az ellátott falusi lakosság száma ezekben a községekben 557 380 fő volt. A falusi lakoságnak 9,5%-a volt ellátva. (L. a 2. ábrát.)

*Gázellátás* — a MÉLYÉPTERV 1955. évi adatgyűjtése szerint — 18 községben volt, főleg a nyugati olajmezők vidékén, ahol 2206 háztartási fogyasztót láttak el földgázzal. Ezenkívül ma már három helyen biogáztelep is működik.

Az OVF adatai szerint 1958. év végén hazánkban 55 községnek volt tulajdonképpeni szennyvízcsatornázása. A községek csatornázása 1910-ben indult meg és 1950-ig 19 község volt csatornázva. Az 1950 utáni hirtelen ugrás-szerű fejlődés a bányásztelepülések csatornázása folytán állott elő. (L. a 3. ábrát.)

A falusi közművek várható fejlődésére nézve, a Városépítési Tanszék megbízásából 1958. évben készített tanulmányomban végzett vizsgálatok a következő eredményekre vezettek.

A faluvillamosítás eddigi fejlődése alapján, a mai befejező szakaszban 1970-re kb. 98%-os telítettséget lehet várni.

A falvak közműszerű vízellátásának eddigi fejlődése alapján 1970-re a falvak 17%-os telítettséget lehet remélni.

A falu gázellátása jelenlegi kezdeti fejlődési szakaszában még semmiféle extrapoláció nem lenne jogosult és éppen ezért, a jövő fejlődésére ma még *számszerű* adatot adni nem lehet. Annyi azonban kétségtelen, hogy a falu gázellátása napjainkban — az egész országgal együtt — nagyarányú fejlődés előtt áll, aminek fő oka a kitermelhető földgázkincsünk egyre növekvő megállapított mennyiségének műszaki-gazdasági-politikai feszítő erejében rejlik.

Kétségtelen tehát, hogy belátható időn belül a magyar falvak közművesítése terén erőteljes fejlődésre lehet és kell is számítani. Bár a fejlődés általános irányvonala nem kétséges, az egyes falvak közművesítésének időpontját mégis — számos tényező mellett — elsősorban a helyi adottságok fogják erősen befolyásolni.

Vizsgálataim szerint a falu közművesítését — többek közt — erőteljesen siettetik a falun települő *üzemek*, amelyek közműigényeinek a falu közműigényeivel való egyesítése a közművesítés gazdaságosságát általában fokozza, sőt egy bizonyos közmű építését egy csapásra rentábilissá teheti, miután ezen üzemek közös tulajdonsága, hogy egy vagy több közmű szolgáltatását a lakótelepeknél szokásos mértéken felül igénylik.

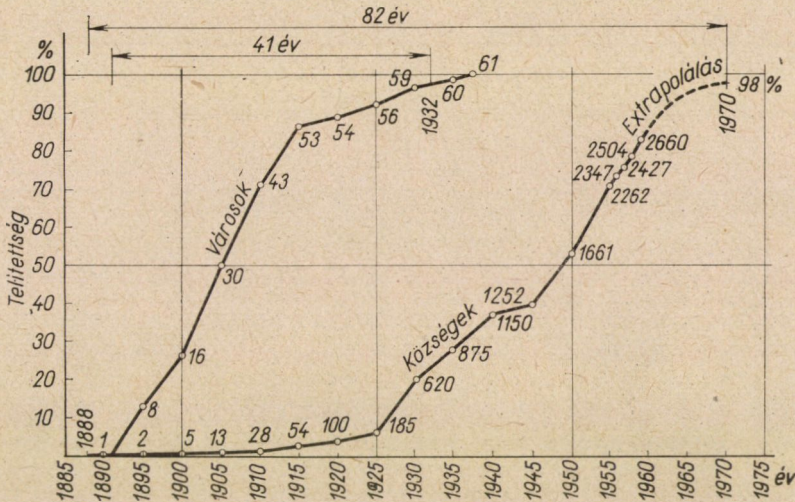
A falusi üzemek között különösen kiemelkedő jelentőségük van az állami gazdaságok és termelőszövetkezetek majorjainak. Ha a gazdaság főmajorja a falu belterületén vagy ahhoz közel települ, akkor a falu és a központi major közös közműellátásának lehetősége nyilván fennforog.

A majorok vízfogyasztása ui. az állattartás következtében igen számottevő. Vizsgálataim szerint egy belmajorban tartott állatok vízigénye annyi, mint ezer emberé. Ha tehát a faluba kerül az üzemegységek központja, az — csupán az ott tartott állatok vízfogyasztása következtében — annyit jelent, mintha a falu lakossága ezer fővel megnőtt volna.



Bátran levonhatjuk a tanulságot, mely szerint ha a falun valamilyen oknál fogva a lakóterülettől nem messze, nagyobb számú istállózott állatot kell tartani, akkor a falu és a major együttes közműszerű vízellátásának kérdése megérett a megvalósításra.

Már említett tanulmányomban a központi és a külmajorok közös vízellátásának kérdését is megvizsgáltam egy elképzelt 3—9 üzemegységből álló modellsorozaton, és a következő eredményekre jutottam.



I. ábra

1. Az elképzelt településű modellsorozat esetén a hazánkban általános mélyfúrású kutakból való vízszerezés mellett, a majoronkénti külön vízmű általában kisebb beruházási költséggel oldható meg.

2. A három és négy üzemegységből álló településnél a külön vízművek fölénye a közös vízmű felett csekély. Adott helyzetben tehát érdemes külön elemezni a kétféle vízellátás költségeit, mert speciális esetben a költségviszonyok könnyen megfordulhatnak.

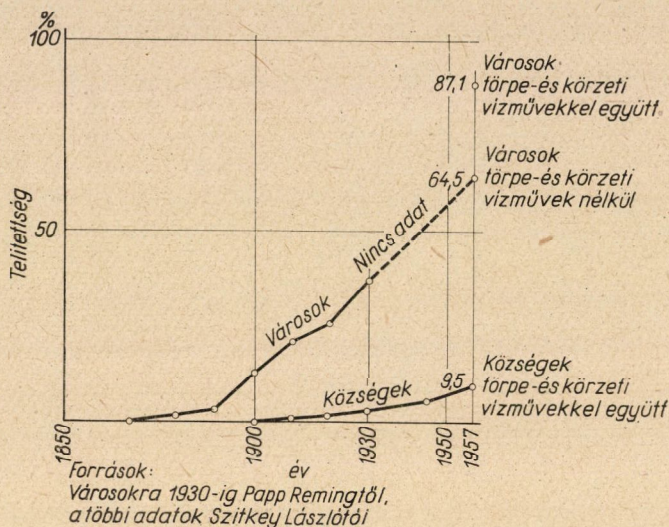
A beruházási költségek viszonya egyébként sem mindenkor dönti el a gazdaságosság kérdését, mert ehhez az üzemeltetés költségeit és körülményeit is mindig számításba kell venni. Különösen latba esik az üzemeltetés gazdaságosságának kérdése a mezőgazdasági nagyüzemi gazdálkodásnál. Nyilvánvaló ugyanis, hogy egy közös vízművet kevesebb és kvalifikáltabb személyzettel — és tegyük hozzá szakszerűbben — lehet üzemeltetni, mint a több helyen szétszórt több üzemegységből álló törpe vízműveket.

3. Azokon a területeken, ahol az általában szokásos mélyfúrású kutak a hidrogeológiai adottságok miatt nem jöhetnek tekintetbe, a nehezebb és nehezebb vízszerezési körülmények között egyre inkább a közös vízmű gazdaságossága nyomul előtérbe. Az egyre nehezebb vízszerezés mindig a vízművek integrációja felé tereli a gazdaságos megoldásokat.

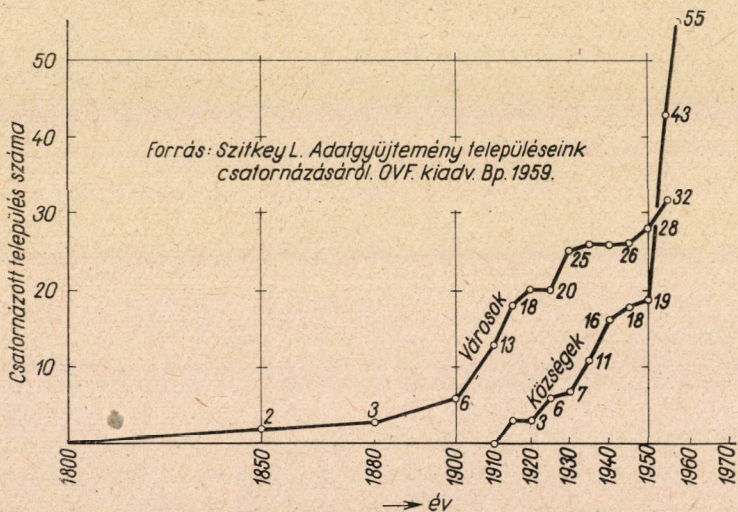
Hasonló módon megvizsgálva a mezőgazdasági üzemegységek közös villamosítását, arra az igen határozott eredményre jutottam, hogy a külmajoro-



rok szekunder hálózatát egymással, illetőleg a főmajorral összekapcsolni -- normális majortávolságok feltételezése mellett, — gazdaságosan nem lehet.



2. ábra



3. ábra

Az egyes majorok villamosenergia ellátását tehát önálló transzformátor-állomással és elosztóhálózattal kell megoldani.

Megvizsgáltam végül a szennyvíztisztítás majoronkénti külön-külön, illetve központosított megoldásának kérdését is és azt a határozott és egyértelmű eredményt kaptam, hogy a szennyvíztisztítást majoronként külön kell megoldani.

A mezőgazdasági üzemi központok közművesítésének tárgyalásakor nem hagyhatom említés nélkül a hazánkban újszerű biogáztelepek létesítésének lehetőségeit. Ahol ugyanis sok istállózott állatot tartanak, ott a biogáztelep létesítése gazdaságosnak ígérkezik. A biogáztelep létesítéséhez nagyobb számú istállózott állat állandó jelenlétére van szükség, a trágya és a trágyalé folyamatos biztosítása végett. Ugyanakkor szükség van valamilyen cellulózetartalmú mezőgazdasági hulladéokra is, meglehetősen állandó és egyenletes mennyiségben. Ezzel biztosítottuk az egyenletes termelést. De egyúttal biztosítani kell és meg kell szervezni a termelt biogáz állandó és folyamatos felhasználását is. Ez a felhasználás többféle lehet:

Palackozás, villamosáram termelés, ipari, mezőgazdasági és végül háztartási hasznosítás. Bennünket itt most csakis akkor érdekel a biogáztelep, ha a termelt gázt túlnyomórészt a háztartási hőszükségletek biztosítására, vagyis háztartási gázellátásra kívánják felhasználni.

Ilyen szempontból tekintve, a közműszerű biogáztelep elsősorban a faluban vagy ahhoz közel telepített főmajorban látszik megvalósíthatónak, mert a külmajorokban lakó aránylag kisszámú lakosság képtelen az ott termelt biogázt elfogyasztani.

A hazai biogáztelepek várható fejlődésének első tapasztalatai alapján kell majd megvizsgálni azt a kérdést, hogy egy mezőgazdasági nagyüzem területén majoronként szétszórt vagy egy majorba egyesített biogáztelep lesz-e gazdaságosabb.

A falvaknak és a mezőgazdaság nagyüzemi központjainak tömeges közművesítése napjaink sürgős feladata lett. E kényszerítő kérdésnek ilyen méretben való megoldása új utakat, új módszereket követel meg.

A kényszerhelyzetek a társadalmat mindig feleletadásra szorítják. A helyes felelet pedig csakis a kérdés megoldására irányuló *terv* lehet. A falvak és mezőgazdasági üzemi központok közművesítése is ilyen kényszerítő kérdés, amelyre a magyar társadalomnak csak egy felelete lehet: a közművesítés átfogó tervének sürgős elkészítése.

## HOZZÁSZÓLÁS

SZÉCHY KÁROLY lev. tag

Magyarországnak kétségkívül egyik legsarkalatosabb problémája a mezőgazdaság fejlesztése. Megállapíthatjuk, hogy a mezőgazdaság fejlesztése az elmúlt időkben korántsem történt meg abban a mértékben, amilyen mértékben az ország természeti, talajtani és éghajlati adottságai megengedték volna.

A mezőgazdaság szocialista átalakulásával kapcsolatban valóban mód nyílik arra, hogy a mezőgazdaság fejlesztését minden téren tervszerűen és átfogóan vegyük kézbe, és ez napjainkban megnyitja a lehetőséget arra, hogy ezt az elhanyagolt ágazatot, amely a népgazdaság szempontjából rendkívüli jelentőségű, valóban megfelelően fejleszteni tudjuk.

A részemről rendkívüli érdeklődéssel hallgatott mai előadásokból, TRAUTMANN miniszter elvtárs, valamint a korreferensek előadásaiból kiderült az, hogy az építésügyi kormányzat valóban fundamentálisan fogja meg ennek a kérdésnek azt a részét, amely a mezőgazdasági építéssel kapcsolatosan felmerülő szükségletekre vonatkozik. Rendkívüli érdeklődéssel hallgattam ezeket az előadásokat azért, mert alapjában mutattak rá azokra a teendőkre, amelyek a mezőgazdaság fejlesztésével kapcsolatban építési politikának alapjait alkotják. Ezeknek az alapoknak és célkitűzéseknek határozott leszögezése, amit TRAUTMANN miniszter elvtárs előadásában hallottunk, valamint az előkészítő munkák körvonalai, amelyek a hozzászólók előadásaiból kiderültek, meggyőztek arról, hogy az építésügyi kormányzat valóban tervszerűen készül fel arra a nagy feladatra, amelyet a mezőgazdaság szocialista átalakulása jelent.

Különösen érdekes a mezőgazdasági településeknek az az élénk képekben vázolt elozlása, amely a múltban kétségkívül egyik akadályja volt annak, hogy a falusi lakosságot olyan kultúrszínvonalra lehessen emelni, amilyen kulturális színvonal például a városi vagy ipari központokban természetszerűleg kialakult. Azok a szempontok és azok az adatok, amelyek az előadásokban élénk tárultak, meggyőzően bizonyítják, hogy a jövőben a mezőgazdaság szocialista átalakulása, települése meg fogja adni a módot arra, hogy a falusi lakosság kulturális színvonala közelebb kerüljön az ipari központok és a városok lakosságának kulturális színvonalához, és ezzel a szocialista fejlődésnek ugyanolyan motorja legyen, mint amilyen motor az ipari központok és a városok fejlődésében, a törvénytörő fejlődés során kialakult.

Különösen megkapott az a gondolat, hogy a mezőgazdasági építkezésekben, az építkezések egyszerűbb feladatainak végrehajtásában, valamint az építkezések fenntartásában az építésügyi kormányzat külön feladatot szánt a mezőgazdasági lakosoknak, ugyanis ez kétségkívül biztosítékot nyújt arra, hogy ezeknek az építményeknek a karbantartása és fenntartása is biztosítva lesz.

Talán csak azt fűzném még hozzá, hogy a mezőgazdasági építkezés építőanyag-szükségletében nyilván a helyi építőanyagok is jelentőséghez jutnak, és nyilván ezeknek a helyi építőanyagoknak megfelelő felhasználása is segítséget fog nyújtani azoknak a szép terveknek a megvalósításához, amelyek a mai előadásokból élénk tárultak.

Ezeket a gondolatokat kívántam hozzáfűzni a mai előadásokhoz. Azt hiszem, a mai előadások az akadémiai naggyűlés keretében bizonyosságát adták annak, hogy a mezőgazdasági építési politika a szocialista átalakulásnak valóban igen fontos motorjává fog válni. (Taps.)

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Geleji Sándor</i> : Az osztályvezetőség beszámolója .....	I
--------------------------------------------------------------	---

### Korreferátumok:

<i>Bognár Géza</i> .....	18
<i>Benedikt Ottó</i> .....	20
<i>Rázsó Imre</i> .....	23
<i>Major Máté</i> .....	25

### Hozzászólások:

<i>Szigeti György</i> .....	29
<i>Bán Tamás</i> .....	31
<i>Hevesi Gyula</i> .....	32
<i>Geleji Sándor</i> zárszava .....	33

<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> : A merogeológiától a hologeológia felé .....	35
-------------------------------------------------------------------------------	----

### Hozzászólások:

<i>Vadász Elemér</i> elnök .....	60
<i>Földváriné Vogl Mária</i> .....	61
<i>Egyed László</i> .....	63
<i>Millner Tivadar</i> .....	65
<i>Kertai György</i> .....	65
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> válasza .....	66
<i>Vadász Elemér</i> elnök zárszava .....	68

<i>Bognár Géza</i> elnök: Bevezető .....	69
------------------------------------------	----

<i>Szigeti György</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. I. (Székfoglaló előadás) .....	71
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Winter Ernő</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak jövőbeni perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. II. Elektroncső .....	83
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Hozzászólások:

<i>Barta István</i> .....	107
<i>Valkó Iván Péter</i> .....	109

<i>Millner Tivadar</i> : A műszaki fizikai kutatás népgazdasági jelentősége a múltban és annak jövőbeni perspektívája a vákuumtechnikai ipar területén. III. ....	111
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### Hozzászólás:

<i>Bognár Géza</i> elnök zárszava .....	132
-----------------------------------------	-----

<i>Egyed László</i> : A Föld dinamikája és kialakulása .....	133
<b>K o r r e f e r á t u m :</b>	
<i>Szádeczky-Kardoss Elemér</i> .....	152
<b>H o z z á s z ó l á s o k :</b>	
<i>Barta György</i> .....	155
<i>Renner János</i> .....	157
<i>Egyed László</i> válasza .....	158
<i>Vadász Elemér</i> elnök zárszava .....	161
<i>Trautmann Rezső</i> : A mezőgazdasági építés politikája .....	163
<b>K o r r e f e r á t u m o k :</b>	
<i>Perczel Károly</i> .....	175
<i>Gerle György</i> .....	180
<i>Hergár Viktor</i> .....	185
<b>H o z z á s z ó l á s :</b>	
<i>Széchy Károly</i> .....	190





*Ara* : 36,— Ft

A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVII. KÖTET

3-4. SZÁM



1960

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVII. KÖTET 3 — 4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., NÁDOR UTCA 7.  
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

A kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia  
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei  
Budapest, V., Nádor utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Megjelent munkájáért minden szerzőt száz különnyomat illet meg. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egy számlaszám: 05-915-111-46), külföldi megrendelések a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, I, Fő utca 32., Magyar Nemzeti Bank egy számlaszám: 43-790-057-181 (útján eszközölhetők).

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

**Acta Technica**

című idegen nyelvű folyóirat.

Él lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Nádor utca 7.

# AZ IPARBAN HASZNÁLATOS EXCENTEREK EGYENLETÉNEK MEGHATÁROZÁSA ÉS ENNEK SEGÍTSÉGÉVEL AZ EXCENTERTEST ELKÉSZÍTÉSE

GREGA BÉLA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, V. MATEMATIKA TANSZÉK

[Beérkezett 1955. március 14-én]

A textilipar területén sokszor előfordul, hogy alakos tárcsával (excenterrel) görgős kart mozgatnak. A görgős kar az alakos tárcsa kontúrjától függően lengőmozgást végez.

Az iparban használatos excenterek hazai vonatkozásban eddig kizárólag szerkesztéssel készültek. Ennek a szerkesztési eljárásnak azonban az volt a hátránya, hogy az excenter alakját nem lehetett teljes bizonyossággal meghatározni. Az alábbi leírásban az excenter-görbét grafo-analitikusan fogjuk megállapítani és ennek ismeretében magát az excenter-görbét mint függvényt ábrázolhatjuk. Az utóbbi számítási eljárásnak az az előnye, hogy segítségével az excenter-görbe alakja mindig kielégítően meghatározható. Most az első vizsgálatban feltételezzük, hogy pontszerű görgőt használunk. Az excenter konstrukciójával kapcsolatban kétféle feladat lehetséges, mégpedig:

1. adott excenter-egyenlethől a pontszerű görgő mozgásegyenletének meghatározása,
2. a pontszerű görgő megadott mozgásegyenletéből az excenter-görbe egyenletének felírása és ezen az alapon az excenterrest elkészítése.

## Excenter-egyenlethől az élben-fekvő lengőkar mozgásegyenletének meghatározása

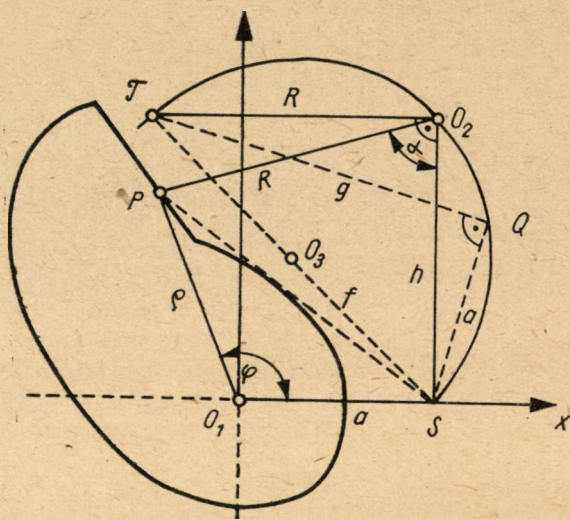
Pontszerű érintkezéssel, illetőleg élben-fekvő lengőkarral a textiliparban is van dolgunk. Ilyen pl. a gomblyukvarrógép esete is. Célszerű ezért előbb ezt az egyszerűbb esetet tárgyalni.

Legyen az excenter egyenlete poláralakban  $\rho = f(\varphi)$  adott. Helyezzük az excenter profilját a rajz síkjába úgy, hogy a polár-rendszer kezdőpontja az excenter  $O_1$  forgáspontja legyen, tengelye pedig a  $O_1 X$  egyenes (1. ábra). Az  $O_2(a, h)$  forgáspontú és  $R$  karú görgő mozgássíkja szintén a rajz síkjában fekszik. Legyen az excenter-görbe futópontja  $P(\rho, \varphi)$  és feladatunk az excenter adott  $\rho = f(\varphi)$  egyenlete segítségével a görgő

$$s = R \cdot a(\varphi)$$

útegyenletének meghatározása, ahol azonban még  $a(\varphi)$  egyelőre ismeretlen függvénye  $\varphi$ -nek. Ha sikerül  $a$ -át mint  $\varphi$  függvényét kiszámítani, akkor ezzel a kérdést megoldottuk. Minthogy  $\overline{PS}$  az  $O_1 P O_2 S$  általános négyszög egyik átlója, tehát az átlóval előállított  $SO_1 P$  és  $PO_2 S$  háromszögekből

$$R^2 + h^2 - 2R h \cos a = a^2 + \varrho^2 - 2a \varrho \cdot \cos \varphi,$$



1. ábra

amiből

$$\begin{aligned} \cos a &= \frac{a^2 + \varrho^2 - 2a \varrho \cdot \cos \varphi - (R^2 + h^2)}{-2Rh} = \\ &= \frac{R^2 + h^2 - (a^2 + \varrho^2) + 2a \varrho \cos \varphi}{2Rh}. \end{aligned}$$

Ha az  $\overline{TS}$  távolságra, mint átmérőre rajzolt félkört tekintjük, akkor minthogy  $\hat{O}_2$ , mint félkörön fekvő kerületi szög derékszög lévén

$$R^2 + h^2 = f^2,$$

ezért

$$\cos a = \frac{f^2 - a^2 - \varrho^2 + 2a \varrho \cos \varphi}{2Rh}.$$

Mivel továbbá  $\hat{Q}$  szintén derékszög, ezért  $RQS$  derékszögű háromszögből

$$f^2 - a^2 = g^2,$$



tehát

$$\cos \alpha = \frac{g^2 - \varrho^2 + 2a \varrho \cdot \cos \varphi}{2Rh},$$

vagy

$$\cos \alpha = \frac{g^2 - \varrho^2}{2Rh} + \frac{a\varrho}{Rh} \cdot \cos \varphi,$$

amiből  $\alpha$  mint  $\varphi$  változó függvénye

$$\alpha = \arccos \left\{ \frac{g^2 - \varrho^2}{2Rh} + \frac{a\varrho}{Rh} \cos \varphi \right\}.$$

Ha itt figyelembe vesszük, hogy  $\varrho = f(\varphi)$  az excenter egyenlete adott, akkor

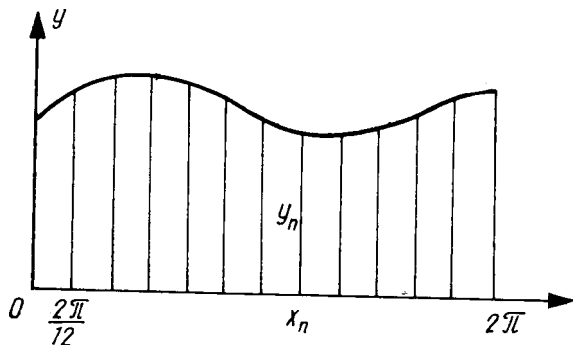
$$\alpha(\varphi) = \arccos \left\{ \frac{g^2}{2Rh} - \frac{[f(\varphi)]^2}{2Rh} + \frac{a}{Rh} \cdot f(\varphi) \cdot \cos \varphi \right\}.$$

Ha a most már ismert  $\alpha(\varphi)$  függvényt az  $s = R \cdot \alpha(\varphi)$  egyenletbe helyettesítjük, akkor a pontszerű görgő mozgásegyenlete adódik, amely

$$s = R \cdot \arccos \left\{ \frac{g^2}{2Rh} - \frac{[f(\varphi)]^2}{2Rh} + \frac{a}{Rh} \cdot f(\varphi) \cdot \cos \varphi \right\}.$$

**Pontszerű görgő mozgásegyenletéből az excenter egyenletének kiszámítása és ezen az alapon az excenter szerkesztése**

Textilipari gyakorlatban sokszor a görgő mozgásegyenlete adott, illetőleg mivel periodikus mozgást végez, ezért egyenlete mindig meghatározható. A görgő mozgásegyenletének megállapítása úgy történhetik, hogy egy periódust grafikusán pl. milliméter papírra felvesszünk, majd mint  $2\pi$  vagy tetsző-



2. ábra

leges  $p$  szerint szakaszos függvényt a gyakorlati harmonikus analízis ismert módszerével az ismeretes TEREBESSY-sablonok segítségével FOURIER-féle sorba fejtjük, miáltal a görgő mozgásegyenletét kapjuk.

Részleteiben, ha a felvett grafikont úgy helyeztük el koordináta-rendszerben, hogy a teljes periódus közel az abszcissa tengelyhez pozitív területre essék, akkor a periodicitás intervallumát — műszaki gyakorlat szempontjából — elegendő 12 egyenlő részre osztani (2. ábra). Jelöljük

$$\sin \frac{\pi}{6} = \cos \frac{\pi}{3} = c \text{ és } \sin \frac{\pi}{3} = \cos \frac{\pi}{6} = C\text{-vel,}$$

akkor

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) dx \approx \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \frac{2\pi}{12} = \frac{1}{6} \sum_{n=0}^{11} y_n.$$

Mivel továbbá

$$a_n = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx$$

és

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin kx dx,$$

ezért az  $a_1$ , illetve  $b_1$  együtthatóra nézve

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) \cdot \cos x dx \approx \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \cos x_n \cdot \frac{2\pi}{12} = \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cos x_n = \frac{1}{6} \{ (y_0 - y_6) + [y_1 + y_{11} - (y_5 + y_7)] C + \\ &\quad + [y_2 + y_{10} - (y_4 + y_8)] c \} \\ b_1 &= \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) \sin x dx \approx \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \sin x_n \cdot \frac{2\pi}{12} = \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \sin x_n = \frac{1}{6} \{ (y_3 - y_9) + [y_2 + y_4 - (y_8 + y_{10})] C + \\ &\quad + [y_1 + y_5 - (y_7 + y_{11})] c \}. \end{aligned}$$

Hasonlóképpen

$$a_2 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) \cos 2x \, dx \approx \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \cos 2x_n \cdot \frac{2\pi}{12} =$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \cos 2x_n = \frac{1}{6} \{ [y_0 + y_6 - (y_3 + y_9)] + [y_1 + y_5 + y_7 + y_{11} -$$

$$- (y_2 + y_4 + y_8 + y_{10})] c \}$$

$$b_2 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} f(x) \sin 2x \, dx \approx \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \sin 2x_n \cdot \frac{2\pi}{12} =$$

$$\frac{1}{6} \sum_{n=0}^{11} y_n \cdot \sin 2x_n = \frac{1}{6} \cdot \{ y_1 + y_2 + y_7 + y_8 - (y_4 + y_5 + y_{10} + y_{11}) \} \cdot C.$$

További FOURIER-féle együtthatók meghatározása ezen az alapon tovább folytatható.

Ezután készítünk olyan négy oszlopból és 12 sorból álló táblázatot, melynek első oszlopába az abszcissa osztáspontjait, második oszlopába az egyes abszcissa felosztásoknak megfelelő ordináta értékeket, harmadik oszlopába az ordináták  $C = \frac{\sqrt{3}}{2}$ -szeresét, végül a negyedik oszlopba az ordináták  $c = \frac{1}{2}$ -szeresét írjuk.

Majd a FOURIER-együtthatók kiszámításához szükséges sablonokat készítjük el. Az  $a_0$  együttható a képlet alapján közvetlenül számítható, meghatározásához sablonra nincs szükség. Az  $a_1, b_1, a_2, b_2, \dots$  együttható sablonja a táblázattal azonos méretű és beosztású átlátszó anyagból készülhet. A sablonok második, harmadik és negyedik oszlopában csak azokat a derékszögű négyszögeket jelöljük meg — pl. kerületüket vastagon vagy színesen kihúzva — melyeknek megfelelő ordináták, illetve ezek  $c$  és  $C$ -szeresei a végképletekben előfordulnak. A sablonokat ezután a kitöltött táblázatra helyezve kiolvashatók azok a pozitív és negatív számok, melyeknek összevonása és 6-tal való osztása után a kívánt együtthatót nyerjük.

Tegyük itt fel, hogy  $a$ , az excenter elfordulása  $\varphi$  szögének  $a = F(\varphi)$  alakú ismeretes függvénye. A görgő adott mozgásegyenletéből meg kell tehát határoznunk, hogy  $\varrho$  milyen függvénye  $\varphi$ -nek, ez a keresett függvény fogja adni az excenter-görbe egyenletét. Minthogy az  $O_1 TO_2 S$  általános négyszögből

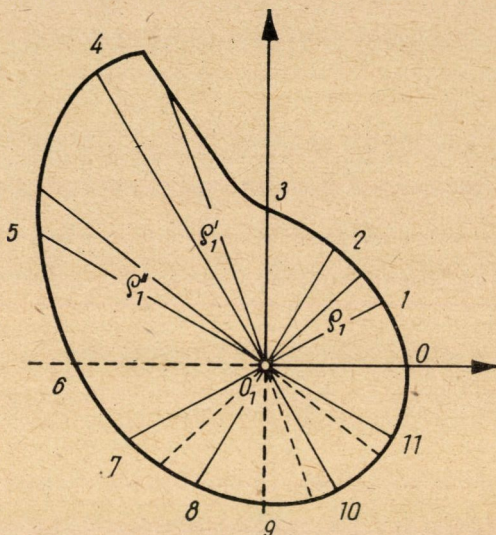
$$\varrho^2 - 2a \varrho \cos \varphi + a^2 - (R^2 + h^2) + 2Rh \cos a = 0,$$

amely  $\varrho$ -ra másodfokú egyenletet, tehát megoldása

$$\varrho_{1,2} = \frac{2a \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{4a^2 \cos^2 \varphi - 4a^2 + 4(R^2 + h^2) - 8Rh \cos \alpha}}{2}$$

$$\varrho_{1,2} = a \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{-a^2(1 - \cos^2 \varphi) + R^2 + h^2 - 2Rh \cos \alpha}$$

$$\varrho_{1,2} = a \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{R^2 + h^2 - a^2 \sin^2 \varphi - 2Rh \cos \alpha}.$$



3. ábra

Ha most figyelembe vesszük, hogy  $a = F(\varphi)$  ismert függvény, akkor az excenter egyenlete

$$\varrho_{1,2} = a \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{R^2 + h^2 - a^2 \sin^2 \varphi - 2Rh \cdot \cos[F(\varphi)]}$$

vagy ha a diszkriminánst röviden  $\Phi(\varphi)$ -vel jelöljük, azaz, ha

$$R^2 + h^2 - a^2 \sin^2 \varphi - 2Rh \cdot \cos[F(\varphi)] = \Phi(\varphi),$$

akkor az excenter egyenlete

$$\varrho_{1,2} = a \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{\Phi(\varphi)}.$$

Két  $\varrho$  érték adódik, ami azt mutatja, hogy minden az excenter  $O_1$  forgáspontján áthaladó irányon két excenterrádiusz adódik (3. ábra).

A leírt eljárás csak olyan excenter konstrukciójára vonatkozik, amikor a lengőkar mozgássíkja az excenter síkjával összeesik, illetve azzal párhuzamos. Ugyanis ha a lengőkar mozgássíkja merőleges az excenter profil-síkjára,



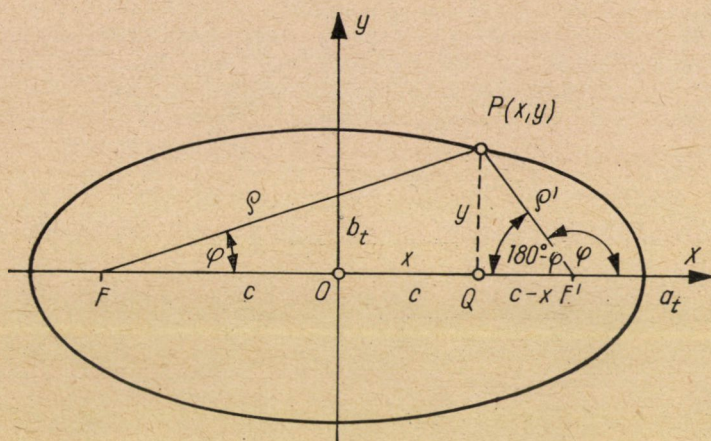
— mint pl. felsővetésű szövőgép excenterénél — akkor a kétféle eljárás gondolatmenetei más eredményekhez vezetnek.

Meg kell jegyezni, hogy pontszerűnek feltételezett görgő felvétele mellett is a megoldás lényeges támpontokat ad az eddigi hibák kiküszöbölésére. Tetszés szerinti méretűnek felvett görgőre és ezzel az iparban valóságban is használatos megoldást az ezt követő dolgozat ismerteti.

Vegyünk példának olyan ellipszis alakú excentert, melynek ismerjük Descartes-rendszerbeli egyenletét. Legyen ez

$$\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$$

és határozzuk meg a lengőkar mozgásegyenletét és viszont (4. ábra).



4. ábra

Mindenekelőtt meg kell állapítani az ellipszis egyenletét poláralakban. Ha az ellipszis egyenlete Descartes-rendszerben az ábra jelöléseivel

$$\frac{x^2}{a_t^2} + \frac{y^2}{b_t^2} = 1,$$

akkor az ellipszis poláralakja

$$\rho = \frac{p}{1 - \varepsilon \cos \varphi}.$$

Ezekután határozzuk meg az excenterprofil egyenletéből a lengőkar mozgásegyenletét. Minthogy most

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{25 - 9} = 4$$

$$p = \frac{b^2}{a} = \frac{9}{5}$$

$$\varepsilon = \frac{c}{a} = \frac{4}{5},$$

tehát az

$$\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$$

ellipszis egyenlete polárrendszerben

$$\rho = \frac{\frac{9}{5}}{1 - \frac{4}{5} \cos \varphi} = \frac{\frac{9}{5}}{5 - 4 \cos \varphi}.$$

Legyen a lengőkar hossza  $R = 8$  cm, továbbá a lengőkar abszcisszája  $a = 12$  cm és  $h = 6$  cm, akkor a pontszerű görgő mozgásegyenlete

$$s = 8 \cdot \arccos \left\{ \frac{64 + 36 - 144}{96} - \frac{81}{96(5 - 4 \cos \varphi)^2} + \frac{12}{48} \cdot \frac{9}{5 - 4 \cos \varphi} \cdot \cos \varphi \right\},$$

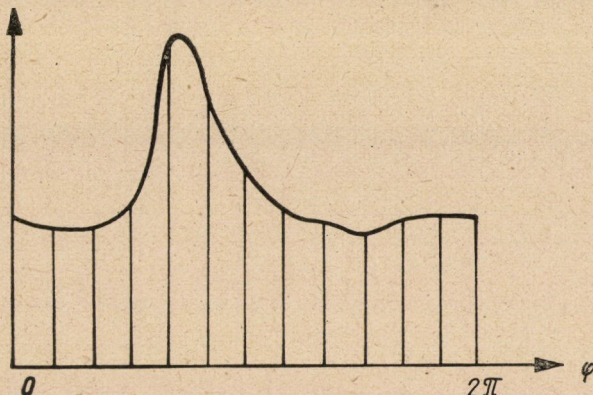
ebből

$$s = 8 \cdot \arccos \left\{ \frac{9}{4} \cdot \frac{\cos \varphi}{5 - 4 \cos \varphi} - \frac{81}{96(5 - 4 \cos \varphi)^2} + \frac{11}{24} \right\}.$$

Ha fordított esetben  $R = 100$  mm,  $h = a = 80$  mm, akkor az 5. ábra szerinti mozgástörvényhez tartozó profil egyenletét a következő módon írjuk fel:

$x$	$y$	$C \cdot y$	$c \cdot y$
0	20	17,40	10,00
$\frac{\pi}{6}$	18	15,60	9,00
$\frac{\pi}{3}$	17	14,75	8,50
$\frac{\pi}{2}$	22	19,10	11,00
$\frac{2\pi}{3}$	43	37,40	21,50
$\frac{5\pi}{6}$	35	30,40	17,50
$\pi$	25	21,70	12,50
$\frac{7\pi}{6}$	21	18,20	10,50
$\frac{4\pi}{3}$	18	15,60	9,00
$\frac{3\pi}{2}$	17	14,75	8,50
$\frac{5\pi}{3}$	19	16,50	9,50
$\frac{11\pi}{6}$	20	17,40	10,00





5. ábra

A táblázat felhasználásával

$$a_0 = \frac{1}{6} \cdot 275 = 45,83$$

$$a_1 = \frac{1}{6} \cdot \{20 - 25 + [18 + 20 - (35 + 21)] \cdot 0,87 + [17 + 19 - (43 + 18)] \cdot 0,5\} = -5,551$$

$$b_1 = \frac{1}{6} \cdot \{22 - 17 + [17 + 43 - (18 + 19)] \cdot 0,87 + [18 + 35 - (21 + 20)] \cdot 0,5\} = 5,166.$$

A Fourier polinom

$$a(\varphi) \approx \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \varphi + b_1 \sin \varphi + a_2 \cos 2\varphi + b_2 \sin 2\varphi + \dots$$

a sort a harmadik tag után bezárva

$$a(\varphi) \approx 22,9 - 5,55 \cos \varphi + 5,17 \sin \varphi.$$

Mivel

$$\cos \alpha = \frac{10\,000 - \varrho^2 + 160 \varrho \cos \varphi}{16000},$$

ezért az utóbbi két egyenletből

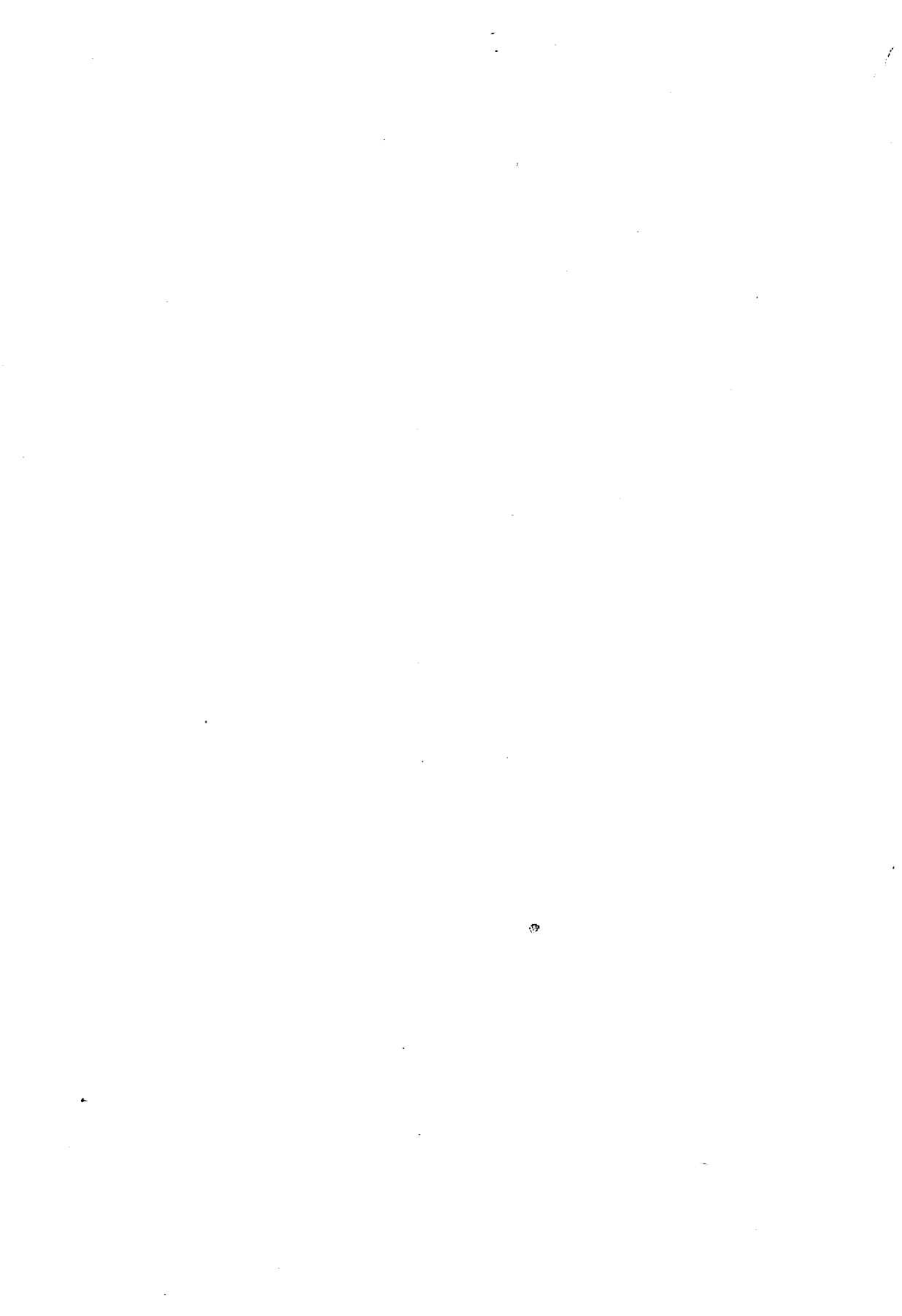
$$\frac{10^4 - \varrho^2 + 160 \varrho \cos \varphi}{16 \cdot 10^3} = \cos(22,9 - 5,55 \cos \varphi + 5,17 \sin \varphi),$$

amelyből minden  $\varphi$ -hez tartozó két  $\varrho$  érték meghatározható. Az utóbbi egyenlet tehát a keresett excenterprofil egyenlete.

Ha már ismeretes az excenter egyenletének poláralakja, ebből  $\varphi$ -nek tetszés szerinti értékeihez tartozó  $\varrho$ -kat kiszámítva és ábrázolva, az excenterprofil görbét nyerjük.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az iparban használatos bütykös tárcsák eddigi szerkesztéssel történő meghatározásával szemben ez az eljárás megmutatja, hogy miképp lehet egyenlet segítségével a bütykös tárcsa profilját grafo-analitikai úton meghatározni. A cikk a tárgyalat elv alapján élbent-fekvő lengőkar grafikonjából a lengőkar mozgásegyenletének és ebből a bütykös tárcsa profilgörbéje egyenletének felírását is bemutatja.





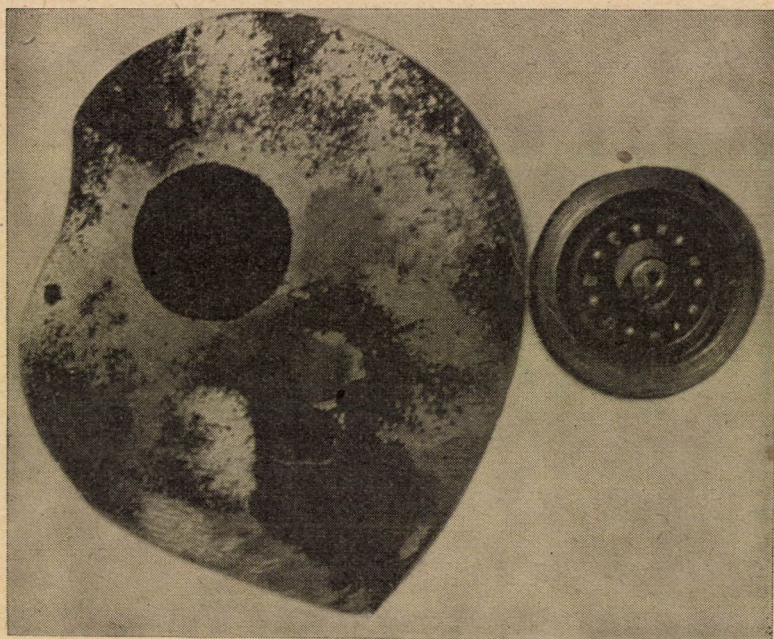
# AZ IPARBAN HASZNÁLATOS EXCENTEREK EGYENLETÉNEK MEGHATÁROZÁSA ADOTT MÉRETŰ GÖRGŐ ESETÉN

GREGA BÉLA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, V. MATEMATIKA TANSZÉK

[Beérkezett 1955. március 14-én]

Az előző értekezésben olyan esetet tárgyaltunk, amikor a görgő pontszerű és ennek megfelelően határoztuk meg a lengőkar, illetve az excenterprofil egyenletét. Ilyen eset azonban a textilipari gyakorlatban csak ritkán fordul elő. Így pl. élfekvésű lengőkarnál ezért igen fontos a kérdés vizsgálata



1. ábra

adott  $r$  sugarú görgőre vonatkozóan (1. ábra). A következő fejtegetésben véges  $r$  sugarú görgőre nézve két kérdést tárgyalunk:

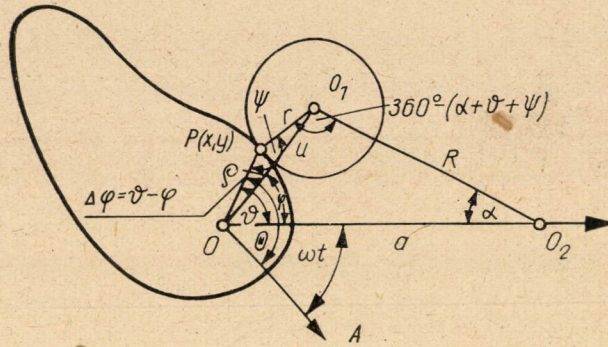
1. Adott excenter-egyenletből véges  $r$  sugarú görgővel felszerelt lengőkar mozgásegyenletének meghatározását,



2. adott  $r$  sugarú görgővel felszerelt lengőkar mozgásegyenletéből az excenterprofil egyenletének felírását és ezen az alapon az excenter elkészítését.

### Excenterprofil egyenletéből a lengőkar mozgásegyenletének meghatározása

Tegyük fel, hogy az excenterprofil egyenlete poláralakban  $\varrho = f(\varphi)$ . Helyezzük az excentert a rajz síkjába és legyen ennek forgáspontja:  $O$ , a polártengely pedig  $\overline{OO_2} = x$  egyenes (2. ábra). A lengőkar  $O_2$  forgáspontja és mozgássíkja szintén a rajz síkjában fekszik. Legyen az excenter profil-



2. ábra

görbéjének a görgővel való érintkezési pontja  $P(x, y)$  vagy poláralakban  $P(\varrho, \vartheta)$ , ahol  $\vartheta = \varphi + \Delta\varphi$ . Legyen továbbá a görgő középpontja  $O_1$  és az excenterprofil adott egyenlete  $\varrho = f(\vartheta)$ . A  $\varrho = f(\vartheta)$  egyenlet segítségével meg kell határoznunk a lengőkar

$$s = R \cdot a(\vartheta)$$

mozgásegyenletét, ahol  $a(\vartheta)$  ismeretlen függvénye  $\vartheta$ -nek. Ha sikerül  $a$ -át mint  $\vartheta$  függvényét kiszámítani, akkor a kérdést megoldottuk. A feladatot több lépésben oldhatjuk meg. Egyrészt az  $OO_1O_2$  háromszögből

$$u^2 = R^2 + a^2 - 2Ra \cdot \cos a,$$

másrészt az  $OO_1P$  háromszögből

$$u^2 = \varrho^2 + r^2 - 2\varrho r \cdot \cos \psi.$$

A két egyenletből

$$R^2 + a^2 - 2Ra \cos a = \varrho^2 + r^2 - 2\varrho r \cos \psi. \quad (1)$$





Képezzük a rádiuszvektor  $\bar{\rho}_1$  és a normális  $\bar{n}_1$  egységvektorának skaláris szorzatát

$$\bar{\rho}_1 \bar{n}_1 = |\rho_1| |n_1| \cdot \cos \psi.$$

Mint hogy két vektor skaláris szorzata egyenlő a megfelelő koordináták szorzatának összegével, ezért

$$\cos \psi = \cos \alpha_{\rho} \cdot \cos \alpha_{\bar{n}} + \cos \beta_{\rho} \cdot \cos \beta_{\bar{n}},$$

vagyis

$$\cos \psi = \frac{xy'}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sqrt{1 + y'^2}} - \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sqrt{1 + y'^2}} = \frac{xy' - y}{\sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sqrt{1 + y'^2}}.$$

Fejezzük ki a hajlásszög cosinusát polárkoordináták segítségével. Mint hogy

$$x = \rho \cdot \cos \vartheta$$

$$y = \rho \cdot \sin \vartheta,$$

$\vartheta$  szerint differenciálva:

$$x' = \rho' \cos \vartheta - \rho \sin \vartheta$$

$$y' = \rho' \sin \vartheta + \rho \cos \vartheta.$$

$\vartheta$  szerint vett differenciálhányadosról  $x$  szerinti differenciálhányadosra áttérve

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{d\vartheta}{d\vartheta}}{\frac{dx}{d\vartheta}} = \frac{\rho' \sin \vartheta + \rho \cos \vartheta}{\rho' \cos \vartheta - \rho \sin \vartheta},$$

ezért a rádiusz és a normális által bezárt szög cosinusa

$$\begin{aligned} \cos \psi &= \frac{\rho \cdot \cos \vartheta \cdot \frac{\rho' \sin \vartheta + \rho \cos \vartheta}{\rho' \cos \vartheta - \rho \sin \vartheta} - \rho \sin \vartheta}{\rho \cdot \sqrt{1 + \left( \frac{\rho' \sin \vartheta + \rho \cos \vartheta}{\rho' \cos \vartheta - \rho \sin \vartheta} \right)^2}} = \\ &= \frac{\rho' \sin \vartheta \cos \vartheta + \rho \cos^2 \vartheta - \rho' \sin \vartheta \cos \vartheta + \rho \sin^2 \vartheta}{\sqrt{\rho'^2 + \rho^2}} = \\ &= \frac{\rho(\cos^2 \vartheta + \sin^2 \vartheta)}{\sqrt{\rho'^2 + \rho^2}}, \end{aligned}$$



tehát

$$\cos \psi = \frac{\varrho}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}}.$$

Ha  $\cos \psi$  értékét az (1) egyenletbe helyettesítjük, akkor

$$R^2 + a^2 - 2Ra \cos a = \varrho^2 + r^2 - 2\varrho r \cdot \frac{\varrho}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}}$$

vagy az egyenletet átrendezve

$$2Ra \cdot \cos a = R^2 + a^2 - r^2 - \varrho^2 + 2r \cdot \frac{\varrho^2}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}}$$

és

$$\cos a = \frac{R^2 + a^2 - r^2}{2Ra} - \frac{\varrho^2}{2Ra} + \frac{r \cdot \varrho^2}{Ra \cdot \sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}},$$

amiből

$$a(\vartheta) = \arccos \left\{ \frac{R^2 + a^2 - r^2}{2Ra} - \frac{\varrho^2}{Ra} \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{r}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}} \right) \right\}.$$

Mintogy most már  $a$  ismeretes mint a  $\vartheta$  elfordulási szög függvénye, ezért ezt a függvényt  $s = R \cdot a(\vartheta)$  kifejezésbe helyettesítve, a lengőkaron a görgő középpontjának a mozgásegyenletét nyerjük, amely

$$s = R \cdot \arccos \left\{ \frac{R^2 + a^2 - r^2}{2Ra} - \frac{\varrho^2}{Ra} \left( \frac{1}{2} - \frac{r}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}} \right) \right\}. \quad (2)$$

Válasszuk polártengelynek az excenter-görbe síkjában fekvő  $\overline{OA}$  egyenest és legyen  $\varrho$  rádusznak  $\overline{OA}$  polártengellyel bezárt szöge  $\Theta$ , akkor az excenter-profil egyenlete  $\overline{OA}$  polártengelyre vonatkoztatva  $\varrho = f(\Theta)$ . Ha az excenter  $O$  forgáspontja körül állandó  $\omega$  szögsebességgel forog, akkor

$$\Theta = \vartheta + \omega t,$$

ahol  $\omega t$  jelenti a választott  $\overline{OA}$  és a régi  $x$  polártengely által  $t$  idő alatt leírt szöget,  $\Theta$  figyelembevételével behozzuk az időt és így az excenterprofil egyenlete a következő alakba írható

$$\varrho(\vartheta) = f(\Theta) = f(\vartheta + \omega t).$$

Ha  $\varrho(\vartheta) = f(\vartheta + \omega t)$  kifejezésnek a (2) egyenletbe történő helyettesítésével

már behoztuk az időt, akkor a lengőkar mozgásegyenlete a következőképp is felírható

$$s = R \cdot \arccos \left\{ \frac{R^2 + a^2 - r^2}{2Ra} - \frac{[f(\vartheta + \omega t)]^2}{Ra} \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{r}{\sqrt{[f(\vartheta + \omega t)]^2 + [f(\vartheta + \omega t)]^2}} \right) \right\}.$$

### A lengőkar mozgásegyenletéből az excenterprofil egyenletének kiszámítása és az egyenlet felhasználásával az excenter szerkesztése

Az előbbi gondolatmenet megfordítása a lengőkar adott  $s = R \cdot a(\vartheta)$  egyenletéből az excenterprofil ismeretlen egyenletének meghatározásához vezet. Legyen ezért  $a$  az excenter elfordulása  $\vartheta$  szögének  $a = F_1(\vartheta)$  alakú ismeretes függvénye. A lengőkar mozgásegyenletéből meg kell állapítani, hogy  $\varrho$  milyen függvénye  $\vartheta$ -nak. Az így kapott kapcsolat az excenterprofil egyenletét adja. Tekintsük ezért az (1) alatti egyenletet

$$R^2 + a^2 - 2Ra \cos a = \varrho^2 + r^2 - 2\varrho r \cdot \frac{\varrho}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}},$$

vagy

$$\varrho^2 - 2r \cdot \frac{\varrho^2}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}} = -2Ra \cdot \cos a + R^2 + a^2 - r^2.$$

Mivel  $a$  függvénye  $\vartheta$ -nak, ezért jelöljük az egyenlet jobboldalán álló függvényt  $\Phi(\vartheta)$ -val, azaz

$$\Phi(\vartheta) = -2Ra \cos a + R^2 + a^2 - r^2,$$

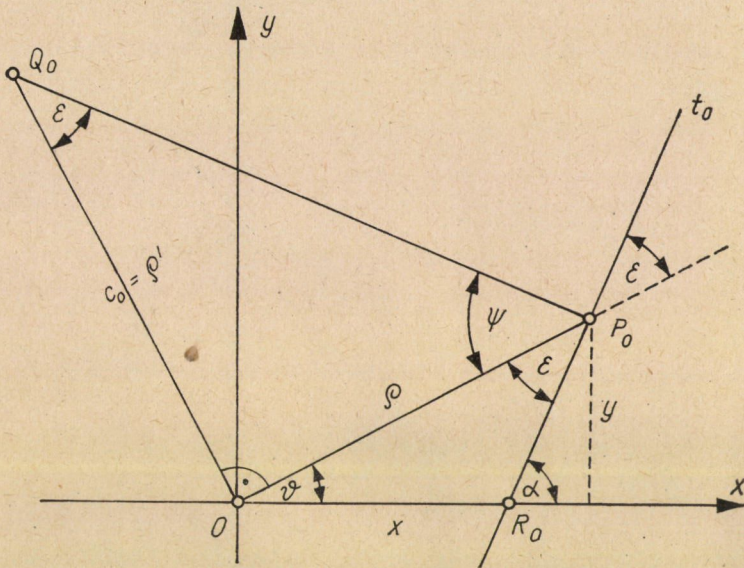
akkor a következő alakú differenciálegyenletet kapjuk.

$$\varrho^2 - 2r \cdot \frac{\varrho^2}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}} = \Phi(\vartheta).$$

A megoldandó differenciálegyenlet elsőrendű és nem lineáris és nagyon bonyolult szerkezetű. Megoldásához grafikus úton igyekszünk eljutni. A differenciálegyenlet grafikus úton megállapított megoldása egyben az excenterprofil görbét adja.

Az  $F(\vartheta, \varrho, \varrho') = 0$  alakú differenciálegyenlet megoldása céljából válaszszuk a  $\varphi = \varrho'$  függvényt ismert értékűnek és pedig  $c$  konstansnak. Ezáltal az  $F(\vartheta, \varrho, c) = 0$  alakú egyenlethez jutunk. Az utóbbi egyenlet pedig — mint-hogy  $c$  bármilyen értéket felvehet — görbesereg egyenlete. Ha tehát  $c$  értékét

változtatjuk, akkor integrálgörbék sokaságát kapjuk, melyeknek mindegyikéhez érintőt is tudunk szerkeszteni. Az érintési pont környezetében pedig az integrálgörbe haladási irányát is meg tudjuk állapítani. A megfelelő integrálgörbe  $P_0$  pontjához tartozó  $t_0$  érintőt úgy szerkesztjük meg, hogy ezen ponthoz húzott  $\rho$  rádiuszvektorra az  $O$  origóban merőlegest állítunk, erre felmérjük  $c_0$  mértékszámát és a kapott  $Q_0$  pontot  $P_0$ -val összekötve, a keresett  $P_0$  ponthoz tartozó érintő merőleges lesz  $\overline{P_0 Q_0}$  egyenesre (4. ábra). Mivel  $t_0$  érintőnek



4. ábra

az  $x$  koordináta-tengellyel képzett szöge  $\alpha$ ,  $\rho$  rádiuszvektorral alkotott szöge pedig  $\varepsilon$ , akkor  $OP_0 R_0$  háromszögből

$$\varepsilon = \alpha - \vartheta = \frac{\pi}{2} - \Psi$$

és így

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \operatorname{tg}(\alpha - \vartheta) = \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{2} - \psi \right) = \operatorname{ctg} \psi = \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} = \frac{xy' - y}{x + yy'}$$

A deriváltak értékének behelyettesítésével és egyszerűsítéssel:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\rho}{\rho'}$$

Továbbá:

$$1 + \frac{\rho^2}{\rho'^2} = \frac{1}{\cos^2 \varepsilon},$$

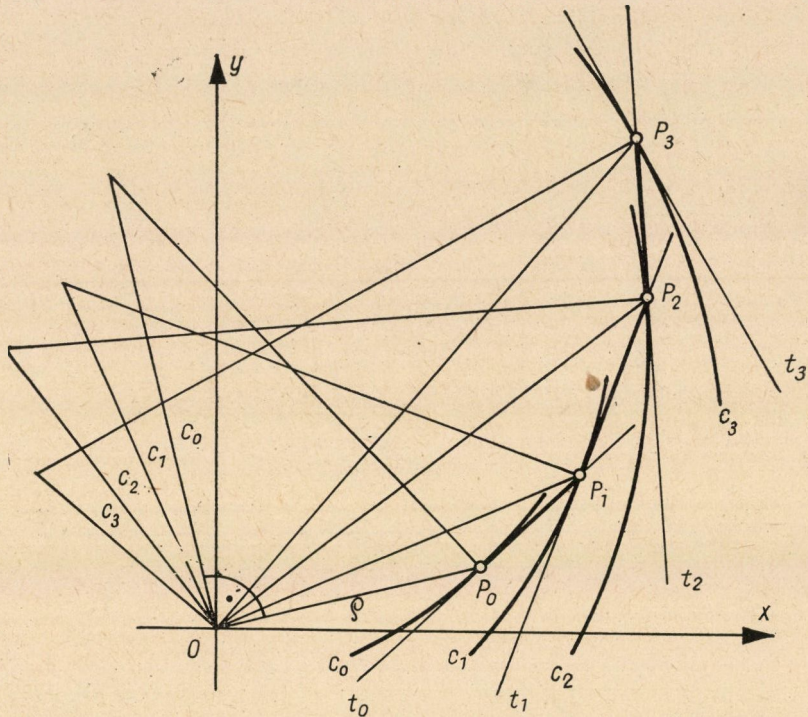


azaz

$$\cos \varepsilon = \frac{\varrho'}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}}$$

és

$$\sin \varepsilon = \sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon} = \frac{\varrho}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}}.$$



5. ábra

Az  $OP_0Q_0$  derékszögű háromszögből:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\varrho}{c_0}$$

és mivel a választás folytán  $c_0 = \varrho'$ , ezért  $t_0$  valóban az integrálgörbe  $P_0$  pontjához tartozó érintő. A differenciálegyenlet megoldása és egyben az excenter profilgörbéjének meghatározása úgy történik, hogy miután megszerkesztettük a  $c = c_0$  rögzített értékhez tartozó  $P_0$  pontbeli  $t_0$  érintőt, megkeressük  $t_0$  érintőnek a  $c = c_1$  értékhez tartozó integrálgörbével való  $P_1$  metszéspontját.  $P_1$  ponthoz tartozó  $t_1$  érintőt az előbbi eljárás alapján szerkesztjük meg. Az eljárást folytatva, ismét meghatározzuk újabb  $c = c_2$  értékhez tartozó integrálgörbének  $t_1$  érintővel való  $P_2$  metszéspontját és a







Az így kapott érintőnek az abszcisszatengellyel képezett szöge, a  $P_0$  pontbeli  $t_0$  érintőnek a rádiuszvektorral bezárt  $\varepsilon$  szögét adja. A szerkesztést  $c$  különböző értékeire elvégezve, a kapott  $P_0, P_1, P_2, \dots$  pontok ismét a keresett megoldást, tehát az excenter-görbét adják (6. ábra). Ha a

$$\varrho^2 - 2r \cdot \frac{\varrho^2}{\sqrt{\varrho'^2 + \varrho^2}} = \Phi(\vartheta)$$

differenciálegyenletben  $r = 0$ , akkor

$$\varrho^2 = \Phi(\vartheta)$$

vagy

$$\Phi(\vartheta) = -2Ra \cos \alpha + R^2 + a^2 - r^2$$

helyettesítéssel

$$\varrho^2 = -2Ra \cos \alpha - r^2 + R^2 + a^2.$$

Az  $r = 0$  esetben tehát a kérdés differenciálegyenlet nélkül megoldható. Ebben az esetben az excenter profilgörbéjének egyenlete tehát

$$\varrho_{1,2} = \pm \sqrt{R^2 + a^2 - r^2 - 2Ra \cdot \cos \alpha}.$$

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk bemutatja a bütykös tárcsa profilgörbéje egyenletének meghatározását tetszőleges méretű görgő esetén. Két kitűzött feladatot old meg a szerző: *a)* excenterprofil egyenletéből a lengőkar mozgásegyenletének meghatározását, *b)* a lengőkar mozgásegyenletéből az excenterprofil egyenlet kiszámítását és ezzel az excentertest elkészítését.

# AZ IPARBAN HASZNÁLTOS EXCENTEREK EGYENLETÉNEK MEGHATÁROZÁSA ADOTT MÉRETŰ GÖRGŐ ESETÉN A PARALELGÖRBE EGYENLETÉNEK FELHASZNÁLÁSÁVAL

GREGA BÉLA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM V. MATEMATIKA TANSZÉK

[Beérkezett 1955. március 14-én]

Az excenterek textilipari alkalmazásánál a legtöbbször olyan esettel találkozunk, amikor a lengőkar végére szerelt  $r$  sugarú görgő kerületének futópontja érintkezik forgó excenter profiljával. Az alábbi fejtegetésben kimutatjuk, hogy ez az alkalmazási forma mindig visszavezethető a lengőkar végpontjának az excenter profilgömbjével (elméleti profillal) való pontszerű érintkezésű esetére. A pontszerű érintkezésre való visszavezetés azzal válik lehetségessé, hogy előállítjuk azon paralelgörbe egyenletét, amelynek az adott excenter profilgömbjétől mért távolsága mindenhol akkora, mint a lengőkar végére szerelt görgő sugara. Ha sikerül az adott görbétől ilyen  $r$  távolságra levő paralelgörbe egyenletét meghatározni, akkor erre nézve már csak pontszerű érintkezés esetével van dolgunk. A paralelgörbe egyenletének meghatározására vonatkozó számítást előbb derékszögű, majd polárrendszerben végezzük el.

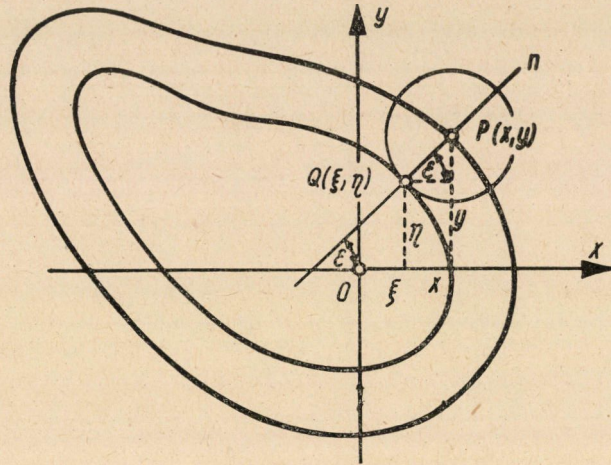
## a) Paralelgörbe egyenletének kiszámítása derékszögű koordináta-rendszerben

Helyezzük az excentert a rajz síkjába és legyen ennek forgáspontja  $O$ . Helyezzük a derékszögű koordináta-rendszer kezdőpontját az excenter forgáspontjába. Legyen az  $r$  sugarú görgőnek az excenter profiljával való pillanatnyi érintkezési pontja  $Q(\xi, \eta)$  és a görgő középpontja, tehát a paralelgörbe  $Q$ -nak megfelelő futópontja  $P(x, y)$  (1. ábra). Minthogy  $P(x, y)$  futópont az excenter  $Q(\xi, \eta)$  pontján áthaladó normálison fekszik, ezért

$$x - \xi = r \cdot \cos \varepsilon$$

$$y - \eta = r \cdot \sin \varepsilon.$$

Azonban  $\cos \varepsilon$  és  $\sin \varepsilon = \cos \left( \frac{\pi}{2} - \varepsilon \right)$  a normális iránycosinusait jelenti, amelyek az excentergörbe  $\eta = f(\xi)$  egyenletének felhasználásával kiszámít-

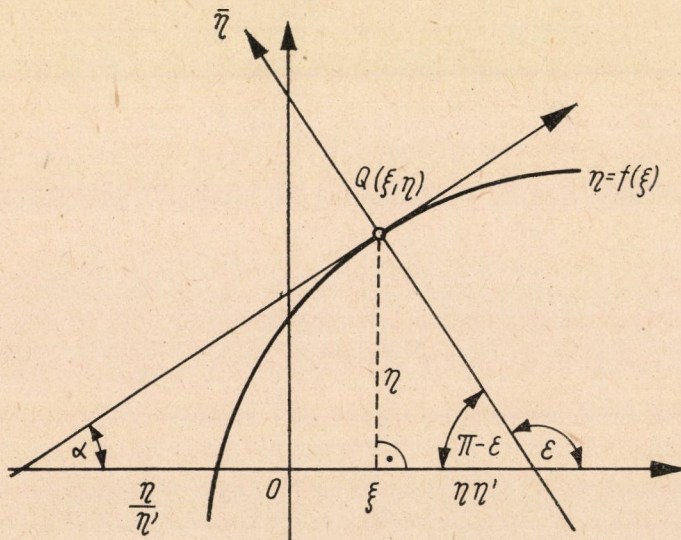


1. ábra

hatók (2. ábra). Ugyanis

$$\cos \varepsilon = -\cos(\pi - \varepsilon) = -\frac{\eta \cdot \eta'}{\sqrt{\eta^2 + \eta'^2} \sqrt{\eta'^2}} = -\frac{\eta \eta'}{\eta \sqrt{1 + \eta'^2}} = -\frac{\eta'}{\sqrt{1 + \eta'^2}}$$

$$\sin \varepsilon = \sin(\pi - \varepsilon) = \frac{\eta}{\sqrt{\eta^2 + \eta'^2}} = \frac{\eta}{\eta \sqrt{1 + \eta'^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \eta'^2}}$$



2. ábra

Az iránycosinusok felhasználásával

$$x - \xi = r \cdot \left( - \frac{f'(\xi)}{\sqrt{1 + f'(\xi)^2}} \right)$$

$$y - \eta = r \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + f'(\xi)^2}}$$

$$x = \xi - r \cdot \frac{f'(\xi)}{\sqrt{1 + f'(\xi)^2}}$$

$$y = \eta + r \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + f'(\xi)^2}}.$$

Ha az utóbbi két egyenletből álló egyenletrendszerből az adott alapgörbe koordinátáit és ennek differenciálhányadosát kiküszöböljük, akkor a paralelgörbe futópontjának  $x$  és  $y$  koordinátái között kapcsolatot kapunk és ez az  $F(x, y) = 0$  összefüggés adja a paralelgörbe keresett egyenletét.

Természetesen ez a kérdés meg is fordítható, vagyis ha ismerjük a paralelgörbe  $F(x, y) = 0$  alakú egyenletét, akkor a futókoordináták között felírt összefüggés segítségével az alapgörbe egyenlete meghatározható. Evégből az  $F(x, y) = 0$  egyenletből a paralelgörbe futókoordinátáit kell kifejeznünk, mint az alapgörbe megfelelő futókoordinátáinak függvényét. Az  $x$  és  $y$  futókoordináták kiküszöbölése után az

$$F \left( \xi - r \cdot \frac{\eta'}{\sqrt{1 + \eta'^2}}, \quad \eta + r \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \eta'^2}} \right) = 0$$

alakú differenciálegyenletre jutunk, melynek megoldása:  $\eta = f(\xi)$  adja az alapgörbe egyenletét.

### b) Paralelgörbe egyenletének meghatározása polárkoordináták felhasználásával

Tegyük fel ismét azt, hogy ismerjük az alapgörbe egyenletét, mégpedig  $\varrho = f(\theta)$  poláralakban. Fel akarjuk írni ehhez a megfelelő excenter paralelgörbe egyenletét polárrendszerben. Legyen a két görbe távolsága mindenhol most is  $r$  (3. ábra). Legyenek a rádiusz iránycosinusai:  $\lambda$  és  $\mu$ , akkor ezek segítségével a normális iránycosinusai is felírhatók. Ugyanis a normálisnak az  $x$



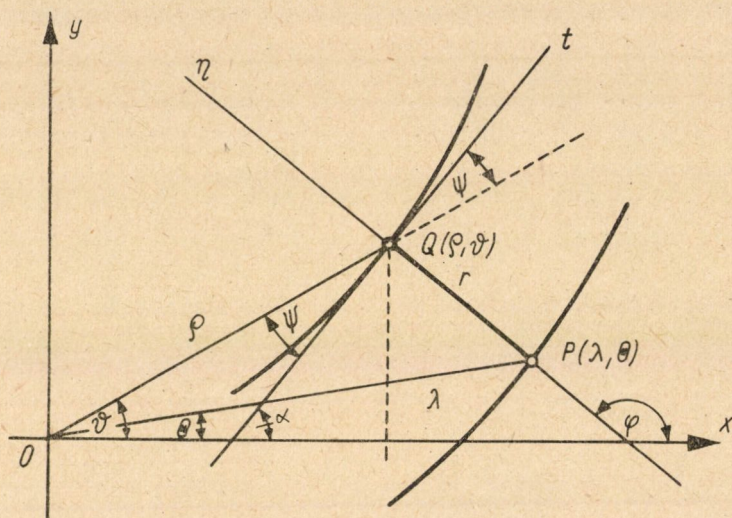
tengellyel bezárt szöge:

$$\varphi = \alpha + \frac{\pi}{2} = \vartheta + \psi + \frac{\pi}{2}$$

$$\cos \varphi = \cos \left( \vartheta + \psi + \frac{\pi}{2} \right) = -\sin (\vartheta + \psi)$$

$$\sin \varphi = \sin \left( \vartheta + \psi + \frac{\pi}{2} \right) = \cos (\vartheta + \psi),$$

Legyen az alapgörbe futópontja most is  $Q(\varrho, \vartheta)$  és mérjük fel az ehhez tartozó



3. ábra

normálisra  $r$  távolságot. Az így kapott  $P(\lambda, \theta)$  pont már a paralelgörbe pontja.  $OQP$  háromszögből

$$\lambda^2 = r^2 + \varrho^2 - 2r\varrho \cos \left( \psi + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\lambda^2 = r^2 + \varrho^2 + 2r\varrho \sin \psi.$$

Mivel az érintő és rádiusz szögének tangense

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\varrho(\vartheta)}{\varrho'(\vartheta)},$$



ezért

$$\begin{aligned} \sin \psi &= \sqrt{1 - \cos^2 \psi} = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \psi}} = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{\varrho(\vartheta)^2}{\varrho'(\vartheta)^2}}} = \\ &= \sqrt{1 - \frac{\varrho'(\vartheta)^2}{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}} = \frac{\varrho(\vartheta)}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}}. \end{aligned}$$

$\sin \psi$  értékének figyelembevételével

$$\lambda^2 = r^2 + \varrho(\vartheta)^2 + 2r\varrho(\vartheta) \cdot \frac{\varrho(\vartheta)}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}}.$$

Másrészt  $OQP$  háromszögből

$$\begin{aligned} \frac{\sin(\vartheta - \Theta)}{\sin\left(\psi + \frac{\pi}{2}\right)} &= \frac{r}{\lambda} \\ \frac{\sin(\vartheta - \Theta)}{\cos \psi} &= \frac{r}{\lambda}. \end{aligned}$$

Az utóbbi egyenletből

$$\sin(\vartheta - \Theta) = \frac{r}{\lambda} \cdot \cos \psi = \frac{r}{\lambda} \cdot \frac{\varrho'(\vartheta)}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}}.$$

Poláralakban előállítandó paralelgörbe egyenletének felírásához tehát a következő egyenletrendszert nyertük

$$\lambda^2 = r^2 + \varrho(\vartheta)^2 + 2r \cdot \frac{\varrho(\vartheta)^2}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}} \quad (1)$$

$$\sin(\vartheta - \Theta) = \frac{r}{\lambda} \cdot \frac{\varrho'(\vartheta)}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}}. \quad (2)$$

Az első egyenletből meghatározzuk  $\vartheta$ -át mint  $\lambda$  változó függvényét, vagyis előállítjuk a  $\vartheta = \vartheta(\lambda)$  kapcsolatot. Majd  $\vartheta = \vartheta(\lambda)$  értékét a második egyenletbe helyettesítve, kapjuk  $\lambda = F(\Theta)$  függvényt.  $\lambda = F(\Theta)$  azonban a paralelgörbe futópontjának koordinátái között fennálló összefüggés, tehát ez lesz a paralelgörbe keresett egyenlete poláralakban. Az első egyenletből ugyanis

$$\begin{aligned} \frac{r}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}} &= \frac{\lambda^2 - r^2 - \varrho(\vartheta)^2}{2\varrho(\vartheta)^2}, \\ \text{ezért} \quad \sin(\vartheta - \Theta) &= \frac{\varrho'(\vartheta)}{P} \cdot \frac{\lambda^2 - r^2 - \varrho(\vartheta)^2}{2 \cdot \varrho(\vartheta)^2}. \end{aligned}$$

Az utóbbi összefüggés pedig valóban

$$\Phi(\lambda, \Theta) = 0$$

implicit alakú függvény; ez lesz a paralelgörbe egyenlete poláralakban.

Példaként határozzuk meg a poláralakban adott  $\varrho = e^\vartheta$  egyenletű (logaritmikus spirális profilú) excenter paralelgörbéjének az egyenletét, ha  $r = 1$  cm. Mivel

$$\varrho' = e^\vartheta,$$

így

$$\lambda^2 = r^2 + \varrho(\vartheta)^2 + 2r \cdot \frac{\varrho(\vartheta)^2}{\sqrt{\varrho'(\vartheta)^2 + \varrho(\vartheta)^2}} = 1 + e^{2\vartheta} + 2 \cdot \frac{e^{2\vartheta}}{\sqrt{2 \cdot e^{2\vartheta}}} = 1 + e^{2\vartheta} + \sqrt{2} \cdot e^\vartheta.$$

Rendezve:

$$e^{2\vartheta} + \sqrt{2} \cdot e^\vartheta + 1 - \lambda^2 = 0,$$

így

$$e^\vartheta = \frac{-\sqrt{2} \pm \sqrt{4\lambda^2 - 2}}{2},$$

amiből

$$\vartheta = \ln \frac{-\sqrt{2} \pm \sqrt{4\lambda^2 - 2}}{2}.$$

A (2) egyenlet szerint

$$\sin \left[ \ln \frac{-\sqrt{2} \pm \sqrt{4\lambda^2 - 2}}{2} - \Theta \right] = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{e^\vartheta}{\sqrt{2 \cdot e^{2\vartheta}}}$$

$$\sin \left[ \ln \frac{-\sqrt{2} \pm \sqrt{4\lambda^2 - 2}}{2} - \Theta \right] = \frac{\sqrt{2}}{2\lambda}.$$

Tehát a paralelgörbe poláregyenlete:

$$\Theta = \ln \frac{-\sqrt{2} \pm \sqrt{4\lambda^2 - 2}}{2} - \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2\lambda}.$$

## IRODALOM

1. SZ. N. KOZSEVNYIKOV: „A mechanizmusok és gépek elmélete” 1952. VI. fejezet 118—180 o.
2. A. T. MALISEV, A. I. SZMIRNOV, P. A. VOROBJOV: A szövőgéptervezés alapjai.
3. RUDOLF BREPTA: Vackove mechanismy. Textil, 1954. VI.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat paralelgörbe egyenletének felhasználásával mutatja be adott méretű görgőről élben-fekvő lengőkar esetére való visszatérést. A paralelgörbe egyenlet meghatározását mind derékszögű, mind polárkoordináta-rendszerben tárgyalja.

# A MACAULAY-FÉLE ELJÁRÁS ALKALMAZÁSI KÖRÉNEK KITERJESZTÉSE\*

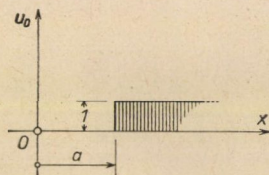
CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA  
AZ MTA ÉPÍTÉS- ÉS KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI MUNKAKÖZÖSSÉGE, BUDAPEST

[Beérkezett 1959. február 27-én]

Szerző egyik előző dolgozata a tartók tanából ismert Macaulay-féle eljárást [1, 2] általánosította [3]. Az eljárás ezen általánosítás révén alkalmassá vált állandó együtthatós, lineáris oly differenciálegyenletek megoldására, melyek külső tagja szakaszonként változó polinom.

A módszer ily általánosítása esetében is a számítás bevezető lépéseként a differenciálegyenlet külső tagját az értelmezési tartomány minden pontján



1. ábra. Az  $u_0(x-a)$  egységfüggvény

érvényes egységes képlettel kell kifejezni. Ezt a célt alkalmasan definiált egységfüggvények (impulzus-függvények) bevezetésével lehet elérni.

A dolgozat nulladrendű egységfüggvénynek (1. ábra) az

$$u_0(x-a) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 1, & x \geq a \end{cases}$$

függvényt nevezi, pozitív ( $j = 1, 2, \dots$ ) rendszámú egységfüggvényeken (2. ábra) a

$$u_j(x-a) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ (x-a)^j/j!, & x \geq a, \end{cases}$$

függvényeket, negatív ( $j = -1, -2, \dots$ ) rendszámú egységfüggvényeken pedig (3. ábra) az

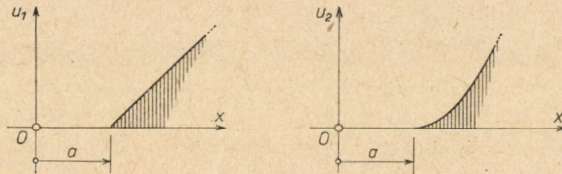
$$u_j(x-a) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{u_{j+1}(x-a) - u_{j+1}(x-a-\varepsilon)}{\varepsilon}$$

\* Kivonat az Acta Technica XXVIII/3—4 kötetében angol nyelven megjelent tanulmányból.



képlettel defineált függvényeket érti. Ezek a függvények azonosak a Laplace-féle transzformáción alapuló számító eljárás során használatos egységfüggvényekkel.

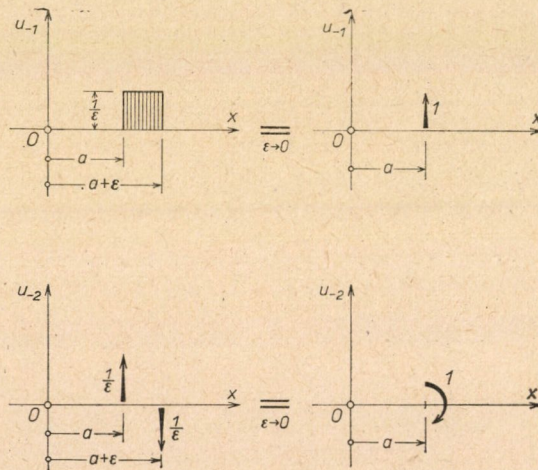
A dolgozat a javasolt eljárást szembeállítja a Laplace-féle transzformáción alapuló eljárással. Evégett bemutatja ugyanazon feladatoknak a Laplace-féle transzformáció segítségével való megoldását, azzal a megol-



2. ábra. Az  $u_1(x-a)$  és  $u_2(x-a)$  egységfüggvények

dással, amelyet [3] a Macaulay-féle eljárással kapott. Az összehasonlításból az derül ki, hogy legalábbis a tárgyalt feladatokhoz hasonló feladatok esetében a kétféle eljárás közül az általánosított Macaulay-féle eljárás az egyszerűbb.

Különösen kedvezően alakul az összehasonlítás a Macaulay-féle eljárás javára tiszta  $n$ -edrendű differenciálegyenletek esetében. Ilyenkor a Macaulay-



3. ábra. Az  $u_{-1}(x-a)$  és  $u_{-2}(x-a)$  egységfüggvények

féle eljárás a megoldást mindenféle közbenső számítás nélkül egyetlenegy lépésben adja meg, s ezzel elkerüli a Laplace-féle eljárás esetében elvégzendő közbenső számításokat: a Laplace-féle transzformációt és az transzformáció invertálását.



Alkalmazási példaként a dolgozat a 4. ábrán feltüntetett tartó lehajlásfüggvényének számítására hivatkozik. Ezt a feladatot a hajlítónyomatékok előzetes meghatározása nélkül oldja meg. Először a tartó terhelésfüggvényét írja fel. Utóbbi a tartó teljes hosszán érvényes alakban, az említett egységfüggvények segítségével így fejezhető ki:

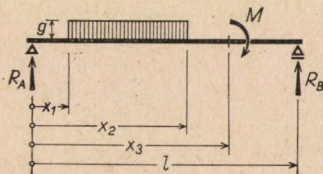
$$p(x) = R_A u_{-1}(x) - g u_0(x - x_1) + g u_0(x - x_2) + M u_{-2}(x - x_3).$$

Így az

$$E J y^{IV}(x) = p$$

összefüggés felhasználásával a tartó  $y = y(x)$  lehajlásfüggvényére az alábbi negyedrendű differenciálegyenlet írható:

$$E J y^{IV}(x) = R_A u_{-1}(x) - g u_0(x - x_1) + g u_0(x - x_2) + M u_{-2}(x - x_3).$$



4. ábra. Hajlításra igénybe vett tartó

A kerületi feltételek:

$$y(0) = y(l) = y''(0) = y''(l) = 0.$$

Az adott esetben — tiszta negyedrendű differenciálegyenletről lévén szó — a keresett megoldás négyzeri integrációval azonnal megadható:

$$E J y(x) = R_A u_3(x) - g u_4(x - x_1) + g u_4(x - x_2) + M u_2(x - x_3) + \\ + A_0 + A_1 \frac{x}{1!} + A_2 \frac{x^2}{2!} + A_3 \frac{x^3}{3!}.$$

Az  $A_0, A_1, A_2, A_3$  integrálási állandók a kerületi feltételekből határozandók meg.

#### IRODALOM

1. MACAULAY, W. H.: Note on the Deflection of Beams. *The Messenger of Mathematics* 48 (1919) pp. 129—130.
2. SOUTHWELL, R. V.: An Introduction to the Theory of Elasticity for Engineers and Physicist. 2. Ed. (1941), pp. 187—189. Oxford University Press.
3. CSONKA P.: A Macaulay-féle eljárás általánosítása. *Az MTA Műsz. Tud. Oszt. Közleményei* 24 (1959), pp. 65—66.





# A RUGALMAS KÖRHENGERHÉJ FESZÜLTSEGFÜGGVÉNYÉRŐL

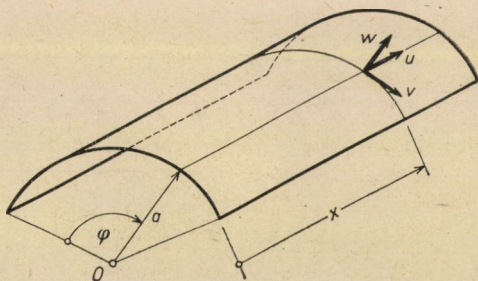
CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA  
AZ MTA ÉPÍTÉS- ÉS KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI MUNKAKÖZÖSSÉGE, BUDAPEST

[Beérkezett 1959. március 16-án]

A rugalmas körhengerháj (1. ábra) számítása [1] a feladat differenciálegyenletének bonyolult volta miatt rendkívül nehézkes. Ezért többen [2—4] megkísérelték a feladat differenciálegyenletét egyes kevésbé jelentős tagok mellőzésével egyszerűbbé, számítástechnikai szempontból könnyebben kezelhetővé tenni.

Többirányú kísérlet történt oly feszültségfüggvény előállítására is [5—6], melynek segítségével a háj elmozdulási-, alakváltozási- és feszültségi-állapo-



1. ábra. Körhengerháj

tának jellemzői közvetlenül számíthatók. Sajnos, az ez irányú próbálkozások nem vezettek kifogástalan, a feladat differenciálegyenleteivel összhangban álló eredményre, holott ellentmondásmentes megoldás volna kívánatos.

A körhengerháj-probléma feszültségfüggvényével szerző már 1949-ben, a Mérnöki Továbbképző Intézet tavaszi előadássorozatán foglalkozott [7], majd a feladat pontos megoldásának feszültségfüggvényét is megadta [8]. Jelen dolgozat e tanulmányok kiegészítéseként a gyakorlat szempontjából fontos, egyes közelítő megoldások feszültségfüggvényét közli. A szóban forgó függvények ismerete módot nyújt a gyakorlatban használatos közelítő eljárások képletanyagában mutatkozó ellentmondások kiküszöbölésére.

A tárgyalás csupán a peremeiken terhelt körhengerhájak esetét öleli fel, tehát csupán a feladat homogén differenciálegyenleteinek megoldásával fog-

lalkozik. Célja elsősorban a vasbetonépítészeti igényeinek kielégítése, ezért a héj anyagának keresztirányú kiterjedési tényezőjét  $\mu = 0$  értékkel veszi figyelembe. A betűjeleket illetően a FLÜGGE-féle [11] jelölésmóddhoz igazodik (1. ábra).

A gyakorlatban szokásos különféle közelítések közül itt csupán az alábbi három közelítéssel óhajtunk foglalkozni.

### 1. közelítés

Ha a héj hajlító ellenállását figyelmen kívül hagyjuk, s a héjfalban keletkező hártyaerőkre vagyunk csak tekintettel, a feladat differenciálegyenletei

$$\begin{aligned} u'' + \frac{u''}{2} + \frac{v'}{2} &= 0, \\ \frac{u'}{2} + \frac{v''}{2} + v'' + w' &= 0, \\ v' + w &= 0. \end{aligned}$$

Ilyenkor a feladat feszültségfüggvénye

$$F^{IV} = 0,$$

az elmozdulásfüggvények pedig:

$$\begin{aligned} u &= -F' \\ v &= F' + 2F'' \\ w &= -F'' - 2F''' \end{aligned}$$

A metszeterők értékei:

$$\begin{aligned} N_x &= -\frac{D}{a} F'' \\ N_\varphi &= 0 \\ N_{x\varphi} = N_{\varphi x} &= \frac{D}{a} F''' \end{aligned}$$

Ezen képletek, valamint a későbbiekben közlendő képletek helyes voltáról a differenciálegyenletekbe való behelyettesítés révén győződhetünk meg.

Meg kell jegyezni, hogy az imént tárgyalt közelítés a kerületi feltételeknek csak részleges teljesítését teszi lehetővé, s így csak egyes különleges esetekben használható.

## 2. közelítés

Ha a metszeterők képleteiből elhagyjuk mindazokat a tagokat, amelyek nem szerepelnek sem a síktáblára, sem a síklemezre, sem a membránhéjra vonatkozó képletekben, a feladat differenciálegyenletei így alakulnak:

$$u'' + \frac{u''}{2} + \frac{v'}{2} = 0,$$

$$\frac{u'}{2} + \frac{v''}{2} + v'' + w' = 0,$$

$$v' + w + k \Delta \Delta w = 0.$$

Itt a  $\Delta$  műveletjelet

$$\Delta f = f'' + f''$$

értelemben használjuk.

A fenti differenciálegyenletekhez rendelhető feszültségfüggvény differenciálegyenlete:

$$\Delta \Delta \Delta \Delta F + \frac{F''''}{k} = 0.$$

Ez esetben az elmozdulásfüggvények az

$$u = -\Delta \Delta F''$$

$$v = \Delta \Delta F'' + 2 \Delta \Delta F''$$

$$w = \frac{F''''}{k}$$

képletekkel, a metszeterők pedig az

$$N_x = -\frac{D}{a} \Delta \Delta F'' \quad M_x = DF''''$$

$$N_\varphi = -\frac{D}{a} \Delta \Delta F'' \quad M_\varphi = DF''''$$

$$N_{x\varphi} = N_{\varphi x} = \frac{D}{a} \Delta \Delta F'' \quad M_{x\varphi} = M_{\varphi x} = DF''''$$

képletekkel számíthatók.

## 3. közelítés

Ha a metszeterők képleteiből az  $u$  és  $v$  elmozdulás alkotók  $k$ -szoros értékeit tartalmazó tagokat elhagyjuk, a feladat differenciálegyenletei így alakulnak:

$$u^{||} + \frac{u''}{2} + \frac{v^{|}}{2} + k \left( \frac{w^{||}}{2} - w^{||} \right) = 0,$$

$$\frac{u^{|}}{2} + \frac{v^{||}}{2} + v'' + w' - \frac{3k}{2} w^{||} = 0,$$

$$v' + w + k(\Delta \Delta w + 2w'' + w) = 0.$$

Ilyenkor a feszültséggüggvény differenciálegyenlete

$$\begin{aligned} \Delta \Delta \Delta \Delta F + 4 F^{||||} + 6 F^{|||} + 2 F^{''} + \\ + \left( 1 + \frac{1}{k} \right) F^{|||} + 2 F^{||} + F'' = 0. \end{aligned}$$

Az elmozdulásfüggvények pedig:

$$\begin{aligned} u = - F^{||||} - 2 F^{|||} - F^{''} + \\ + 2 F^{||||} - 2 F^{||} - 3 F'' - \\ - \left( 1 - \frac{1}{k} \right) F'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v = 2 F^{||||} + 5 F^{|||} + 4 F^{||} + F'' + \\ + 4 F^{|||} + 8 F^{||} + 2 F'' + \\ + 2 \left( 1 - \frac{1}{k} \right) F'' + \left( 1 - \frac{1}{k} \right) F'' \end{aligned}$$

$$\dot{w} = \frac{1}{k} (2 F^{|||} + 2 F^{||} + F'').$$

A metszeterők számítására az alábbi képletek használhatók:

$$N_x = \frac{D}{a} (v^{|} - kw^{||}) \qquad M_x = Dk w^{||}$$

$$N_\varphi = \frac{D}{a} (v' + w + kw'' + kw) \qquad M_\varphi = Dk (w'' + w)$$

$$N_{x\varphi} = \frac{D}{a} \left( \frac{u}{2} + \frac{v^{|}}{2} - \frac{k}{2} w^{|} \right) \qquad M_{x\varphi} = Dk w^{|}$$

$$N_{\varphi x} = \frac{D}{a} \left( \frac{u'}{2} + \frac{v^{||}}{2} + \frac{k}{2} w^{|} \right) \qquad M_{\varphi x} = Dk w^{|}$$



Természetesen, az itt tárgyalt közelítő megoldások csak akkor helyettesíthetik a pontos megoldást, ha a közelítő képleteknek megfelelő metszeterők nem sokat térnek el a metszeterők pontos értékeitől.

## IRODALOM

1. DISCHINGER, F.: Die strenge Theorie der Kreiszyinderschale in ihrer Anwendung auf die Zeiss-Dywidag Schalen. *Beton und Eisen* 34 (1935), pp. 257—264, 283—294.
2. FINSTERWALDER, U.: Die Theorie der zylindrischen Schalengewölbe System Zeiss-Dywidag. *Abhandlungen der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau* 1 (1932), pp. 127—152.
3. FINSTERWALDER, U.: Die querversteiften zylindrischen Schalengewölbe mit kreissegmentförmigen Querschnitt. *Ingenieur-Archiv* 4 (1933), pp. 43—65.
4. SCHORER, H.: Line Load Action on Thin Cylindrical Shells, *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 101 (1936), 2, pp. 767—810.
5. AAS-JAKOBSEN, A.: Über das Randstörungsproblem an Kreiszyinderschalen. *Der Bauingenieur* 20 (1939), pp. 394—405.
6. EGGWERTZ, S.: Theory of Elasticity for Thin Circular Cylindrical Shells. *Transactions of the Royal Institute of Technologie*. Stockholm (1947), No 9.
7. CSONKA, P.: A rugalmas körhengerháj differenciálegyenletének közelítő megoldásai. Könyvomat. 1949.
8. CSONKA, P.: Adalékok a rugalmas körhengerháj elméletéhez. *Az MTA Műsz. Oszt. Közleményei* 8 (1953), pp. 527—534.
9. MOE, J.: On the Theory of Cylindrical Shells. Explicit Solution of the Characteristic Equation and Discussion of the Accuracy of Various Theories. *Publications of the International Association for Bridge and Structural Engineering* 13 (1953), pp. 283—296.
10. GIRKMANN, K.: Flächentragwerke. Einführung in die Elastostatik der Scheiben, Platten, Schalen und Faltwerke. 3. Aufl. Springer-Verlag, Wien, 1954.
11. FLÜGGE, W.: Statik und Dynamik der Schalen. 2. Aufl. Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg 1957.
12. RÜDIGER, D.—URBAN, J.: Kreiszyinderschalen. Ein Tabellenwerk zur Berechnung kreiszyindrischer Schalenkonstruktionen beliebiger Abmessungen. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft. Leipzig, 1955.
13. GRÜNIG, G.: Die Berechnung von Kreiszyinderschalen ohne Benutzung von Randwertafeln. *Bauplanung-Bautechnik* 11 (1957), pp. 297—300, 330, 347—352.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A körhengerháj FLÜGGE-féle differenciálegyenletei helyett a mérnöki gyakorlat különféle közelítő differenciálegyenletekkel dolgozik.

A jelen tanulmány a gyakorlatban használatos egyes ilyen közelítő egyenletrendszerekkel foglalkozik. Kimutatja, hogy e közelítő egyenletrendszerekhez lehet olyan feszültségfüggvényt előállítani, melyből a háj elmozdulási, alakváltozási és feszültségi jellemzői egyszerű differenciálműveletekkel közvetlenül lezámaztathatók. Ezáltal elérhetővé válik, hogy a hájra vonatkozó képletanyag képletei egymással és a feladat egyszerűsített differenciálegyenleteivel tökéletes összhangban legyenek.

A dolgozat nem tér ki annak vizsgálatára, hogy a tárgyalt közelítő megoldások szolgáltatta metszeterők mennyiben térnek el a pontos megoldásnak megfelelő metszeterőktől. Ezt a kérdést szerző egy későbbi dolgozatban óhajtja tisztázni.



# ADALÉK A LENGÉSEKKEL KAPCSOLATOS SZÁMÍTÁSOK EGYSZERŰSÍTÉSÉRE

BALOGH ARTHUR  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1959. március 27-én]

A lengések elméleti eredményeinek kidolgozása a legtöbb esetben meg-  
lehető matematikai felkészültséget kíván és amellet különös tekintettel kell  
lenni a közbenső eredmények ellenőrzési lehetőségére is, amellyel biztosítani  
lehet az egész elméleti levezetés helyes menetét. Ugyanez a megállapítás  
vonatkozik a numerikus példák kidolgozására is. A helyes számítás menetének  
vezetésénél már észrevehetjük azokat a közbenső eltéréseket, amelyek a  
számítási hibák forrásait jelölhetik ki.

Gyakran találkozunk a lengések körébe tartozó elméleti és gyakorlati  
számításoknál a különbségek szorzatával, amelyeknek kifejtése és rendezése  
tetemes munkát igényel. Fokozza még a nehézségeket az is, hogy ugyane  
számításokkal hosszú kifejezéseket szolgáltató determinánsok jelentkeznek.  
Minden lehetőséget fel kell tehát használni a számítások egyszerűsítésére,  
amely a különbségek szorzatánál megfelelő jelölések bevezetésével sikerül  
is, sőt közbenső számítások eredményeinek helyességét ellenőrizhetjük, ami  
minden gyakorlati számításnál nélkülözhetetlen.

E tanulmányban a különbségek szorzatának egyszerűsítési eljárását és  
ennek alkalmazását néhány lengéstani problémán fogjuk bemutatni.

A különbségek szorzatának egyik alakja, amelyet a későbbiekben  
gyakorlati példákon is bemutatunk, a következő:

$$\left(\sum_{i=1}^i a_{1i} - h\right) \cdot \left(\sum_{j=2}^j a_{2j} - h\right) \cdot \left(\sum_{k=3}^k a_{3k} - h\right) \cdot \left(\sum_{l=4}^l a_{4l} - h\right) \cdot \left(\sum_{m=5}^m a_{5m} - h\right) \dots \quad (1)$$

1. kifejezés tényezőire néhány példát mutatunk be.

*Példa :*

$$\sum_{i=1}^2 a_{1i} = a_{11} + a_{12}$$

$$\sum_{i=1}^4 a_{1i} = a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{14}$$

$$\sum_{j=2}^4 a_{2j} = a_{22} + a_{23} + a_{24}$$

$$\sum_{k=3}^6 a_{3k} = a_{33} + a_{34} + a_{35} + a_{36}$$

Feladatul azt tűztük ki, hogy az ilyen szorzatok kiszámítása és  $h$  hatványai szerint való rendezése megfelelő jelölések bevezetésével egyszerűsíthető legyen, illetve adott esetben az eredményt azonnal felírhatjuk. Az  $a$  értékek tetszőleges adott számok.

Újszerű jelölés bevezetéséről lévén szó, célszerűnek véljük, hogy annak használatát példán mutassuk be és azután térjünk át a feladat általánosítására. E célból a számítás menetét 5 tényező esetére fogjuk ismertetni, amely-nél  $i = 1, j = 2, k = 3, l = 4, m = 5$ . A kifejezés alakja:

$$(a_{11} - h) \cdot (a_{22} - h) \cdot (a_{33} - h) \cdot (a_{44} - h) \cdot (a_{55} - h) \quad (2)$$

Végezzük el a beszorzást és ha az eredményt  $h$  hatványai szerint rendezzük, a következő kifejezést kapjuk:\*

$$\begin{aligned} & - h^5 + [a_{11} + a_{22} + a_{33} + a_{44} + a_{55}] h^4 - \\ & - [a_{11} (a_{22} + a_{33} + a_{44} + a_{55}) + a_{22} (a_{33} + a_{44} + a_{55}) + a_{33} (a_{44} + a_{55}) + \\ & + a_{44} a_{55}] h^3 + [a_{11} (a_{22} I a_{33} + a_{44} + a_{55} I + a_{33} I a_{44} + a_{55} I + a_{44} a_{55}) + \\ & + a_{22} (a_{33} I a_{44} + a_{55} I + a_{44} a_{55}) + a_{33} a_{44} a_{55}] h^2 - \\ & - [a_{11} (a_{22} I a_{33} ((a_{44} + a_{55})) + a_{44} a_{55} I + a_{33} a_{44} a_{55}) + \\ & + a_{22} a_{33} a_{44} a_{55}] h + a_{11} a_{22} a_{33} a_{44} a_{55} \end{aligned} \quad (3)$$

(3) kifejezésből a rendezett alak azonnal leolvasható. Azonfelül látható az is, hogy a zárójelekben levő kifejezések megismétlődnek, melyekre a következő jelöléseket vezetjük be:

$$\begin{aligned} a_{55} &= k_{55} \\ a_{55} + a_{44} &= k_{55} + a_{44} = k_{445} \\ a_{55} + a_{44} + a_{33} &= a_{33} + k_{445} = k_{33-5} \\ a_{55} + a_{44} + a_{33} + a_{22} &= a_{22} + k_{33-5} = k_{22-5} \\ a_{55} + a_{44} + a_{33} + a_{22} + a_{11} &= a_{11} + k_{22-5} = k_{11-5} \end{aligned} \quad (4)$$

A jelölések ugyancsak minden további magyarázat nélkül érthetők, úgyhogy ezeket behelyettesítve (3)-ba a következő eredményt kapjuk:

$$\begin{aligned} & - h^5 + k_{11-5} h^4 - [a_{11} k_{22-5} + a_{22} k_{33-5} + a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}] h^3 + \\ & + [a_{11} (a_{22} k_{33-5} + a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}) + (a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}) + a_{33} a_{44} k_{55}] h^2 - \\ & - [a_{11} (a_{22} I a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55} I + a_{33} a_{44} k_{55}) + a_{22} a_{33} a_{44} k_{55}] h + \\ & + a_{11} a_{22} a_{33} a_{44} k_{55} \end{aligned} \quad (5)$$

\* E módszer alkalmazását lásd a szerző: Torzióslengések önlengésszámainak megállapítása a karakterisztikus egyenlettel c. MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei XV. kötet 102. oldalán megjelent tanulmányában.

Ezzel a (2) alatti kifejezés már lényegesen megrövidült. Ha azonban (5) kifejezést figyelemmel kísérjük, ismétlődő kifejezéseket találunk a zárójeleken belül, amelyre nézve a következő jelöléseket vezetjük be:

$$\begin{aligned} A_{445} &= a_{44} k_{55} \\ A_{33-5} &= a_{33} k_{44-5} + a_{44} k_{55} = a_{33} k_{445} + A_{445} \\ A_{22-5} &= a_{22} k_{33-5} + a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55} = a_{22} k_{33-5} + A_{33-5} \end{aligned} \quad (6)$$

Helyettesítsük be az  $A$  különböző értékeit (5)-be, akkor:

$$\begin{aligned} & - h^5 + k_{11-5} h^4 - [a_{11} k_{22-5} + A_{22-5}] h^3 + [a_{11} A_{22-5} + a_{22} A_{33-5} + \\ & + a_{33} A_{445}] h^2 - [a_{11} (a_{22} A_{33-5} + a_{33} A_{445}) + a_{22} a_{33} A_{445}] h + \\ & + a_{11} a_{22} a_{33} A_{445} \end{aligned} \quad (7)$$

Ha figyelembe vesszük a zárójelekben jelentkező újabb ismétlődéseket és azokra is jelöléseket vezetünk be, akkor:

$$B_{22-5} = a_{22} A_{33-5} + a_{33} A_{445} = a_{22} A_{33-5} + B_{33-5}, \quad B_{33-5} = a_{33} A_{445} \quad (8)$$

és ezek behelyettesítésével a (2) alatti kifejezés végleges alakja:

$$\begin{aligned} & - h^5 + k_{11-5} h^4 - (a_{11} k_{22-5} + A_{22-5}) h^3 + (a_{11} A_{22-5} + B_{22-5}) h^2 - \\ & - (a_{11} B_{22-5} + a_{22} B_{33-5}) + a_{11} a_{22} B_{33-5} \end{aligned} \quad (9)$$

tehát a (2) alatti kifejezés kiszámítását visszavezettük a (9) alatti kifejezés megoldására, amelynek egyik változata egyenlet, tehát 0-val egyenlő. Előzetesen azonban ki kell számítani az adott  $a$  értékekhez (4) alapján a  $k$ -t, (6) alapján  $A$ -t és (8) alapján a  $B$  értékeket. Ezeket behelyettesítve (9) kifejezésbe, kapjuk a  $h$  különböző hatványaihoz tartozó együtthatókat.

Mint láttuk, 5 tényező esetén a  $k$ -n kívül még két nagybetűvel jelzett kifejezésre van szükség. A nagybetűkkel jelzett kifejezések száma hárommal kisebb mint a legmagasabb kitevő.

A következőkben a (2) alatti kifejezés általános alakját fogjuk felírni, amely célból a következő helyettesítést alkalmazzuk e kifejezésben:

$$\begin{aligned} a_{11} \text{ helyébe } & \Sigma a_{1i} \\ a_{22} \text{ helyébe } & \Sigma a_{2j} \\ a_{33} \text{ helyébe } & \Sigma a_{3k} \\ a_{44} \text{ helyébe } & \Sigma a_{4l} \\ a_{55} \text{ helyébe } & \Sigma a_{5m} \end{aligned}$$



ugyane helyettesítést használjuk a (4), (6), (8), (9) alatti kifejezéseknél. A  $\Sigma$ -jellel járó és az érvényesítésre jellemző adatokat áttekinthetőség kedvéért elhagytuk. A behelyettesítés utáni eredményeket az I. táblázatba foglaltuk és az egyes csoportokat ugyanazokkal a számokkal jelöltük, mint azt a (2) alatti kifejezés rendezésénél kaptuk. Megkülönböztetésül  $k$  helyébe  $K$ -t,  $A$  és  $B$  helyébe  $a$  és  $\beta$  betűket használtuk.

## 1. táblázat

$$\begin{aligned} K_{55} &= \Sigma a_{5m} \\ K_{445} &= \Sigma a_{4l} + K_{55} \\ K_{33-5} &= \Sigma a_{3k} + K_{445} \\ K_{22-5} &= \Sigma a_{2j} + K_{33-5} \\ K_{11-5} &= \Sigma a_{1i} + K_{22-5} \end{aligned} \quad 4a.$$

$$\begin{aligned} a_{445} &= \Sigma a_{4l} K_{55} \\ a_{33-5} &= \Sigma a_{3k} K_{445} + a_{445} \\ a_{22-5} &= \Sigma a_{2j} K_{33-5} + a_{33-5} \end{aligned} \quad 6a.$$

$$\begin{aligned} \beta_{33-5} &= \Sigma a_{3k} a_{445} \\ \beta_{22-5} &= \Sigma a_{2j} a_{33-5} + \beta_{33-5} \end{aligned} \quad 8a.$$

$$\begin{aligned} -h^5 + K_{11-5} h^4 - (\Sigma a_{1i} \cdot K_{22-5} + a_{33-5}) h^3 + \\ + (\Sigma a_{1i} \cdot a_{22-5} + \beta_{22-5}) h^2 - (\Sigma a_{1i} \cdot \beta_{22-5} + \Sigma a_{2j} \cdot \beta_{33-5}) h + \Sigma a_{1i} \cdot \Sigma a_{2j} \beta_{33-5} = 0 \end{aligned} \quad 9a.$$

(2) alatti kifejezést, amely öt tényezőre szőtt, kiterjesztjük  $n$  tényezőre, a következőképpen:

$$[a_{11} - h] [a_{22} - h] [a_{33} - h] \dots [a_{kk} - h] \dots [a_{n-1, n-1} - h] [a_{nn} - h]. \quad (10)$$

Ha a beszorzást elvégezzük és  $h$  hatványai szerint rendezünk, az eddig használt jelöléseket felhasználva:

$$\begin{aligned} (-1)^n h^n + (-1)^{n-1} k_{11-n} h^{n-1} + (-1)^{n-2} [a_{11} k_{22-n} + A_{22-n}] h^{n-2} + \\ + (-1)^{n-3} [a_{11} A_{22-n} + B_{22-n}] h^{n-3} + (-1)^{n-4} [a_{11} B_{22-n} + C_{22-n}] h^{n-4} \quad (10a) \\ + (-1)^{n-(n-1)} [a_{11} N_{22-n} + a_{22} N_{33-n}] h^{n-(n-1)} + (-1)^n a_{11} a_{22} N_{33-n} h^0, \end{aligned}$$

ahol:

$$\begin{aligned} a_{nn} &= k_{nn} \\ a_{n-1, n-1} + k_{nn} &= k_{n-1, n-1, n} \end{aligned} \quad (11)$$

$$a_{n-2, n-2} + k_{n-1, n-1, n} = k_{n-2, n-2, -n}$$

$$a_{22} + k_{33-n} = k_{22-n}$$

$$a_{11} + k_{22-n} = k_{11-n}$$

továbbá:

$$\begin{aligned} a_{n-1, n-1} \cdot k_{nn} &= A_{n-1, n-1, n} \\ a_{n-2, n-2} \cdot k_{n-1, n-1, n} + A_{n-1, n-1, n} &= A_{n-2, n-2, -n} \end{aligned} \quad (12)$$

$$a_{22} k_{33-n} + A_{33-n} = A_{22-n}.$$

Hasonlóan:

$$\begin{aligned}
 a_{n-2,n-2} \cdot A_{n-1,n-1,n} &= B_{n-2,n-2,-n} \\
 a_{n-3,n-3} \cdot A_{n-2,n-2,-n} &= B_{n-2,n-2,-n} = B_{n-3,n-3,-n} \quad (13) \\
 \text{-----} \\
 a_{22} \cdot A_{33-n} + B_{33-n} &= B_{22-n}.
 \end{aligned}$$

A többi jelölések hasonló szerkezetűek és így azok részletezése elmaradhat.

Amint (2) esetére is felírtuk az általános esetet, amelynél a tényezőn belül levő különbségeknél a tagok számát tetszőlegesen választhatjuk, ugyanezt elvégezhetjük teljesen hasonlóan a (10) kifejezésre is. A lengéstechnikában, amelyre az eddigi eredményeket kiterjeszteni és alkalmazni kívánjuk, csak oly esetekkel találkozunk, amelyeknél a tényezőkön belül legfeljebb két tag jelentkezik — mint azt a következő példákban látni fogjuk — és így feleslegesen nehézkessé tennők ezzel az általánosítással a felhasznált képleteket, aminek mellőzése ajánlatos. Egyébként is láttuk az előző esetben, hogy az általánosítás egyszerű eszközökkel hajtható végre, de mert a gyakorlat részéről erre szükség nincs, az elkövetkezendő példákban is eltekintünk az általánosítás bevezetésétől.

### Gyakorlati alkalmazások

Az eddigi anyag alkalmazását és felhasználását a lengéstechnika néhány problémájára példákban fogjuk bemutatni, megjegyezvén, hogy a lehetőségeket távolról sem merítettük ki.

*Példa:* „Torzióslengés önlengésszámainak számítása a karakterisztikus egyenlettel” c. az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei XV. kötet 1–4. sz. megjelent dolgozatomban egy 5 tömegből álló rendszer torzióslengésének önlengésszámait a következő egyenletből számítottuk ki:

$$w^8 - 9,787 \cdot 10^6 \cdot w^6 + 29,31 \cdot 10^8 \cdot w^4 - 28,87 \cdot 10^{12} \cdot w^2 + 7,94 \cdot 10^{16} = 0,$$

ahol  $w$  a lengés körfrekvenciája. Ennek az egyenletnek — mint ismeretes — csak valós gyökei lehetnek. Ezek a következők:

$$w_1^2 = x_1 = 50\,500, \quad w_2^2 = x_2 = 30\,200, \quad w_3^2 = x_3 = 11\,000, \quad w_4^2 = x_4 = 4600.$$

A gyökök felhasználásával ellenőrizzük az együtthatók számértékeinek helyességét.

Negyedfokú egyenletről van szó, amelynek a gyöktényezőkből álló szorzata a következő:

$$(x - x_1) \cdot (x - x_2) \cdot (x - x_3) \cdot (x - x_4) = 0. \quad (14)$$

amely különbségek szorzata. Az előzőkben használt jelölésekkel:

$$x_1 = a_{11}, \quad x_2 = a_{22}, \quad x_3 = a_{33}, \quad x_4 = a_{44}$$

azonnal felírhatjuk, a fentiek alapján, azt a negyedfokú egyenletet, amelyben már kizárólag a gyökök szerepelnek:

$$x^4 - k_{11-4} x^3 + (x_1 k_{22-4} + x_2 k_{334} + x_3 k_{44}) x^2 - \quad (15)$$

$$- [x_1 (x_2 k_{334} + x_3 k_{44}) + x_2 x_3 k_{44}] x + x_1 x_2 x_3 x_4 = 0,$$

ahol

$$x_4 = k_{44}, \quad x_3 + k_{44} = k_{334}, \quad x_2 + k_{334} = k_{23-4},$$

$$x_1 + k_{23-4} = k_{11-4}.$$

Behelyettesítve a numerikus értékeket:

$$w^6 \text{ együtthatója : } x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = k_{11-4} = 9,63 \cdot 10^4$$

$$w^4 \text{ együtthatója : } x_1 k_{22-4} + x_2 k_{334} + x_3 k_{44} = 28,245 \cdot 10^8$$

$$w^2 \text{ együtthatója : } x_1 (x_2 k_{334} + x_3 k_{44}) + x_2 x_3 k_{44} = 27,64 \cdot 10^{12}$$

$$w^0 \text{ együtthatója : } x_1 x_2 x_3 x_4 = 7,64 \cdot 10^{16}.$$

Ezzel az egyenlet összes együtthatóit a gyökök felhasználásával ellenőriztük, ill. kiszámítottuk és ezzel az eredeti egyenlet megoldásával kapcsolatos minden számítás helyességét követhettük. Az eltérések minden további nélkül megengedhetők.

*Példa* : Egy 8 tömegből álló rendszer torzióslengés önlengésszámainak kiszámítására a következő egyenlet szolgál:

$$w^{14} - 540 \cdot 10^4 \cdot w^{12} + 108\,279 \cdot 10^8 \cdot w^{10} - 9\,959\,325 \cdot 10^{12} \cdot w^8 +$$

$$+ 417\,602\,600 \cdot 10^{16} \cdot w^6 - 6\,930\,243\,750 \cdot 10^{20} \cdot w^4 +$$

$$+ 34\,007\,250\,000 \cdot 10^{24} \cdot w^2 - 42\,570\,000\,000 \cdot 10^{28} = 0.$$

Az egyenlet gyökei:

$$w_1^2 = x_1 = 1,92 \cdot 10^6, \quad w_2^2 = x_2 = 1,52 \cdot 10^6, \quad w_3^2 = x_3 = 1,1 \cdot 10^6, \quad w_4^2 = x_4 =$$

$$= 0,56 \cdot 10^6, \quad w_5^2 = x_5 = 0,24 \cdot 10^6, \quad w_6^2 = x_6 = 0,05 \cdot 10^4, \quad w_7^2 = x_7 = 0,02 \cdot 10^6.$$

Ellenőrizzük a gyökök felhasználásával az együtthatók számértékeinek helyességét.

Hetedfokú egyenletnek megfelelő gyöktényezőkől álló szorzata a következő:

$$x - x_1) \cdot (x - x_2) \dots (x - x_7) = 0, \quad (16)$$

amely különbségek szorzata. Az előzőekben használt jelölésekkel:

$$a_{11} = x_1, a_{22} = x_2, a_{33} = x_3, \dots a_{77} = x_7$$

és ezek után azonnal felírhatjuk azt a hetedfokú egyenletet, amelyben már kizárólag az egyenlet gyökei vannak:

$$\begin{aligned} x^7 - k_{11-7} \cdot x^6 + (x_1 \cdot k_{22-7} + A_{22-7}) x^5 - (x_1 \cdot A_{22-7} + B_{22-7}) x^4 + \\ + (x_1 \cdot B_{22-7} + C_{22-7}) x^3 - (x_1 \cdot C_{22-7} + D_{22-7}) x^2 + \\ + (x_1 \cdot D_{22-7} + x_2 \cdot D_{33-7}) x - x_1 \cdot x_2 \cdot D_{33-7} = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Ebben az egyenletben előfordulnak a  $k$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  értékek, amelyeket az előzők alapján a következőkben ki fogunk számítani.

$$k_{77} = x_7 = 0,02 \cdot 10^6$$

$$k_{667} = x_6 + k_{77} = (0,05 + 0,02) 10^6 = 0,07 \cdot 10^6$$

$$k_{55-7} = x_5 + k_{667} = (0,24 + 0,07) 10^6 = 0,31 \cdot 10^6$$

$$k_{44-7} = x_4 + k_{55-7} = (0,56 + 0,31) 10^6 = 0,87 \cdot 10^6$$

$$k_{33-7} = x_3 + k_{44-7} = (1,1 + 0,87) 10^6 = 1,97 \cdot 10^6$$

$$k_{22-7} = x_2 + k_{33-7} = (1,52 + 1,97) 10^6 = 3,49 \cdot 10^6$$

$$k_{11-7} = x_1 + k_{22-7} = (1,92 + 3,49) 10^6 = 5,41 \cdot 10^6$$

-----

$$A_{667} = x_6 \cdot k_{77} = 0,05 \cdot 0,02 \cdot 10^{12} = 0,001 \cdot 10^{12}$$

$$A_{55-7} = x_5 \cdot k_{667} + A_{667} = 0,24 \cdot 0,07 + 0,001 = 0,0178 \cdot 10^{12}$$

$$A_{44-7} = x_4 \cdot k_{55-7} + A_{55-7} = 0,56 \cdot 0,31 + 0,0178 = 0,1914$$

$$A_{33-7} = x_3 \cdot k_{44-7} + A_{44-7} = 1,1 \cdot 0,87 + 0,191 = 1,148$$

$$A_{22-7} = x_2 \cdot k_{33-7} + A_{33-7} = 1,52 \cdot 1,97 + 1,148 = 4,142$$

-----

$$B_{55-7} = x_5 \cdot A_{66-7} = 0,24 \cdot 0,001 \cdot 10^{18} = 0,00024 \cdot 10^8$$

$$B_{44-7} = x_4 \cdot A_{55-7} + B_{55-7} = 0,56 \cdot 0,188 + 0,00024 = 0,10682$$

$$B_{33-7} = x_3 \cdot A_{44-7} + B_{44-7} = 1,1 \cdot 0,1914 + 0,10668 = 0,2223$$

$$B_{22-7} = x_2 \cdot A_{33-7} + B_{33-7} = 1,52 \cdot 1,148 + 0,2223 = 1,9688$$

-----

$$C_{44-7} = x_4 \cdot B_{55-7} = 0,56 \cdot 0,00024 = 0,0001344 \cdot 10^{24}$$

$$C_{33-7} = x_3 \cdot B_{44-7} + C_{44-7} = 1,1 \cdot 0,110688 + 0,0001344 = 0,01189$$

$$C_{22-7} = x_2 \cdot B_{33-7} + C_{33-7} = 1,52 \cdot 0,2223 + 0,01189 = 0,3498$$

-----

$$D_{33-7} = x_3 \cdot C_{44-7} = 1,1 \cdot 0,0001344 = 0,00014784 \cdot 10^{30}$$

$$D_{22-7} = x_2 \cdot C_{33-7} + D_{33-7} = 1,52 \cdot 0,01189 + 0,00014784 = 0,01822$$

Ezzel a jelzéseknek megfelelő értékeket mind kiszámítottuk. 10 hatványait az egyes csoportokban csak egy helyen írtuk ki, amivel az áttekinthetőséget növeltük. Ezekután áttérünk az együtthatók kiszámítására.

$$\begin{aligned}
 w^{12} \text{ együtthatója} &: k_{11-7} = 541 \cdot 10^4 \\
 w^{10} \text{ együtthatója} &: x_1 \cdot k_{22-7} + A_{22-7} = (1,92 \cdot 3,49 + 4,142) 10^{12} = \\
 &= 10,8428 \cdot 10^{12} = 108\,428 \cdot 10^8 \\
 w^8 \text{ együtthatója} &: x_1 \cdot A_{22-7} + B_{22-7} = (1,92 \cdot 4,142 + 1,9688) 10^{18} = \\
 &= 9,92144 \cdot 10^8 = 9\,921\,400 \cdot 10^{12} \\
 w^6 \text{ együtthatója} &: x_1 \cdot B_{22-7} + C_{22-7} = (1,92 \cdot 1,958 + 0,3498) 10^{24} = \\
 &= 4,129\,896 \cdot 10^{24} = 412\,989\,600 \cdot 10^{16} \\
 w^4 \text{ együtthatója} &: x_1 \cdot C_{22-7} + D_{22-7} = (1,92 \cdot 0,3498 + 0,01822) 10^{30} = \\
 &= 0,689\,836 \cdot 10^{10} \cdot 10^{20} = 6\,898\,360\,000 \cdot 10^{20} \\
 w^0 \text{ együtthatója} &: x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5 \cdot x_6 \cdot x_7 = x_1 x_2 \cdot D_{33-7} = \\
 &= (1,92 \cdot 1,52 \cdot 0,000\,147\,84) 10^{42} = \\
 &= 43\,133\,900\,000 \cdot 10^{28}.
 \end{aligned}$$

*Példa*: HOLZER: Die Berechnung der Drehschwingungen (Berlin, Springer, 1921) könyvének 122. oldalán a következő egyenletet találjuk kiszámított gyökeivel:

$$w^5 + 0,3 \cdot w^4 + 0,946667 \cdot w^3 + 0,184332 \cdot w^2 + 0,175838 \cdot w + 0,016667 = 0.$$

Az egyenlet kiszámított gyökei:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= -0,1 \\
 x_2 &= -0,05 + i \cdot 0,49749372 \\
 x_3 &= -0,05 - i \cdot 0,49749372 \\
 x_4 &= -0,05 + i \cdot 0,8149642 \\
 x_5 &= -0,05 - i \cdot 0,8149642
 \end{aligned}$$

Ebben az esetben a gyökök (konjugált) komplex számok és ezek felhasználásával számítsuk ki a  $w^4$  és  $w^3$  együtthatóit az eddigiek alkalmazásával.

$w^4$  együtthatója :

$$k_{11-5} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = -0,1 - 4 \cdot 0,05 = -0,3$$

$w^3$  együtthatója :

$$\begin{aligned}
 x_1 k_{22-5} + x_2 k_{345} + x_3 k_{445} + x_4 k_{45} \\
 k_{22-5} = x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &= 4 \cdot (-0,05) = -0,2 \\
 k_{34-5} = x_3 + x_4 + x_5 &= -3 \cdot 0,05 - i \cdot 0,49749372 \\
 k_{445} = x_4 + x_5 &= -2 \cdot 0,05 = -0,1 \\
 k_{45} &= -0,05 - i \cdot 0,8149642
 \end{aligned}$$



Az így kiszámított  $k$  értékeket helyettesítsük be:

$$\begin{aligned} & (-0,1) (-0,2) + (-0,05 + i \cdot 0,49749372) (-0,05 - i \cdot 0,49749372 - \\ & - 2 \cdot 0,05) + (-0,05 - i \cdot 0,49749372) (-2 \cdot 0,05) + (-0,05 + \\ & + i \cdot 0,8149642) (-0,05 - i \cdot 0,8149642) = 0,02 + 0,0025 + 0,24750 + \\ & + 0,01 + 0,0025 + 0,66416 = 0,94666 . \end{aligned}$$

Hasonlóan az eddigi ismeretek alapján kiszámíthatnók a többi együtthatót is, azonban ez már újat nem jelent.

*Példa* : A torzióslengéseknél, és idesorozhatók a kapcsolt lengések is, (amelyeknek alapegyenletei szerkezetileg egymással egyezőek) a 10 tömegből álló rendszer tekinthető határnak, amely a gyakorlatban még jelentős lehet. Ezen felüli esetek már ritkábban fordulnak elő. Eddig három numerikus példán mutattuk be a gyökegyenlet együtthatóinak kiszámítását, azonban összefoglalóan és az áttekinthetőség kedvéért még egy esetet ismertetünk, mégpedig a 10 tömegű rendszer esetére, amelynek karakterisztikus egyenlete 9-ed fokú és amelynek gyökeiből számítjuk ki az önlengésszámokat.

Jelöljük az ilyen egyenlet gyökeit:  $x_1 \dots x_9$ -el és az ezeknek megfelelő gyöktényező egyenlete a következő:

$$(x - x_1) (x - x_2) \dots (x - x_9) = 0$$

és ha e műveletet elvégezzük, a kifejezést  $x$  hatványai szerint rendezzük, a következő gyökegyenletet kapjuk, amelyben kizárólag a kiszámított gyökök fordulnak elő:

$$\begin{aligned} & x^9 - k_{11-9} x^8 + (x_1 k_{22-9} + A_{22-9}) x^7 - (x_1 A_{22-9} + B_{22-9}) x^6 + \\ & + (x_1 B_{22-9} + C_{22-9}) x^5 - (x_1 C_{22-9} + D_{22-9}) x^4 + (x_1 D_{22-9} + E_{22-9}) x^3 - \\ & - (x_1 E_{22-9} + F_{22-9}) x^2 + (x_1 F_{22-9} + x_2 F_{33-9}) x - x_1 x_2 F_{33-9} = 0. \quad (17a) \end{aligned}$$

Ebben az egyenletben már a kizárólag az algebrai egyenlet gyökei vannak és azokból az itt  $k, A \dots F$  jelölt értékek a következőképpen számíthatók ki:

$k_{99} = x_9$	$A_{889} = x_8 k_{99}$	$B_{77-9} = x_7 A_{889}$
$k_{889} = x_8 + k_{99}$	$A_{77-9} = x_7 k_{889} + A_{889}$	$B_{66-9} = x_6 A_{77-9} + B_{77-9}$
$k_{77-9} = x_7 + k_{889}$	$A_{66-9} = x_6 k_{77-9} + A_{77-9}$	$B_{55-9} = x_5 A_{66-9} + B_{66-9}$
$k_{66-9} = x_6 + k_{77-9}$	$A_{55-9} = x_5 k_{66-9} + A_{66-9}$	$B_{44-9} = x_4 A_{55-9} + B_{55-9}$
$k_{55-9} = x_5 + k_{66-9}$	$A_{44-9} = x_4 k_{55-9} + A_{55-9}$	$B_{33-9} = x_3 A_{44-9} + B_{44-9}$
$k_{44-9} = x_4 + k_{55-9}$	$A_{33-9} = x_3 k_{44-9} + A_{44-9}$	$B_{22-9} = x_2 A_{33-9} + B_{33-9}$
$k_{33-9} = x_3 + k_{44-9}$	$A_{22-9} = x_2 k_{33-9} + A_{33-9}$	
$k_{22-9} = x_2 + k_{33-9}$		$C_{66-9} = x_6 B_{77-9}$

$$\begin{aligned}
 k_{11-9} &= x_1 + k_{22-9} & C_{55-9} &= x_5 B_{66-9} + C_{66-9} \\
 D_{55-9} &= x_5 C_{66-9} & C_{44-9} &= x_4 B_{55-9} + C_{55-9} \\
 D_{44-9} &= x_4 C_{55-9} + D_{55-9} & C_{33-9} &= x_3 B_{44-9} + C_{44-9} \\
 D_{33-9} &= x_3 C_{44-9} + D_{44-9} & E_{44-9} &= x_4 D_{55-9} \\
 D_{22-9} &= x_2 C_{33-9} + D_{33-9} & E_{33-9} &= x_3 D_{44-9} + E_{44-9} \\
 & & E_{22-9} &= x_2 D_{33-9} + E_{33-9} \\
 & & F_{33-9} &= x_3 E_{44-9} \\
 & & F_{22-9} &= x_2 E_{33-9} + F_{33-9}
 \end{aligned}$$

*Példa* : Eddig a lengéstechnikában előforduló néhány típusú algebrai egyenlet együtthatóinak gyökeiből való kiszámítását és egyúttal azok ellenőrzését ismertettük. A továbbiakban a torziós, illetve kapcsolt lengések követésénél fogjuk módszerünk alkalmazását bemutatni. Míg egy tényezőn belül levő különbségekben az ismeretlen kívül egy, most két tag fog szerepelni. A számítás menetét a következő esetre vezetjük le:

$$\left( \sum_{i=1}^2 a_{1i} - h \right) \cdot \left( \sum_{j=2}^3 a_{2j} - h \right) \cdot \left( \sum_{k=3}^4 a_{3k} - h \right) \cdot \left( \sum_{l=4}^5 a_{4l} - h \right), \quad (18)$$

tehát kissé más alakban írva a következő kifejezésről lesz szó:

$$(h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{22} - a_{23}) \cdot (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}). \quad (19)$$

A továbbiakban a szummációs jelet elhagyjuk és egyszerűbb, a célnak inkább megfelelő következő jelölést fogjuk használni:

$$(h - k_{112}) \cdot (h - k_{223}) \cdot (h - k_{334}) \cdot (h - k_{445}), \quad (20)$$

ahol  $k_{112} = a_{11} + a_{12}$ ,  $k_{223} = a_{22} + a_{23}$ ,  $k_{334} = a_{33} + a_{34}$ ,  $k_{445} = a_{44} + a_{45}$ .

A beszorzás eredményét az eddigiek alapján azonnal fel is írhatjuk a következőképpen:

$$\begin{aligned}
 h^4 &- (k_{112} + k_{223} + k_{334} + k_{445}) h^3 + [k_{112} (k_{223} + k_{334} + k_{445}) + \\
 &+ k_{223} (k_{334} + k_{445}) + k_{334} k_{445}] h^2 - [k_{112} ((k_{223} (k_{334} + k_{445}) + k_{334} k_{445})) + \\
 &+ k_{223} k_{334} k_{445}] h + k_{112} k_{223} k_{334} k_{445}.
 \end{aligned} \quad (21)$$

Mint hogy az  $a$  értékek adottak, a  $k$  értékek is kiszámíthatók és ha a kifejezésnek egyenlet alakja van, gyökei kiszámíthatók.

A számítás eredményét a II. táblázatban találjuk, mégpedig  $h$  hatványai szerint csoportosítva. A (21) kifejezésben található  $k$  értékeket azokkal az alapértékű  $k$ -kal fejezzük ki, amelyek közvetlenül az  $a$  értékekkel vannak kapcsolatban. Már a II. táblázat első tételénél látható e számítás menete.

A II. táblázatba foglalt eredményeket két csoportba osztottuk és pedig az indexek szerint. Az egyik csoportban a tényezők indexei ugyanazon a helyen

legalább 1-el nőnek (pl.  $a_{23} a_{34}$ ). A másik csoportban az indexek egy, éspedig ugyanazon a helyen egyenlők (pl.  $a_{34} a_{44}$ ). Az utóbbiakat megkülönböztetésül egyszer aláhúztuk.

E két csoport anyagát fogjuk a következőkben tárgyalni.

A III. táblázatban megtaláljuk a II. táblázatban aláhúzott kifejezéseket és azokat rendeztük olyképpen, hogy az  $a_{12} a_{22}$ ,  $a_{23} a_{33}$  és  $a_{34} a_{44}$  tartalmazó tagokat külön vettük.

A II. táblázatban az ezek után fennmaradó, tehát nem aláhúzott kifejezések akként kaphatók, ha a (22) alatti és  $B_5$ -el jelölt determinánst kifejtjük. Megjegyezni kívánjuk, hogy a  $B_5$  determináns az 5 tömegeből álló torzióslengésnek megfelelő karakterisztikus determináns, csak  $h = w^2$ -ot kell behelyettesíteni, ahol  $w$  a lengés körfrekvenciája.\*

## II. táblázat

—  $h^3$

$$k_{112} + k_{223} + k_{334} + k_{445} = k_{11-5} = a_{11} + a_{12} + a_{22} + a_{23} + a_{33} + a_{34} + a_{44} + a_{45}$$

—  $h^2$

$$k_{112}(k_{223} + k_{334} + k_{445}) = a_{11} k_{22-5} + a_{12} k_{23-5} + a_{12} a_{22}$$

$$k_{223}(k_{334} + k_{445}) = a_{22} k_{33-5} + a_{23} k_{345} + a_{23} a_{33}$$

$$k_{334} + k_{445} = a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45} + a_{34} a_{44}$$

—  $h$

$$k_{112} [k_{223}(k_{334} + k_{445}) + k_{334} k_{445}] = a_{11}(a_{22} k_{33-5} + a_{23} k_{345} + a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{11}(a_{23} a_{33} + a_{34} a_{44}) + a_{12}(a_{23} k_{345} + a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{12}(a_{23} a_{33} + a_{34} a_{44}) + a_{12} a_{22} k_{33-5}$$

$$k_{223} k_{334} k_{445} = a_{22}(a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{23} a_{34} k_{45} + a_{22} a_{34} a_{44} + a_{23} a_{34} a_{44} + a_{23} a_{33} k_{445}$$

—  $h^0$

$$k_{112} k_{223} k_{334} k_{445} = a_{11} [a_{22}(a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{23} a_{34} k_{45}] + a_{12} a_{23} a_{34} k_{45} + a_{12} a_{22} (a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{11} a_{22} a_{34} a_{44} + a_{11} a_{23} a_{34} a_{44} + a_{11} a_{23} a_{33} k_{445} + a_{12} a_{22} a_{34} a_{44} + a_{12} a_{23} a_{34} a_{44} + a_{12} a_{23} a_{33} k_{445}$$

## III. táblázat

$$a_{12} a_{22} (h^2 - k_{33-5} h + (a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{34} a_{44}) = a_{12} a_{22} (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45})$$

$$a_{23} a_{33} (h^2 - (a_{11} + a_{12} + k_{445}) h + a_{11} k_{445} + a_{12} k_{445}) = a_{23} a_{33} (h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{44} - a_{45})$$

$$a_{34} a_{44} (h^2 - (a_{11} + a_{12} + a_{22} + a_{23}) h + a_{11} a_{22} + a_{11} a_{23} + a_{12} a_{23} + a_{12} a_{22}) - a_{12} a_{22} a_{34} a_{44} = a_{34} a_{44} (h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{22} - a_{23}) - a_{12} a_{22} a_{34} a_{44}$$

\*  $B_5$  determináns ily értelmű levezetése megtalálható: A torzióslengés determináns egyenletének alkalmazása az önlengésszámok kiszámítására c. dolgozatomban, amely az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményében XXV. kötet 1—4. száma 177. oldalán jelent meg.

Fejtsük ki a következő determinánst és  $h$  hatványai szerint rendezzük:

$$B_5 \cong \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{22} & 0 & 0 \\ 1 & h - a_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & h - a_{23} & a_{33} & 0 \\ 1 & 0 & h & h - a_{34} & a_{44} \\ 1 & 0 & h & h & h - a_{45} \end{vmatrix} = \quad (22)$$

$$\begin{aligned} &= h^4 - k_{11-5} h^3 + [a_{11} k_{22-5} + a_{12} k_{23-5} + a_{22} k_{33-5} + a_{23} k_{345} + a_{33} k_{445} + \\ &+ a_{34} k_{45} [h^2 - a_{11} (a_{22} k_{33-5} + a_{23} k_{345} + a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + \\ &+ a_{12} (a_{23} k_{345} + a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{22} (a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + \\ &+ a_{23} a_{34} k_{45}] h + a_{11} [a_{22} (a_{33} k_{445} + a_{34} k_{45}) + a_{23} a_{34} k_{45}] + a_{12} a_{23} a_{34} a_{45}, \end{aligned} \quad (23)$$

ahol

$$\begin{aligned} k_{45} &= a_{45}, \quad k_{445} = a_{44} + k_{45}, \quad k_{345} = a_{34} + k_{445}, \quad k_{33-5} = a_{33} + k_{345}, \\ k_{23-5} &= a_{23} + k_{33-5}, \quad k_{22-5} = a_{22} + k_{23-5}, \quad k_{12-5} = a_{12} + k_{22-5}, \\ k_{11-5} &= a_{11} + k_{12-5}. \end{aligned} \quad (24)$$

Ha bevezetjük a következő jelöléseket:

$$\begin{aligned} A_{345} &= a_{34} k_{45}, \quad A_{33-5} = a_{33} k_{445} + A_{345}, \quad A_{23-5} = a_{23} k_{345} + A_{33-5}, \\ A_{22-5} &= a_{22} k_{33-5} + A_{23-5}. \end{aligned} \quad (25)$$

akkor a kifejtés alakja lényegesen megrövidül.

Mint látható, a (23) alatti kifejezés — figyelembé véve a (24) alatti jelöléseket — teljesen egyezik a II. táblázatban alá nem húzott kifejezésekkel. Teljesség kedvéért alkalmaztuk még a (25) alatti jelöléseket, amivel az eredmény a (26) alatt megadott kifejezéssé alakul át. Ezzel az esetleges numerikus számítás egyszerűsítését kívántuk szolgálni.

$$\begin{aligned} &h^4 - k_{11-5} h^3 + (a_{11} k_{22-5} + a_{12} k_{23-5} + A_{22-5}) h^2 - \\ &- (a_{11} A_{22-5} + a_{12} A_{23-5} + a_{22} A_{33-5} + a_{23} A_{345}) h + \\ &+ a_{11} (a_{22} A_{33-5} + a_{23} A_{345}) + a_{12} a_{23} A_{345}. \end{aligned} \quad (26)$$

Kiindultunk a (19) alatti kifejezésből és azt találtuk, hogy az a III. táblázat eredményeiből és  $B_5$  determinánsból tevődik össze, tehát:

$$\begin{aligned} &(h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{22} - a_{23}) \cdot (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}) = \\ &= B_5 + a_{12} a_{22} (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}) + \\ &+ a_{23} a_{33} (h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}) + \\ &+ a_{34} a_{44} (h - a_{11} - a_{12}) \cdot (h - a_{23} - a_{33}) - a_{12} a_{22} a_{34} a_{44}. \end{aligned} \quad (27)$$



IV. táblázat

$$\begin{vmatrix} a_{11} + h & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} + h & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} + h & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} + h \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & 0 & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & 0 & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} a_{32} & a_{23} & a_{24} \\ a_{42} & a_{43} & 0 \end{vmatrix}}_{2a_{23}a_{24}a_{34}} + (a_{22} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{13} & a_{14} \\ a_{31} & 0 & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & 0 \end{vmatrix}}_{2a_{13}a_{14}a_{34}} + (a_{33} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{12} & a_{14} \\ a_{21} & 0 & a_{24} \\ a_{41} & a_{42} & 0 \end{vmatrix}}_{2a_{12}a_{14}a_{24}} + (a_{44} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 0 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 0 \end{vmatrix}}_{2a_{12}a_{13}a_{23}} +$$

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{a_{12}^2 a_{34}^2 + a_{13}^2 a_{24}^2 + a_{14}^2 a_{23}^2}_{-2a_{12}a_{14}a_{23}a_{34} - 2a_{12}a_{13}a_{24}a_{34} - 2a_{13}a_{14}a_{23}a_{24}} \\
 & + (a_{11} + h)(a_{22} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{34} \\ a_{43} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{34}^2 [h^2 + (a_{11} + a_{22})h + a_{11}a_{22}]} + (a_{11} + h)(a_{33} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{24} \\ a_{42} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{24}^2 [h^2 + (a_{11} + a_{33})h + a_{11}a_{33}]} + (a_{11} + h)(a_{44} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{23} \\ a_{32} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{23}^2 [h^2 + (a_{11} + a_{44})h + a_{11}a_{44}]} + (a_{22} + h)(a_{33} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{14} \\ a_{41} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{14}^2 [h^2 + (a_{22} + a_{33})h + a_{22}a_{33}]} + (a_{22} + h)(a_{44} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{13} \\ a_{31} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{13}^2 [h^2 + (a_{22} + a_{44})h + a_{22}a_{44}]} + (a_{33} + h)(a_{44} + h) \underbrace{\begin{vmatrix} 0 & a_{12} \\ a_{21} & 0 \end{vmatrix}}_{-a_{12}^2 [h^2 + (a_{33} + a_{44})h + a_{33}a_{44}]} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + (a_{11} + h)(a_{22} + h)(a_{33} + h)(a_{44} + h) \\
 & \hline
 & h^4 + k_{11-4} h^3 + (a_{11} k_{22-4} + a_{22} k_{334} + a_{33} k_{44}) h^2 + [a_{11}(a_{22} k_{334} + a_{33} k_{44}) + a_{22} a_{33} k_{44}] h + a_{11} a_{22} a_{33} k_{44}
 \end{aligned}$$







VI. táblázat

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} a_{11} + h & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} + h & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} + h & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} + h & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} + h \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 0 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 0 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 0 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{32} & 0 & a_{34} & a_{35} \\ a_{42} & a_{43} & 0 & a_{45} \\ a_{52} & a_{53} & a_{54} & 0 \end{vmatrix} + (a_{22} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{31} & 0 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{43} & 0 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h)(a_{22} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{34} & a_{35} \\ a_{43} & 0 & a_{45} \\ a_{53} & a_{54} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h)(a_{33} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{24} & a_{25} \\ a_{42} & 0 & a_{45} \\ a_{52} & a_{54} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h)(a_{22} + h)(a_{33} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{45} \\ a_{54} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h)(a_{22} + h)(a_{44} + h) \begin{vmatrix} 0 & a_{35} \\ a_{53} & 0 \end{vmatrix} + (a_{11} + h)(a_{22} + h)(a_{33} + h)(a_{44} + h)(a_{55} + h) = \\
 & = h^5 + k_{11-5} h^4 + (a_{11} k_{22-5} + a_{22} k_{33-5} + a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}) h^3 + \\
 & + [a_{11} (a_{22} k_{33-5} + a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}) + a_{22} (a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55}) + a_{32} a_{44} k_{55}] h^2 + \\
 & + [a_{11} (a_{22} (a_{33} k_{445} + a_{44} k_{55})) + a_{33} a_{44} k_{55} + a_{22} a_{33} a_{44} k_{55}] h + a_{11} a_{22} a_{33} a_{44} k_{55}
 \end{aligned}$$





Az ekként kapott eredményt még a következőképpen is levezethetjük:

$B_5$  determináns utolsó előtti sorát  $-1$ -el szorozva adjuk az utolsó sorhoz, akkor az következőképpen alakul:

$$\left| \begin{array}{cccccc} 1 & a_{12} & a_{22} & 0 & & 0 \\ 1 & h - a_{11} & 0 & 0 & & 0 \\ \hline 1 & 0 & h - a_{23} & a_{33} & & 0 \\ \hline 1 & 0 & h & h - a_{34} & & a_{44} \\ \hline 1 & 0 & 0 & a_{34} & h - a_{44} - a_{45} & \end{array} \right| = B_5. \quad (28)$$

Fejtsük ki e determinánst az utolsó oszlop szerint, akkor

$$B_5 = (h - u_{44} - a_{45}) B_4 - u_{34} u_{44} B_3^*$$

Hasonló módon kapjuk:

$$B_4 = (h - a_{33} - a_{34}) B_3 - u_{23} u_{33} B_2 \quad (29)$$

és

$$B_3 = (h - a_{22} - a_{23}) B_2 - a_{12} a_{22} \quad B_2 = h - a_{11} - a_{12}$$

E három kifejezésből küszöböljük ki  $B_4$ - és  $B_3$ -at, akkor

$$B_5 = [(h - a_{22} - a_{23}) \cdot (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}) - a_{23} a_{33} (h - a_{44} - a_{45}) - a_{34} a_{44} (h - a_{22} - a_{23})] B_2 - a_{12} a_{22} (h - a_{33} - a_{34}) \cdot (h - a_{44} - a_{45}) + a_{12} a_{22} a_{34} a_{44}. \quad (30)$$

És valóban a (30) alatti kifejezés egyezik a (27)-ével.

Ezek a tárgyalások 5 tömegre vonatkoznak. Teljesen hasonló a menet ettől eltérő tömegszámmal, de már ajánlatos jelölést bevezetni, éspedig

$$h - a_{n-1,n-1} - a_{n-1,n} = H_{n-1,n-1,n}. \quad (31)$$

Ezzel 5 tömeg esetére

\* E kifejezés általános alakját megtaláljuk a szerző: New Method for the calculation of the natural frequencies of torsional vibration c. dolgozatában, Acta Technica. XIX 1958, 312. oldalán.

$$B_5 = (H_{223} H_{334} H_{445} - a_{23} a_{33} H_{445} - a_{34} a_{44} H_{223}) B_2 - \\ - a_{12} a_{22} H_{334} H_{445} + a_{12} a_{22} a_{34} a_{44} \quad (32)$$

6 tömeg esetére:

$$B_6 = (H_{223} H_{334} H_{445} H_{556} - a_{23} a_{33} H_{445} H_{556} - a_{34} a_{44} H_{223} H_{556} - \\ - a_{45} a_{55} \cdot H_{223} H_{334} + a_{23} a_{33} a_{45} a_{55}) B_2 - \\ - a_{12} a_{22} (H_{334} H_{445} H_{556} - a_{34} a_{44} H_{556} - a_{45} a_{55} H_{334}). \quad (33)$$

Megjegyzendő, hogy  $B_2$  helyett  $B_3$ -at is választhatjuk, tehát pl.  $B_5$ -öt felírhatjuk mint  $B_3$  függvényét és i. t.

Ennek a számításnak akkor van jelentősége, ha  $B_n = 0$  és akkor pl.  $B_2$  kiszámítható. Végezzük el ezt 5 tömeg esetében.

Gyakorlati alkalmazásoknál e kifejezés egyszerűsíthető. Így motoroknál egyenlő tömegek és merevségi tényezők jelentkeznek és ha pl. 3 hengerű motornál két lendkerékkel (az egyik lehet generátor) a következő egyszerűsítés hajtható végre:

$$a_{33} = a_{34} = a_{44} = a_{45} = a \quad \text{és} \quad k_{223} = k_{445} = k.$$

Ezzel pedig: ( $h = w^2$  a lengés körfrekvenciája)

$$\{(w^2 - k_{223}) [(w^2 - k)^2 - a^2] - a_{23} a (w^2 - k)\} B_2 = a_{12} a_{22} [(w^2 - k)^2 - a^2]. \quad (34)$$

Számítsuk ki ebből  $B_2$ -t:

$$B_2 = \frac{a_{12} a_{22} [(w^2 - k)^2 - a^2]}{(w^2 - k_{223}) \{(w^2 - k)^2 - a^2 - a_{23} a (w^2 - k)\}}. \quad (35)$$

Ha a motor 4 hengerű egy lendkerékkel, akkor még

$$a = a_{23} = a_{33} \quad \text{és} \quad k_{223} = k.$$

Ezzel pedig

$$B_2 = a_{12} a \frac{(w^2 - k)^2 - a^2}{(w^2 - k) [(w^2 - k)^2 - 2a^2]}. \quad (36)$$

Ha a (35) és (36) kifejezések jobb oldala közel 0, akkor a 4 hengerű motor lengéstechnikailag helyettesíthető két tömegű rendszerrel, mert a többi tömeg befolyása már elhanyagolható. Természetesen változó  $h = w^2$  mellett.

$$B_2 = w^2 - a_{11} - a_{12} = 0 \quad (37)$$



a további számításhoz használandó egyenlet.

A (36) egyenletet még a következő alakban is írhatjuk fel:

$$B_2 = a_{12} \frac{a}{w^2 - k} \frac{1}{1 - \frac{1}{\left(\frac{w^2 - k}{a}\right)^2 - 1}}$$

Jelöljük:  $\frac{a}{w^2 - k} = q$

$$B_2 = a_{12} q \frac{1}{1 - \frac{1}{\left(\frac{1}{q}\right)^2 - 1}},$$

amivel a számítás lényegesen egyszerűsödik. Különböző  $w^2$  ill.  $q$ -hoz kiszámítjuk  $B_2$ -öt és ilyképpen meggyőződhetünk arról, hogy a rendszer kevesebb tömegszámú rendszerrel helyettesíthető-e, de úgy, hogy azért a torziós lengéstechnikai szempontok ne változzanak, a két rendszer e tekintetben egyenértékű legyen.

Ilyképpen az eddigiek felhasználásával megoldható most már az a feladat is, hogy adott géptípushoz tartozó tömegrendszer milyen kevesebb tömegszámú rendszerrel helyettesíthető, más szóval mily egyszerűbb esetre vezethető vissza, amely azonban torziós lengéstechnikai szempontból az eredetivel egyenértékű. Meg kell még jegyezni, hogy a kifejezések a gyakorlati eseteknek megfelelően — mint az az előző példán is látható volt —, egyenlő értékek bevezetésével lényegesen egyszerűbb alakot öltenek, amivel természetesen a számítások egyszerűsödése is jár.

*Példa:* A szekuláris egyenletnek a lengések egy csoportja követésénél fontos és az abban előforduló ismeretlen hatvány szerinti rendezésének lehetőségét kell megoldani. Ez alkalommal a 4 és 5 fokú szekuláris egyenlet kapcsolatát fogjuk ismertetni a különbségek szorzatával és felhasználjuk azt az anyagot, amelyet már eddig is alkalmaztunk.

A következőkben feltételezzük, hogy  $a_{ik} = a_{ki}$ .

A IV. táblázatban találjuk a negyedfokú szekuláris egyenletet és annak kifejtését a főátlóban található különbségek szerint. Ezek a különbségek tartalmazzák az ismeretlent. Azáltal, hogy a főátlóban levő különbségek szerint fejtjük ki a szekuláris egyenletet, amely egyébként determináns, 0 átlós determinánsok és a különbségek szorzata jelentkezik. Az egyes determinánsok kifejtését ugyane táblázatban találjuk és az eredményeket közvetlenül az aldeterminánsok alá írtuk.

Az V. táblázatban találjuk a végeredményt, amelyet akként kaptunk hogy jelöléseket vezettünk be. Ezeket a jelöléseket 5 csoportba osztottuk:

- I. *k csoport*, mely a különbségek szorzatának ismert jelöléseit tartalmazza,
- II. *V csoport*, amelynek rendszere és kapcsolata *a* értékekhez minden további magyarázat nélkül felismerhető,
- III. *U csoport*, amelynek szerkezete minden további nélkül felismerhető,
- IV. *W csoport*, amelynek szerkezete, tehát az indexek egymásutánja, könnyen felismerhető,
- V. *Z csoport*, amelynek szerkezete és az indexek kombinációja felismerhető és ezen célból *a* tényezők szorzatánál az indexeket egyesítettük.

Ezek a jelölések a következők:

$$\text{I. } \begin{cases} k_{44} = a_{44} \\ k_{334} = a_{33} + k_{44} \\ k_{22-4} = a_{22} + k_{334} \\ k_{11-4} = a_{11} + k_{22-4} \end{cases}$$

$$\text{II. } \begin{cases} V_{12-34} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{23}^2 + a_{24}^2 + a_{34}^2 \\ V_{11} = a_{23}^2 + a_{34}^2 + a_{34}^2 \\ V_{22} = a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{34}^2 \\ V_{33} = a_{12}^2 + a_{14}^2 + a_{24}^2 \\ V_{44} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{33}^2 \end{cases} \quad \text{ahol } V_{11} + V_{22} + V_{33} + V_{44} = 2 V_{12-34}$$

$$\text{III. } \begin{cases} U_{11} = 2a_{23} a_{24} a_{34}, & U_{22} = 2a_{13} a_{14} a_{34} \\ U_{33} = 2a_{12} a_{14} a_{24}, & U_{44} = 2a_{12} a_{13} a_{23} \end{cases}$$

$$\text{IV. } \begin{cases} W_{11} = a_{22} a_{34}^2 + a_{33} a_{24}^2 + a_{44} a_{23}^2 \\ W_{22} = a_{33} a_{14}^2 + a_{44} a_{13}^2 \\ W_{33} = a_{44} a_{12} \end{cases}$$

$$\text{V. } \begin{cases} a_{1234} = a_{12} a_{34}, & a_{1324} = a_{13} a_{24} \\ a_{1423} = a_{14} a_{23} \\ Z_{1234} = a_{1234}^2 + a_{1324}^2 + a_{1423}^2 - 2(a_{1234} a_{1324} + a_{1234} a_{1423} + \\ + a_{1324} a_{1423}) \end{cases}$$

V. táblázat

$$\begin{aligned} h^4 + k_{11-4} h^3 + (a_{11} k_{22-4} + a_{22} k_{334} + a_{33} k_{44} - V_{12-34}) h^2 + \\ + [U_{11} + U_{22} + U_{33} + U_{44} - (a_{11} V_{11} + a_{22} V_{22} + a_{33} V_{33} + a_{44} V_{44}) + \\ + a_{11} (a_{22} k_{334} + a_{33} k_{44}) + a_{22} a_{33} k_{44}] h + \\ + Z_{1234} + a_{11} (U_{11} - W_{11}) + a_{22} (U_{22} - W_{22}) + a_{33} (U_{33} - W_{33}) + a_{44} U_{44} + \\ + a_{11} a_{22} a_{33} k_{44} \end{aligned}$$

A VI. táblázatban találjuk az 5-öd fokú szekuláris egyenletet és annak kifejtését a determináns főátlójában levő értékek szerint. Minden aldetemináns alá írtuk annak kifejtését, továbbá a hozzátartozó különbségek szorzatának kiszámítását is.

A VII. táblázatban találjuk a végeredményt, amelynél ismét jelöléseket vettünk igénybe. A jelölések rendszere teljesen egyezik azzal, amelyet a 4-ed fokú szekuláris egyenletnél már ismertettünk, azzal a különbséggel, hogy az I. csoportban  $k$  értékei mellett az  $A$ -t is figyelembe vettük, továbbá a IV. csoportban  $W$ -vel megadott jelöléseket nem használtam. Ezen a determinánsok kifejtésénél az újszerű jelölések által megállapított módszerrel a számítást több csoportra osztottuk fel, amivel a kifejtett szekuláris egyenlet lényegesen meg lehetett rövidíteni. Az ezzel való megbarátkozás és elsajátítás előmozdítására — úgy véltem — helyesen járok el, ha a  $W$  csoportnak megfelelő jelölést az 5-öd fokú szekuláris egyenlet kifejtésénél nem használom és így a IV-gyel jelölt csoport hiányzik is.

Megjegyzés: A VI. táblázatban külön-külön csoportosítottuk 4-, 3-, 2-ed fokú detertminánsokat, a hozzá tartozó különbségek szorzatával. Ezek a determinánsok egymás alattvannak.

Jelölések a következők:

$$\text{I.} \quad \left\{ \begin{array}{l} k_{55} = a_{55} \\ k_{445} = a_{44} + k_{55} \\ k_{33-5} = a_{33} + k_{445} \\ k_{22-5} = a_{22} + k_{33-5} \\ k_{11-5} = a_{11} + k_{22-5} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} A_{445} = a_{44} k_{55} \\ A_{33-5} = a_{33} k_{445} + A_{445} \\ A_{22-5} = a_{22} k_{33-5} + A_{33-5} \end{array}$$

$$\text{II.} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{12-45} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{15}^2 + a_{23}^2 + a_{24}^2 + a_{25}^2 + a_{34}^2 + \\ \quad + a_{35}^2 + a_{45}^2 \\ V_{11} = a_{23}^2 + a_{24}^2 + a_{25}^2 + a_{34}^2 + a_{35}^2 + a_{45}^2 \\ V_{22} = a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{15}^2 + a_{34}^2 + a_{35}^2 + a_{45}^2 \\ V_{33} = a_{12}^2 + a_{14}^2 + a_{15}^2 + a_{24}^2 + a_{25}^2 + a_{45}^2 \\ V_{11} + V_{22} + V_{33} + V_{44} + V_{55} = 3V_{12-45} \\ V_{44} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{15}^2 + a_{23}^2 + a_{25}^2 + a_{35}^2 + \\ V_{55} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{23}^2 + a_{24}^2 + a_{34}^2 \\ V_{12} = a_{34}^2 + a_{35}^2 + a_{45}^2 \\ V_{13} = a_{24}^2 + a_{25}^2 + a_{45}^2 \\ V_{14} = a_{23}^2 + a_{25}^2 + a_{35}^2 \\ V_{15} = a_{23}^2 + a_{24}^2 + a_{34}^2 \\ V_{23} = a_{14}^2 + a_{15}^2 + a_{45}^2 \\ V_{24} = a_{13}^2 + a_{15}^2 + a_{35}^2 \\ V_{12} + V_{13} + V_{14} + V_{15} + V_{23} + V_{24} + V_{25} + V_{34} + V_{35} + \\ \quad + V_{45} = 3V_{12-45} \\ V_{25} = a_{13}^2 + a_{14}^2 + a_{34}^2 \\ V_{34} = a_{12}^2 + a_{15}^2 + a_{25}^2 \\ V_{35} = a_{12}^2 + a_{14}^2 + a_{24}^2 \\ V_{45} = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{23}^2 \end{array} \right.$$

III.

$$\begin{cases}
 U_{12} = 2a_{34} a_{35} a_{45} & U_{34} = 2a_{12} a_{15} a_{25} \\
 U_{13} = 2a_{24} a_{25} a_{45} & U_{35} = 2a_{12} a_{14} a_{24} \\
 U_{14} = 2a_{23} a_{25} a_{35} & U_{45} = 2a_{12} a_{13} a_{23} \\
 U_{15} = 2a_{23} a_{24} a_{34} \\
 U_{23} = 2a_{14} a_{15} a_{45} \\
 U_{24} = 2a_{13} a_{15} a_{35} \\
 U_{25} = 2a_{13} a_{14} a_{34} \\
 \\
 U_{12} + U_{13} + U_{14} + U_{15} + U_{23} + U_{24} + U_{25} + U_{34} + U_{35} + \\
 \quad + U_{45} = U_{12-45} \\
 U_{11} = U_{12} + U_{13} + U_{14} + U_{15} \\
 U_{22} = U_{12} + U_{23} + U_{24} + U_{25} \\
 U_{33} = U_{13} + U_{23} + U_{34} + U_{35} \\
 U_{44} = U_{14} + U_{24} + U_{34} + U_{45} \\
 U_{55} = U_{15} + U_{25} + U_{35} + U_{45} \\
 U_{11} + U_{22} + U_{33} + U_{44} + U_{55} = 2U_{12-45}
 \end{cases}$$

V.

$$\begin{cases}
 a_{23} a_{45} = a_{2345}, \quad a_{12} a_{45} = a_{1245}, \quad a_{12} a_{35} = a_{1235}, \\
 a_{12} a_{34} = a_{1234} \text{ sit.} \\
 Z_{2345} = (a_{2345}^2 + a_{2435}^2 + a_{2534}^2) - 2(a_{2345} a_{2534} + a_{2345} a_{2435} + \\
 \quad + a_{2435} a_{2534}) \\
 Z_{1345} = (a_{1345}^2 + a_{1435}^2 + a_{1534}^2) - 2(a_{1345} a_{1435} + a_{1345} a_{1534} + \\
 \quad + a_{1435} a_{1534}) \\
 Z_{1245} = (a_{1245}^2 + a_{1425}^2 + a_{1524}^2) - 2(a_{1245} a_{1425} + a_{1245} a_{1524} + \\
 \quad + a_{1425} a_{1524}) \\
 Z_{1235} = (a_{1235}^2 + a_{1325}^2 + a_{1523}^2) - 2(a_{1235} a_{1325} + a_{1235} a_{1523} + \\
 \quad + a_{1325} a_{1523}) \\
 Z_{1234} = (a_{1234}^2 + a_{1324}^2 + a_{1423}^2) - 2(a_{1234} a_{1324} + a_{1234} a_{1423} + \\
 \quad + a_{1324} a_{1423})
 \end{cases}$$

VII. táblázat

$$\begin{aligned}
 & h^5 + k_{11-5} h^4 + (a_{11} k_{22-5} + A_{22-5} - V_{12-45}) h^3 + \\
 & + [U_{12-45} - (a_{11} V_{11} + a_{22} V_{22} + a_{33} V_{33} + a_{44} V_{44} + a_{55} V_{55}) + \\
 & + a_{11} A_{22-5} + a_{22} A_{33-5} + a_{33} A_{445}] h^2 + \\
 & - \{ [a_{11} (a_{22} V_{12} + a_{33} V_{13} + a_{44} V_{14} + a_{55} V_{15}) + a_{22} (a_{33} V_{23} + a_{44} V_{24} + a_{55} V_{25}) + \\
 & + a_{33} (a_{44} V_{34} + a_{55} V_{35}) + a_{44} a_{55} V_{45}] + \\
 & + a_{11} U_{11} + a_{22} U_{22} + a_{33} U_{33} + a_{44} U_{44} + a_{55} U_{55} + \\
 & + a_{11} (a_{22} A_{33-5} + a_{33} A_{445}) + a_{22} a_{33} A_{445} + \\
 & + Z_{2345} + Z_{1345} + Z_{1245} + Z_{1235} + Z_{1234} \} h +
 \end{aligned}$$

$h_0$

$$\begin{aligned}
 & + a_{11} Z_{2345} + a_{22} Z_{1345} + a_{33} Z_{1245} + a_{44} Z_{1235} + a_{55} Z_{1234} + \\
 & + a_{11} (a_{22} U_{12} + a_{33} U_{13} + a_{44} U_{14} + a_{55} U_{15}) + a_{22} (a_{33} U_{23} + a_{44} U_{24} + a_{55} U_{25}) + \\
 & + a_{33} (a_{44} U_{34} + a_{55} U_{35}) + a_{44} a_{55} U_{45} - \\
 & - \{ a_{11} [a_{22} (a_{33} a_{45}^2 + a_{44} a_{35}^2 + a_{55} a_{34}^2) + a_{33} (a_{44} a_{25}^2 + a_{55} a_{24}^2) + a_{44} a_{55} a_{23}^2] +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + a_{22} (a_{33} ((a_{44} a_{15}^2 + a_{55} a_{14}^2)) + a_{44} a_{55} a_{13}^2) + a_{33} a_{44} a_{55} a_{12}^2 \} + \\
& + 2a_{12} \{ a_{13} [a_{45} (a_{2435} + a_{2534})] + a_{14} [a_{35} (a_{2534} + a_{2345})] + a_{15} [a_{34} (a_{2345} + a_{2435})] \} + \\
& + 2a_{13} \{ a_{14} [a_{25} (a_{2345} + a_{2435})] + a_{15} [a_{24} (a_{2345} + a_{2534})] \} + \\
& + 2a_{14} \{ a_{15} [a_{23} (a_{2534} + a_{2435})] \} - \\
& - (a_{12}^2 U_{12} + a_{13}^2 U_{13} + a_{14}^2 U_{14} + a_{15}^2 U_{15} + a_{23}^2 U_{23} + a_{24}^2 U_{24} + a_{25}^2 U_{25} + \\
& + a_{34}^2 U_{34} + a_{35}^2 U_{35} + a_{45}^2 U_{45}) + \\
& + a_{11} a_{22} a_{33} A_{445}
\end{aligned}$$

### ÖSSZEFOGLALÁS

A különbségek szorzatának a lengéstechnikában használható egyik esetének egyszerűsítési módját ismerteti és az ennél jelentkező ismétlődések figyelembevételével — megfelelő jelölésekkel — tetszőleges ily tényezőkből álló szorzat kifejtve és a tényezőkön belül levő egyik ismeretlen hatványai szerint rendezve, azonnal felírható.

Az egyszerűsítési eljárás alkalmazását néhány gyakorlati példán mutatja be, mégpedig: a gyökegyenlet együtthatóinak megállapítását, a torzióslengés önlengésszámainak meghatározását, visszavezetve az eredetnél kisebb tömegszámú rendszerre és végül a szekuláris egyenletnek — néhány esetben — az itt jelentkező determináns kifejtése után egyébként nagyon terjedelmes kifejezésnek, előzetes és jelölésekkel megállapított kifejezescsoportok felhasználásával, jelentékenyen egyszerűbb és áttekinthetőbb alakra való felírását.





# ÁRAMMAL IZZÍTOTT DRÓTOK ALACSONYABB HŐMÉRSEKLETÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSA EXTRAPOLÁCIÓVAL

SZELÉNYI TIBOR és VÁCZ ISTVÁN

MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET, ELEKTRONFIZIKAI LABORATÓRIUM

[Beérkezett 1959. május 20-án]

Izzó drót hőmérsékletének megállapítása általában optikai „eltűnőszálás” pirométerrel történik. A mérések alsó határát az emberi szem érzékenysége szabja meg. A laboratóriumban használatos pirométerekkel általában csak  $1000\text{ K}^\circ$  fölött mérhetünk megbízhatóan. Arra a célra, hogy az  $1000\text{ K}^\circ$  alatti területen is megállapíthassuk a hőmérsékletet, többféle kísérleti módszert javasoltak. Ezek azonban még egyelőre nem terjedtek el.

Az alábbiakban ismertetett módon, minden további segédeszköz és különösebb nehézség nélkül, kizárólag a magasabb hőmérsékleten, tehát optikai pirométerrel is mérhető adatokból extrapolációval állapítjuk meg az izzó drót alacsonyabb hőmérsékleteit. Ugyanakkor azonban — és ez az eljárásban az újszerű — meg tudjuk adni az extrapoláció kiterjesztésével csökkenő pontosság mértékét is. Ezen túlmenően továbbá az árammal nem fűtött drótnak szobahőmérsékleten mért ún. hidegellenállás értékének a felhasználásával interpolációt is végezhetünk oly módon, hogy az az extrapolációs eljárás pontosságát megnövelje. Az interpolációban alkalmazzuk az extrapolációban tapasztalt hibanövekedés mértékét. Így a nagyobb hőmérsékleten és a szobahőmérsékleten mért adatokból a lehető legtöbbet aknázzuk ki, amit az eljárás egyszerűsége miatt még akkor is érdemes megtenni, ha kisebb hőmérséklet megállapítására valamilyen más módszert is alkalmaznánk. Az extrapolációt és interpolációt az izzó drótok példájában már eddig is általánosan használták [1], azonban anélkül, hogy ezeknek a műveleteknek a hőmérséklettel változó pontosságát és így az eljárások megbízhatóságát is megadták volna.

## Az extrapolációs módszer

A vákuumban, vagy semleges gázban izzó drótra vonatkozóan megmérjük az  $I$  fűtőáram erősségét, a drót két végén mutatkozó  $U$  feszültségesést és ugyanakkor az eltűnőszálás optikai pirométerrel a drót hosszanti irányában a közepén észleljük a  $T$  hőmérsékletet. Több ilyen összetartozó értékhármass megmérése alapján megállapíthatnók az  $I = I(T)$ ,  $U = U(T)$  és  $I = I(U)$

összefüggéseket. A továbbiakban a számítások elvégzésére ez az összeállítás azonban nem célszerű. Alkalmasabb ehelyett az  $U/I = R(T)$  és a

$$\log(UI) = \log W(\log T)$$

összefüggésekből kiindulni, mivel ezek a tapasztalat szerint nagy hőmérsékleti tartományban lineárisak és így nemcsak könnyen extrapolálhatók, hanem pontosabban átlagolhatók is. Gyakorlatilag azt állapíthatjuk meg, hogy a pirométerrel még mérhető hőmérsékleti tartománytól felfelé mintegy 1000°-nyi terjedelemben, tehát 1000 és 2000° K között az összefüggések a következők:

$$R = a + bT, \text{ hol } a \text{ és } b \text{ állandók.} \quad (1)$$

Ugyanezt szimbolikusan írva

$$R = f(T) \quad (2)$$

és

$$T = f^{-1}(R). \quad (3)$$

Ugyancsak érvényes, hogy

$$W = \sigma T^n, \quad (4)$$

azaz linearizálva

$$\log W = \log \sigma + n \log T, \quad (5)$$

hol  $\sigma$  és  $n$  gyakorlatilag szintén állandóknak tekinthetők.

A 2. és 3. képlethez hasonló műveleti jelöléssel

$$W = g(T), \quad (6)$$

továbbá

$$T = g^{-1}(W). \quad (7)$$

Az egyenletekben előforduló  $a$ ,  $b$ ,  $\sigma$  és  $n$  állandók értékeit a mérési pontokat legjobban megközelítő egyenesekből határozhatjuk meg. Ezek értéke, éppen mert számos mérési adat átlagolása, lényegesen pontosabb, mint az egyes  $I$ ,  $U$ ,  $T$ , vagy  $R$ ,  $W$ ,  $T$  összetartozó értékhármasok mérései. Sőt a linearitástól való eltérésből a szokásos módon az egyes mérések közepes hibáira is következtethetünk.

A

$$W = \sigma[(R - a)/b]^n, \quad (8)$$

vagy a fenti jelöléssel a

$$W = gf^{-1}(R) \quad (9)$$

összefüggés alapján az egyik egyenes bármelyik pontjából a másik egyenes megfelelő pontja megadható. Az átszámítás pontossága megegyezik az átlagoló egyenesek pontosságával, amely tehát a mérési pontok számának a négyzetgyökével arányos. A valóban mért  $R$  és  $W$  pontokat, tehát azokat, amelyek az  $R = R(T)$  és  $\log W = \log W(\log T)$  egyenesek közelében szórnak, szintén átszámíthatjuk egymásba a 8. összefüggés alapján. Azaz, ha a mért és számított értékeket  $m$  és  $c$  indexekkel különböztetjük meg, akkor

$$R_c = fg^{-1}(W_m) \tag{10}$$

jelzi az átszámítás módját a mért teljesítményből az ellenállásba és megfordítva

$$W_c = gf^{-1}(R_m) \tag{11}$$

az átszámítás a mért ellenállásból a teljesítménybe.

Mivel ezekben a képletekben  $T$  implicite fordul elő, az átszámításban különbséget kell tennünk az  $1000^\circ < T < 2000^\circ \text{ K}$  tartomány és a  $T < 1000^\circ \text{ K}$  tartomány között. Amíg az előbbiben a számított és mért értékek különbsége az  $\varepsilon_{\max}$  legnagyobb mérési hibánál mindig kisebb, addig az utóbbiban az extrapoláció kiterjesztésével természetesen ez a felső korlát már nem áll fenn.  $I$  és  $U$  mérési hibáit általában  $T$  mérési hibáihoz képest elhanyagolhatjuk. Felírhatjuk tehát, hogy *átlagos* méréseket tekintve

$$1000^\circ < T < 2000^\circ \text{ K} \begin{cases} R_c - R_m \equiv \Delta R = \varepsilon_R, \\ W_c - W_m \equiv \Delta W = \varepsilon_W \end{cases} \tag{12}$$

$$\tag{13}$$

és

$$T < 1000^\circ \text{ K} \begin{cases} \Delta R \geq \varepsilon_R \\ \Delta W \geq \varepsilon_W, \end{cases} \tag{14}$$

$$\tag{15}$$

hol  $\varepsilon_R$  és  $\varepsilon_W$  az indexekkel jelzett egyes mérések közepes hibái.

A  $\Delta R$  és  $\Delta W$  mennyiségekről, mint elegendő kicsinyekről feltételezzük, hogy nemcsak a linearitás tartományában, hanem az alatt is az (1) és (4) összefüggések differenciálásával átszámíthatók  $\Delta T$ -re, ami a hőmérsékletmegállapítás pontosságát jellemzi. Így az egyszerűbb  $\Delta W$  esetben

$$\frac{\Delta W}{W} = n \frac{\Delta T}{T}, \tag{16}$$

ahol  $n$  a (4) egyenletben előforduló mért állandó.

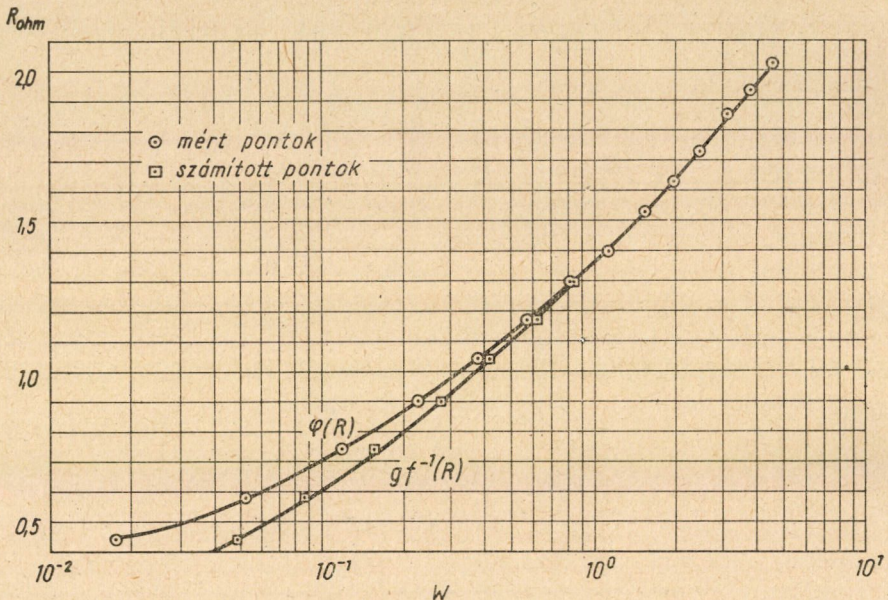
Ha az  $R$  és  $W$  értékeket tekintjük, akkor felírhatjuk, hogy

$$W = \varphi(R) \tag{17}$$

és ez az összefüggés hőmérsékletre tekintet nélkül minden tartományban, tehát ott is, ahol már az optikai pirométer nem használható, mérésekkel rögzíthető. Azt állíthatjuk továbbá, hogy az  $1000^\circ \text{ K}$  fölötti tartományban a mérési hibákon belül

$$\varphi = gf^{-1}, \quad 1000^\circ < T. \quad (18)$$

Az  $1000^\circ \text{ K}$  alatti tartományban pedig meg tudjuk mondani, hogy a  $\varphi$  összefüggés szerinti mérések adatai mennyire térnek el a  $gf^{-1}$  művelet eredmé-



I. ábra. Méréseinkben használt vákuumban izzó  $200 \mu \varnothing$  wolframdrót ellenállásának és wattvesztésének összefüggése

nyétől. A mondottakat szemlélteti az I. ábra. Ebben a  $\varphi$  görbe pontjai körökkel, a  $gf^{-1}$  összefüggése pedig négyszögekkel van bezárva. Mivel a  $gf^{-1}$  művelet az  $R(T)$  és a  $\log W(\log T)$  linearitásán alapul, a  $\varphi$  és  $gf^{-1}$  eltérése a linearitás megszűnésének mértékét adja meg. Amint csökkenő hőmérséklettel a  $\Delta W$ -ből (16) alapján számított  $\Delta T$  egyre jobban felülmúlja  $\varepsilon_T$ -nek, azaz a hőmérséklet közepes mérési hibájának az értékét, az extrapoláció egyre bizonytalanabbá válik. Annál kevésbé számíthatunk ugyanis arra, hogy azok a folyamatok, amelyek a drót középső részén a hőmérséklet függvényében  $R$  és  $\log W$  linearitását előidézik, változatlanok.

Megjegyezzük, hogy a  $\varphi$  és a  $gf^{-1}$  műveletek eltérése az egyeneseken extrapolálás tekintetében a maximális bizonytalanságot adja meg. Lehetséges



ugyanis, hogy a két egyenes közül az egyikben a linearitás hamarabb szűnik meg mint a másikon, tehát, ha ezen haladnánk, még nem követnénk el hibát, viszont az extrapolációban észlelt eltérés a másik egyenes hibája következtében jelentkezik. Az eddig elmondottakból még nem lehet azt megállapítani, hogy az  $R(T)$  és a  $\log W(\log T)$  egyenesek közül melyik közelíti meg alacsonyabb hőmérsékletek felé jobban a valódi értéket. Ezt egyedül az extrapolációból nem is lehet eldönteni. Mint majd arra alább kitérünk, az egyenesek közül a  $\log W(\log T)$  bizonyul a helyesebbnek és az ennek mentén extrapolált hőmérséklet a valóságot jobban megközelíti.

A mondottak szemléltetésére alább két példát mutatunk be. Ezekben a hőmérséklet extrapolációját és a maximális hiba megállapítását ismertetjük.

### Interpoláció a hidegellenállás pontjának segítségével

Az eddig elért eredménynél, tehát a pusztán extrapolálásnál bizonyos esetekben lényegesen többre juthatunk, ha a szobahőmérsékleten fűtőáram nélkül mért drót ellenállást,  $R_{293}$ -t szintén számításba vesszük. Tudjuk azt, hogy ilyenkor a magasabb hőmérsékleten megállapított  $R = R(T)$  görbének folytonosan és egyértelműen ebbe a véges pontba kell befutni. Azt is tudjuk, hogy a görbe mentén  $R$  sehol ennél kisebb értékű nem lehet. Ezzel itt az interpoláció lehetősége meg van adva. Csökkenő hőmérséklettel, azaz fűtőárammal, a  $\log W$  görbe a  $-\infty$  pontba irányul, ami interpolációra nem alkalmas.

Az  $R(T)$  görbe interpolációjában változó  $T$ -vel a hibahatárokat is megállapíthatjuk, ami az eljárás egzaktságához lényegesen hozzájárul. A hibamegállapítás módja a következő:

Extrapolálunk a  $\log W(\log T)$  egyenesen, tekintet nélkül a művelet maximális hibájára és megállapíthatjuk így a  $T_{ex,W}$  értékeket. A  $\varphi$  összefüggés alapján tudjuk, hogy ezekhez milyen  $R$  értékek tartoznak. A gyakorlatban azt tapasztaljuk, hogy az így kapott  $R(T_{ex,W})$  függvény iránya meglehetősen jól tart az  $R = R_{293}$  és  $T = 293$  °K ponthoz. Ez annyit jelent, hogy a  $\log W(\log T)$  egyenes extrapolációja majdnem egész menetében a valósághoz közel fekvő értékeket ad. (Az  $R(T_{ex,W})$  függvény maga az  $R(T)$  egyenes, amely általában nem közelíti meg az  $R_{293}$ , 293 pontot.)

Tegyük fel, hogy az extrapolációban eljutottunk a legkisebb  $W_m = W_m^*$  értéknek megfelelő  $R^*$  és  $T_{ex,W}^*$  értékpárhoz. Az interpoláció maximális hibájának vesszük az  $R^* - R_{293}$  különbséget, amelyet át kell számítanunk az itt ennek megfelelő  $\Delta T^*$  hőmérsékletkülönbségre. Ez az átszámítás már nem történhetik úgy, amint azt a  $\Delta W$  esetében a linearitás alapján felírt (16) egyenlet szerint tettük. Itt az  $R^*$ ,  $T_{ex,W}$  pont közelében megállapított  $\Delta R^*/\Delta T^* \equiv b^*$  értékből kell kiindulnunk. Ennél a megállapításnál csak becsléssel kell megelégednünk, mivel az  $R(T)$  függvényt itt pontosan nem ismerjük.

Az  $R_{293}$  és a legközelebbi  $R$ ,  $T_{ex.W}$  pontok figyelembevételével a legjobban közelítő görbét megrajzoljuk és ennek az emelkedését vesszük  $b^*$ -nak. A grafikonból tehát megbecsüljük a

$$\Delta T^* = \Delta R^*/b^* \quad (19)$$

értéket, ami az interpolációban elkövethető legnagyobb hibát adja meg.

Ezután ennek a hibának a csökkenését kell meghatározni a hőmérséklet növekedésének a függvényében. A csökkenés mértékéül az extrapolációban megállapított hibának a változását fogadhatjuk el. Azt feltételezzük ugyanis, és ezt geometriai megfontolások is alátámasztják, hogy amilyen mértékben szűkül össze egyetlen vonallá az extrapoláció bizonytalansága, ugyanolyan arányban csökken az intrapolációban megállapított legnagyobb hiba értéke is, ha a hőmérséklet növekedik.

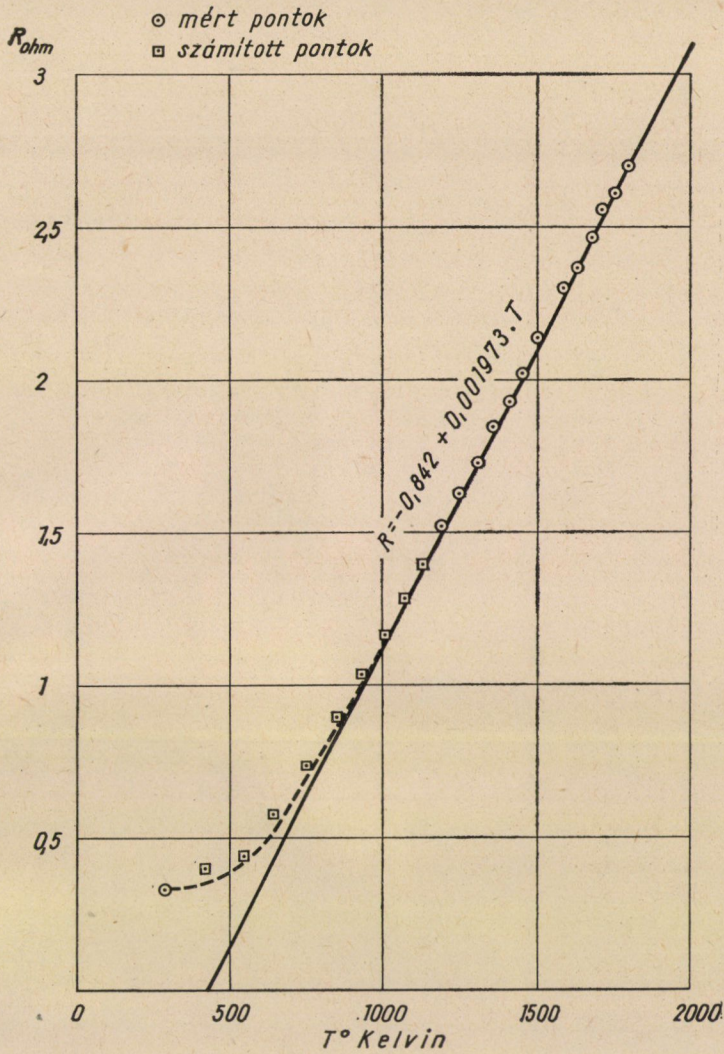
Az interpolációra és ennek hibamegállapítására a bemutatott 1. példában térünk ki.

### 1. példa. Vákuumban izzó drót

A vákuumcsőben izzó wolframdrót hossza 160 mm, átmérője 200 mikron. A mikropirométerrel felvett hőmérséklet, valamint az ellenállás és hőmérséklet adatai a 2. ábrán láthatók. A legkisebb hőmérséklet, amely még kellő pontossággal mérhető volt: 1200 K°. Ettől felfelé a mért pontok körökkel vannak körülvéve. Mint látható, 1000 és 2000 °K között az átlagolás az egyenessel nagyon jó. A  $\log T$  függvényében felrajzolt  $\log W$  értékek — a megadott tartományban — ugyanilyen jól szintén egy egyenes mentén terülnék el (lásd a 3. ábrát). A 8. képletben előforduló állandók ezekből a grafikonokból állapíthatók meg és értékeik a következők:

$$\begin{aligned} a &= -0,842 \\ b &= 0,0019733 \\ \sigma &= 0,65509 \cdot 10^{-17} \\ n &= 5,6416 \end{aligned}$$

A 2. ábrán négyszögekkel bezárt pontok jelentik azokat az értékpárokat, ahol az  $R$ -et  $\varphi$  alapján, a  $T$ -t pedig a (7) összefüggés alapján a  $W_m$  értékekből számítottunk ki. Látható, hogy ezek mintegy 1000 °K-ig az  $R(T)$  egyenestől nem térnek el jobban, mint az 1200° fölötti pontok. Az extrapoláció tehát eddig a hőmérsékletig az 1200° fölötti hőmérsékletmegállapítás kísérleti hibájánál nem nagyobb hibával végezhető el. 1000 °K alatt azonban már azt állapítjuk meg, hogy az eltérés az egyenestől egyre nagyobb. Az eltérés nagysága azt a bizonytalanságot jelenti, amellyel pusztán extrapolációval a hőmérsékletre következtethetünk.



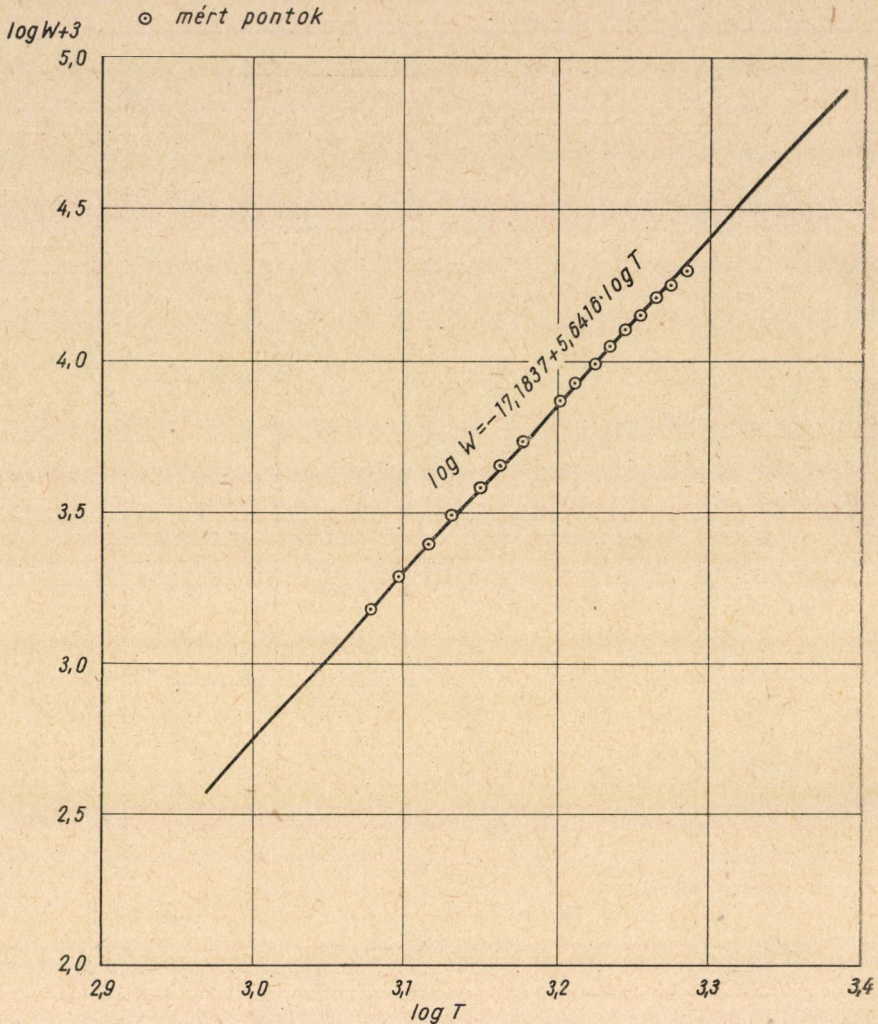
2. ábra. Méréseinkben használt vákuumban izzó wolframdrót ellenállása  $T$  függvényében

Ha  $\Delta T$ -vel jelöljük azokat a hőmérsékletkülönbségeket, amelyek a (3) és a (7) egyenletek szerint számítva  $T$ -re adódnak, tehát, ha

$$\Delta T = T_{ex,R} - T_{ex,W}, \tag{20}$$

akkor ezeket  $R$  függvényében feltüntetve (lásd a 4. ábrát) az extrapoláció bizonytalanságának változására kapunk mértéket. A 4. ábra szerint ebben





3. ábra. Méréseinkben használt vákuumban izzó  $200 \mu \varnothing$  wolframdrót wattvesztésének és hőmérsékletének összefüggése

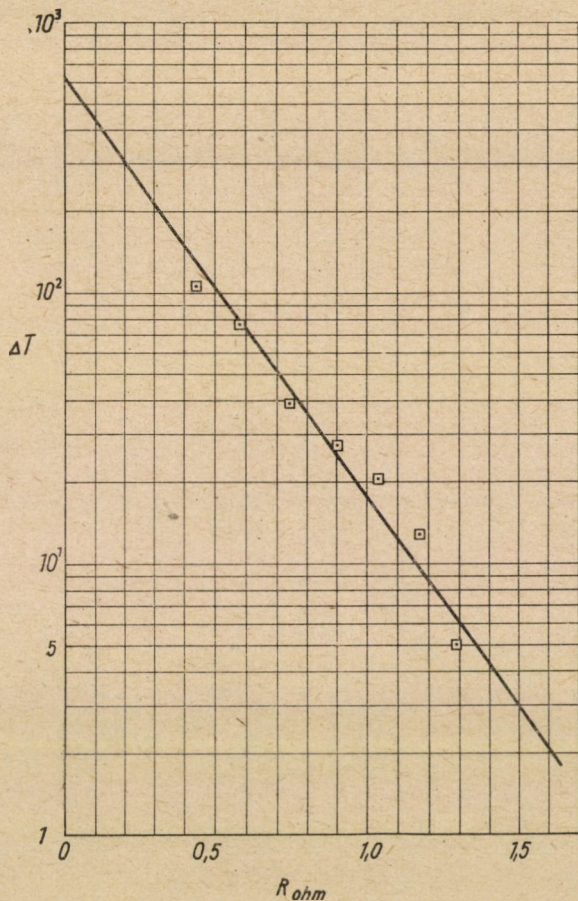
a példában a

$$\log \Delta T = 2,8 - 1,6R \quad (21)$$

összefüggés elég jól megfelel az észlelt pontoknak.

Ha az extrapolációról a szobahőmérsékleti ellenállás ismeretében az interpolációra térünk át, akkor az  $R_{293}$  pont közvetlen közelében  $\Delta T$  kisebbnek adódik, mint azt a (20) alapján számítanók. A mi példánkban az  $R_{293} = 0,33$





4. ábra. Méréseinkben használt vákuumban izzó  $200 \mu \varnothing$  wolframdrót  $T_{ext}$  extrapolációs hibájának és ellenállásának összefüggése

ohm és a  $T = 293 \text{ }^\circ\text{K}$  pontból hozzávetőlegesen megvont görbéből azt állapítjuk meg, hogy

$$\left(\frac{dR}{dT}\right)_{T \approx 400^\circ\text{K}} = b^* = 5 \cdot 10^{-4}. \quad (22)$$

A meredekség itt jóval kisebb, mint a függvény lineáris szakaszán. A (19) képlet alapján  $\Delta T^* = 140^\circ = \pm 70^\circ$ , ha figyelembe vesszük, hogy

$$\Delta R^* = R^* - R_{293} = 0.40 - 0.33 = 0.07\Omega. \quad (23)$$

Feltételezve, hogy  $\Delta T^*$  növekvő ellenállással ugyanúgy csökken, mint azt a (21) egyenlet kifejezi, akkor

$$(\log \Delta T)_{R=0} = \log \Delta T^* + 1.6R, \quad (24)$$



azaz

$$\log \Delta T_{\text{int}} = 2.68 - 1.6R.$$

Az interpoláció eredményét az alábbi táblázatban foglalhatjuk össze:

I. táblázat

*Az interpolációban megállapított hőmérsékleti hiba csökkenése a hőmérséklet növekedésével*

R	T	$\Delta T_{\text{int}}$
0,4	490 K°	±53
0,44	566	±46
0,58	660	±28
0,74	785	±16
0,90	870	±9
1,04	945	±6
1,28	1075	±2
1,52	1197	±1

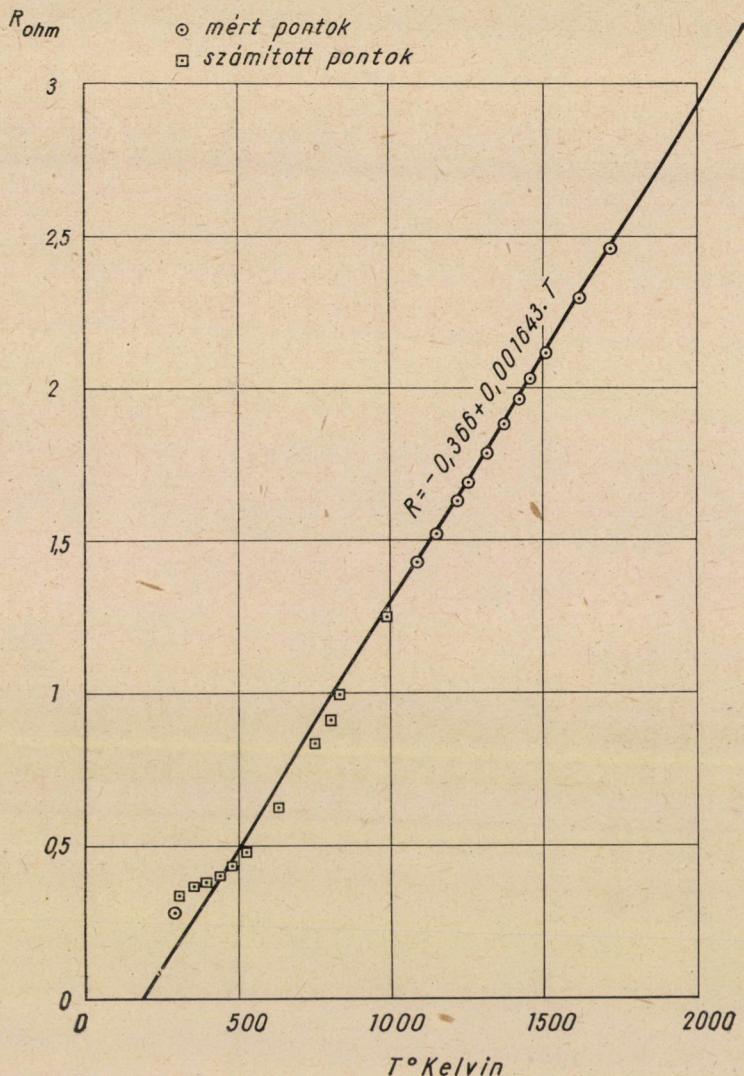
Mint az a 2. ábrával összevetve jól látható, az interpolációval a hibahatárok nagymértékben szűkíthetők. Ebben a példában a hőmérséklet megállapítására az alkalmazhatóság alsó határa mintegy 700 °K, amelytől felfelé a hiba nem nagyobb, mint az optikai pirométerrel 1000 és 1200 °K között a valóságban végezhető méréseké. A hőmérsékletmegállapítás alsó határa tehát itt mintegy 500°-kal volt lefelé tolható.

## 2. példa. Nemesgázban izzó drót

Annak szemléltetésére, hogy a lineáris összefüggések nemcsak vákuumban érvényesek, hanem gáztöltés esetén is, az 5. és a 6. ábrán az argon-gázban (500 Torr) izzó wolfram spirális példáját mutatjuk be. A drót átmérője 200 mikron, hossza kinyújtva 140 mm, a spirális hossza 30 mm. A mért értékek mindenütt körökkel, a (7) egyenlet alapján extrapolált értékek pedig négyszögekkel vannak bezárva. A grafikonból azt állapíthatjuk meg, hogy az extrapoláció minden további nélkül mintegy 450 °K-ig terjeszthető. Az  $R_{293}$  pontból kiinduló interpoláció az extrapoláció adatait éppen úgy alátámasztja, mint az előbbi példában.

## IRODALOM

1. MOORE, ALLISON: Thermionic Emission of Thin Films of Alkaline Earth Oxide Deposited by Evaporation. Phys. Rev. 77 (1950), 246.

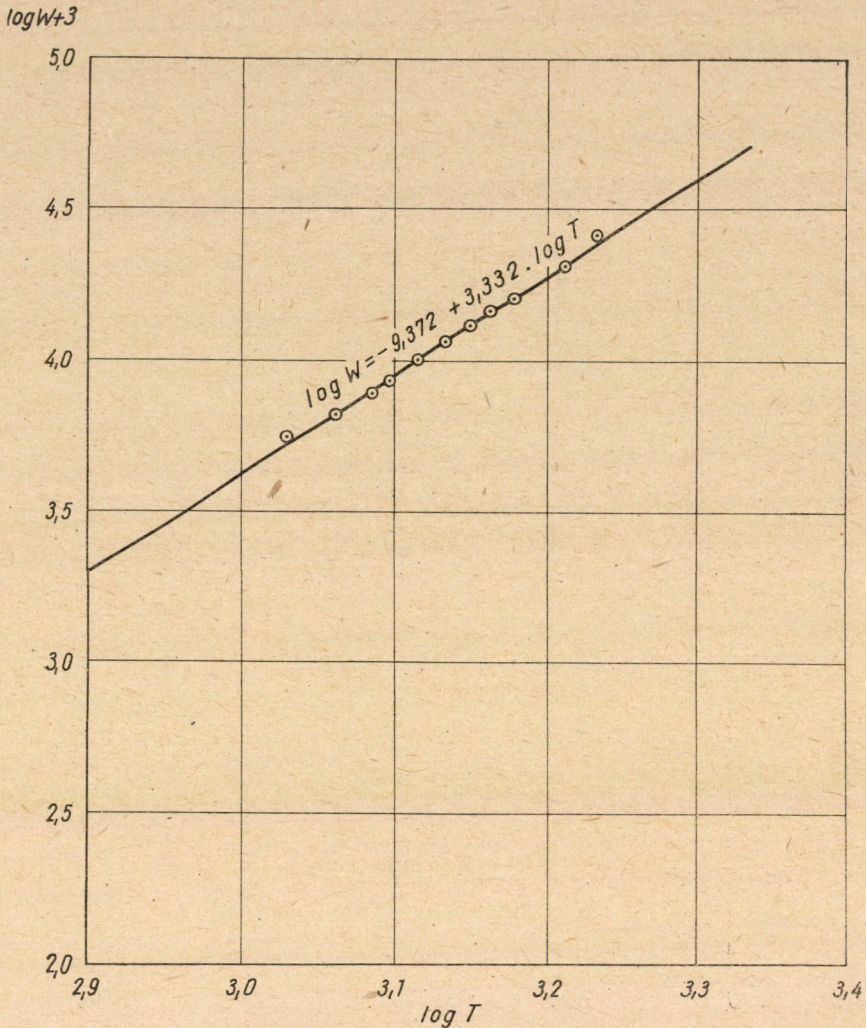


5. ábra. Méréseinkben használt nemesgázban izzó 200  $\mu$   $\varnothing$  wolframdrót ellenállásának és hőmérsékletének összefüggése

### ÖSSZEFOGLALÁS

Villamos árammal vákuumban, vagy gázban izzított drót optikai pirométerrel is mérhető magasabb hőmérsékletű adatai a fűtőáram és a fűtőfeszültség ismeretében alacsonyabb hőmérsékletre is extrapolálhatók, ha felhasználjuk az ellenállás és a hőmérséklet lineáris összefüggését. Csökkenő hőmérsékleten az extrapoláció előrehaladásával ennek pontosságára is következtethetünk, ha a teljesítmény logaritmusának és a hőmérséklet logaritmusának ugyancsak lineáris összefüggését szintén extrapoláljuk. A két extrapoláció kiterjesztése azonos pontokra az ellenállásnak és a teljesítménynek a mérésekből ismert összefüggésén alapszik. Az extrapolációk különbsége egymástól a hőmérsékletmegállapítás maximális bizonytalanságának fogható fel. A drót,  $R_{293}$ , hidegellenállásának megállapításával e pont





6. ábra. Méréseinkben használt nemesgázban izzó  $200 \mu \varnothing$  wolframdrót wattvesztésének és hőmérsékletének összefüggése

és az extrapolációban még meg nem növekedett hibájú pont között interpoláció is végezhető célszerűen az  $R, T$  diagramban. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha a  $\log W, \log T$  diagramban extrapolált  $T$  értékeket az  $R, T$  diagram megfelelő értékeihez bejegyezzük, akkor az így kapott görbe az  $R_{293}$ , 293 pontot elég jól megközelíti és így ez a görbe az interpolációt megkönnyíti. Az interpolációs görbe meredekségéből megállapítjuk az  $R_{293}$  közelében az interpoláció maximális  $\Delta T^*$  bizonytalanságát a hőmérséklet tekintetében. Ennek a  $\Delta T^*$ -nak a csökkenését emelkedő hőmérséklettel ugyanolyan mértékűnek vesszük, mint amilyen mértékben csökken a fenti extrapoláció hibája a hőmérséklettel. A bemutatott példákban sikerült a hőmérsékletmegállapítás alsó határát mintegy  $500^\circ$ -kal a pirometrikus mérés határ alá csökkenteni.

# SZTATIKAI KOORDINÁTKIEGYENLÍTÉS IRÁNYMÉRÉSEKKEL, TÁJÉKOZÓ IRÁNYOK NÉLKÜL

HAZAY ISTVÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

II. GEODÉZIAI TANSZÉK, ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYETEM, BUDAPEST

[Beérkezett 1959. június 16-án]

Az alsórendű háromszögelési pontok meghatározása legtöbbször iránymérésekkel, ritkábban irány- és hosszmerésekkel, kivételesen csupán hosszmerésekkel (ívmetszéssel) történik. Az ismert (adott) pontokon az iránymérési sorozatba rendszerint tájékozó irányokat is belefoglalunk és az ismert pontokról a meghatározandó (új) pontokra menő meghatározó irányok mért irányértékét segítségükkel tájékozzuk. Ha az új pontok koordinátáit kiegyenlítéssel határozzuk meg, akkor az alkalmazott koordinátakiegyenlítéshez ilyenkor mérési eredményeknek a tájékozó irányok alapján tájékozott irányértékeket tekintjük. Általában az úgynevezett *előre tájékozott irányértékeket* használjuk fel, amelyeket úgy kapunk, hogy az egyes tájékozó irányok irányszögének és mért irányértékének különbségeként kapott tájékozási értékekből a tájékozó irányok hosszának mint súlynak figyelembevételével súlyozott számtani középértékként *középtájékozási szöget* számítunk és ezt hozzáadjuk az új pontokra menő irányok mért irányértékéhez. Kivételes esetben, ha a tájékozó irányok mérési hibáit is külön kívánjuk számba venni, az új pontokra menő meghatározó irányokat a kiegyenlítés előtt csak a tájékozási szögek előzetes (megközelítő) értékével tájékozzuk és az ismert pontokon mért irányosorozatok végleges tájékozási szögét, illetve a tájékozási szög végleges és előzetes értékének a különbségét (a tájékozási szög változását) a kiegyenlítés során határozzuk meg.

A *sztatikai koordinátakiegyenlítés* eljárását az előbbieken említett valamennyi esetre már korábban részletesen kidolgoztuk és [1] tanulmányunkban leírtuk, több feladat megoldását példával is bemutattuk. Újabban azonban olyan feladatot kellett megoldani, amelyre a sztatikai koordinátakiegyenlítés még nem volt kifejlesztve: ismert pontok között *tájékozó irányok nélkül* kellett néhány új pontot meghatározni, felhasználva az ismert pontokról az új pontokra menő meghatározó irányokat is. Az ismert pontokon ugyanis tájékozó irányokat egyáltalában nem, csupán a szomszédos új pontokra menő meghatározó irányokat lehetett mérni. Bár a gyakorlatban ritka az ilyen eset, mégis előfordul. Éppen ezért érdemesnek tartottuk a kiegyenlítés eljárását erre a feladatra is kidolgozni, annál is inkább, mert a tájékozási

nélküli ilyen meghatározó irányokat csakis akkor tudjuk az új pontok meghatározására felhasználni, ha a koordinátákat kiegyenlítéssel határozzuk meg.

A következőkben a sztatikai koordinátakiegyenlítésnek az iránymérésekkel, de *tájékozó irányok nélkül* történő pontmeghatározásra vonatkozó eljárását ismertetjük, kiegészítve ezzel az [1] tanulmányban foglaltakat. Miután természetesen nem ismételhetjük meg a kiegyenlítés alapfogalmainak és az általános eljárás idevonatkozó minden részletének ismertetését, jelen vizsgálatunknál nagymértékben támaszkodunk az említett tanulmányra. Lássuk tehát az újabb feladatot.

Az ismert (adott)  $A$  ponton sorra megirányoztuk a  $P_1, P_2, P_3, \dots$  új pontokat. Az iránysorozatban tájékozó irányok nincsenek és azt csupán meghatározó irányok alkotják. A *mérési javítások* kifejezése a következő:

$$\begin{aligned} v_{A1} &= -\delta z_A + \frac{0,1 \varrho'' \cos \delta_{A1}}{t_{A1}} \delta y_1 - \frac{0,1 \varrho'' \sin \delta_{A1}}{t_{A1}} \delta x_1 + e_{A1} \\ v_{A2} &= -\delta z_A + \frac{0,1 \varrho'' \cos \delta_{A2}}{t_{A2}} \delta y_2 - \frac{0,1 \varrho'' \sin \delta_{A2}}{t_{A2}} \delta x_2 + e_{A2} \\ v_{A3} &= -\delta z_A + \frac{0,1 \varrho'' \cos \delta_{A3}}{t_{A3}} \delta y_3 - \frac{0,1 \varrho'' \sin \delta_{A3}}{t_{A3}} \delta x_3 + e_{A3} \\ &\dots \end{aligned} \quad (1)$$

ahol  $\delta z_A$  az  $A$  ponton mért iránysorozat tájékozási szögének változását,  $\delta_{Ar}$  az  $A$  pontról az új pontokra menő irányok irányszögét,  $t_{Ar}$  az  $A$  pont és az új pontok távolságát, vagyis az irányhosszakat (méterben),  $\delta y_r$  és  $\delta x_r$  a megirányozott új pontok koordinátáinak változását (deciméterben),  $e_{Ar}$  pedig az  $A$  pontról az új pontokra menő irányok irányeltérését jelenti az új pontoknak az  $r$  index helyére lépő indexének (számának) megfelelően. Az egyenletekbe a végleges irányszögek és távolságok helyett az új pontok előzetes koordinátái alapján számított előzetes értékeket helyettesítjük.

Az  $A$  ponton a *tájékozási szög előzetes értékét* a

$$(Z)_A = \frac{[t((\delta) - L)]_A}{[t]_A} = \frac{[t(z)]_A}{[t]_A} \quad (2)$$

képlettel vesszük fel, amelyben a már megemlített betűjelzéseken kívül  $L$  a mérési eredményt, vagyis a mért iránysorozat megfelelő irányértékét,  $(z)$  pedig az egyes irányokra vonatkozóan a

$$(z)_{Ar} = (\delta)_{Ar} - L_{Ar} \quad (3)$$

képlettel számított *előzetes tájékozási értéket* jelenti. A (2) és (3) képletben, éppen úgy, mint az (1) egyenletekben is, a  $t$  és a  $\delta$  előzetes értékeket jelent,



amely körülményt a (2) és (3) képletben még azzal is külön kiemeltük, hogy a  $\delta$  betűjelzést zárójelbe tettük. Az *irányeltéréseket* az

$$e_{Ar} = (z)_{Ar} - (Z)_A \quad (4)$$

képlettel számítjuk. Ennek megfelelően

$$[te]_A = 0. \quad (5)$$

Mint az [1] jelű tanulmányból ismeretes, az irányok végpontjánál az irányra merőlegesen működő  $v''/\rho''$  erők  $A$  pontra vonatkozó forgatónyomatékának a kiegyenlített helyzetben egyensúlyban kell lennie, vagyis ki kell elégülnie a

$$\frac{[tv]_A}{\rho''} = 0 \quad (6)$$

feltételnek. Ha a baloldalt osztjuk 0,1-del és a javítások (1) alatt kifejezett értékét behelyettesítjük, akkor (6)-ból a következő egyenletet kapjuk:

$$\begin{aligned} & \cos \delta_{A1} \delta y_1 - \sin \delta_{A1} \delta x_1 + \cos \delta_{A2} \delta y_2 - \sin \delta_{A2} \delta x_2 + \\ & + \cos \delta_{A3} \delta y_3 - \sin \delta_{A3} \delta x_3 + \dots + \frac{10}{\rho''} [te]_A - \frac{10}{\rho''} \delta z_A [t]_A = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Miután (5) szerint a (7) egyenlet baloldalának utolsóelőtti tagja önmagában is zérus, a *tájékozási szög változását* a

$$\begin{aligned} \delta z_A = \frac{1}{D^A} & (\cos \delta_{A1} \delta y_1 - \sin \delta_{A1} \delta x_1 + \cos \delta_{A2} \delta y_2 - \sin \delta_{A2} \delta x_2 + \\ & + \cos \delta_{A3} \delta y_3 - \sin \delta_{A3} \delta x_3 + \dots) \end{aligned} \quad (8)$$

képlet adja meg, amelyet rövidebben a

$$\delta z_A = \frac{[\cos \delta_{Ar} \delta y_r] - [\sin \delta_{Ar} \delta x_r]}{D^A} \quad (9)$$

alakban is írhatunk. A nevező:

$$D^A = \frac{10}{\rho''} [t]_{\text{méter}}^A = 0,048\,48 [t]_{\text{km}}^A. \quad (10)$$

Helyettesítsük be  $\delta z_A$  kifejezését az (1) alatti javítási egyenletekbe, majd állítsuk elő a koordinátatengelyekkel párhuzamos erővetületeket. Az  $A$  pontról a  $P_1$  pontra menő irányhoz tartozó erővetületek:

$$\begin{aligned}
 -v_{A1} \cos \delta_{A1} &= a_1^I \delta y_1 + c_1^I \delta x_1 + a_2^I \delta y_2 + c_2^{I \cos} \delta x_2 + \\
 &+ a_3^I \delta y_3 + c_3^{I \cos} \delta x_3 + \dots - e_{A1} \cos \delta_{A1} \\
 +v_{A1} \sin \delta_{A1} &= c_1^I \delta y_1 + b_1^I \delta x_1 + c_2^{I \sin} \delta y_2 + b_2^I \delta x_2 + \\
 &+ c_3^{I \sin} \delta y_3 + b_3^I \delta x_3 + \dots + e_{A1} \sin \delta_{A1}.
 \end{aligned} \tag{11}$$

A koordinátaváltozások együtthatóit *redukált iránykoefficienseknek* nevezhetjük. Ha az  $A - P_1$  irányhoz tartozó *iránykoefficiensek* az [1] jelű tanulmány alapján:

$$\begin{aligned}
 a_{A1} &= - \frac{0,1 \varrho'' \cos^2 \delta_{A1}}{t_{A1}} & b_{A1} &= - \frac{0,1 \varrho'' \sin^2 \delta_{A1}}{t_{A1}} \\
 c_{A1} &= \frac{0,1 \varrho'' \sin \delta_{A1} \cos \delta_{A1}}{t_{A1}}
 \end{aligned} \tag{12}$$

(mindhárom képletbe az előzetes irányszöveget és távolságot helyettesítve), akkor a *redukált iránykoefficiensek* a következők:

$$\begin{aligned}
 a_1^I &= a_{A1} + \frac{\cos^2 \delta_{A1}}{D^A} & b_1^I &= b_{A1} + \frac{\sin^2 \delta_{A1}}{D^A} \\
 a_2^I &= + \frac{\cos \delta_{A1} \cos \delta_{A2}}{D^A} & b_2^I &= + \frac{\sin \delta_{A1} \sin \delta_{A2}}{D^A} \\
 a_3^I &= + \frac{\cos \delta_{A1} \cos \delta_{A3}}{D^A} & b_3^I &= + \frac{\sin \delta_{A1} \sin \delta_{A3}}{D^A} \\
 &\dots & & \dots \\
 c_1^I &= c_{A1} - \frac{\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A1}}{D^A} \\
 c_2^{I \sin} &= - \frac{\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A2}}{D^A} & c_2^{I \cos} &= - \frac{\cos \delta_{A1} \sin \delta_{A2}}{D^A} \\
 c_3^{I \sin} &= - \frac{\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A3}}{D^A} & c_3^{I \cos} &= - \frac{\cos \delta_{A1} \sin \delta_{A3}}{D^A} \\
 &\dots & & \dots
 \end{aligned} \tag{13}$$

Az  $A$  pontról a  $P_2$  pontra menő irányhoz tartozó erővetületek:

$$\begin{aligned}
 -v_{A_2} \cos \delta_{A_2} &= a_1^{\text{II}} \delta y_1 + c_1^{\text{IIcos}} \delta x_1 + a_2^{\text{II}} \delta y_2 + c_2^{\text{II}} \delta x_2 + \\
 &\quad + a_3^{\text{II}} \delta y_3 + a_3^{\text{IIcos}} \delta x_3 + \dots - e_{A_2} \cos \delta_{A_2} \\
 +v_{A_2} \cos \delta_{A_2} &= c_1^{\text{IIsin}} \delta y_1 + b_1^{\text{II}} \delta x_1 + c_2^{\text{II}} \delta y_2 + b_2^{\text{II}} \delta x_2 + \\
 &\quad + c_3^{\text{IIsin}} \delta y_3 + b_3^{\text{II}} \delta x_3 + \dots + e_{A_2} \sin \delta_{A_2},
 \end{aligned} \tag{14}$$

ahol a redukált iránykoefficiensek a következők:

$$\begin{aligned}
 a_1^{\text{II}} &= + \frac{\cos \delta_{A_2} \cos \delta_{A_1}}{D^A} & b_1^{\text{II}} &= + \frac{\sin \delta_{A_2} \sin \delta_{A_1}}{D^A} \\
 a_2^{\text{II}} &= a_{A_2} + \frac{\cos^2 \delta_{A_2}}{D^A} & b_2^{\text{II}} &= b_{A_2} + \frac{\sin^2 \delta_{A_2}}{D^A} \\
 a_3^{\text{II}} &= + \frac{\cos \delta_{A_2} \cos \delta_{A_3}}{D^A} & b_3^{\text{II}} &= + \frac{\sin \delta_{A_2} \sin \delta_{A_3}}{D^A} \\
 &\dots & & \dots \\
 c_1^{\text{IIsin}} &= - \frac{\sin \delta_{A_2} \cos \delta_{A_1}}{D^A} & c_1^{\text{IIcos}} &= - \frac{\cos \delta_{A_2} \sin \delta_{A_1}}{D^A} \\
 c_2^{\text{II}} &= c_{A_2} - \frac{\sin \delta_{A_2} \cos \delta_{A_2}}{D^A} \\
 c_3^{\text{IIsin}} &= - \frac{\sin \delta_{A_2} \cos \delta_{A_3}}{D^A} & c_3^{\text{IIcos}} &= - \frac{\cos \delta_{A_2} \sin \delta_{A_3}}{D^A} \\
 &\dots & & \dots
 \end{aligned} \tag{15}$$

Az  $A - P_2$  irányhoz tartozó eredeti iránykoefficiensek úgy kaphatók, ha a (12) képletbe az 1 index helyére mindenhol 2 indexet teszünk.

Az előbbiekhöz hasonlóan kapjuk meg az  $A$  pontról a  $P_3$  pontra menő irányhoz tartozó erővetületeket is:

$$\begin{aligned}
 -v_{A_3} \cos \delta_{A_3} &= a_1^{\text{III}} \delta y_1 + c_1^{\text{IIIcos}} \delta x_1 + a_2^{\text{III}} \delta y_2 + c_2^{\text{IIIcos}} \delta x_2 + \\
 &\quad + a_3^{\text{III}} \delta y_3 + c_3^{\text{III}} \delta x_3 + \dots - e_{A_3} \cos \delta_{A_3} \\
 +v_{A_3} \sin \delta_{A_3} &= + c_1^{\text{IIIsin}} \delta y_1 + b_1^{\text{III}} \delta x_1 + c_2^{\text{IIIsin}} \delta y_2 + \\
 &\quad + b_2^{\text{III}} \delta x_2 + c_3^{\text{III}} \delta y_3 + b_3^{\text{III}} \delta x_3 + \dots + e_{A_3} \sin \delta_{A_3}.
 \end{aligned} \tag{16}$$

ahol a *redukált iránykoefficiensek* a következők:

$$\begin{aligned}
 a_1^{\text{III}} &= + \frac{\cos \delta_{A3} \cos \delta_{A1}}{D^A} & b_1^{\text{III}} &= + \frac{\sin \delta_{A3} \sin \delta_{A1}}{D^A} \\
 a_2^{\text{III}} &= + \frac{\cos \delta_{A3} \cos \delta_{A2}}{D^A} & b_2^{\text{III}} &= + \frac{\sin \delta_{A3} \sin \delta_{A2}}{D^A} \\
 a_2^{\text{III}} &= a_{A3} + \frac{\cos^2 \delta_{A3}}{D^A} & b_3^{\text{III}} &= b_{A3} + \frac{\sin^2 \delta_{A3}}{D^A} \\
 & \dots & & \dots \\
 c_1^{\text{IIIsin}} &= - \frac{\sin \delta_{A3} \cos \delta_{A1}}{D^A} & c_1^{\text{IIIcos}} &= - \frac{\cos \delta_{A3} \sin \delta_{A1}}{D^A} \\
 c_2^{\text{IIIsin}} &= - \frac{\sin \delta_{A3} \cos \delta_{A2}}{D^A} & c_2^{\text{IIIcos}} &= - \frac{\cos \delta_{A3} \sin \delta_{A2}}{D^A} \\
 c_3^{\text{III}} &= c_{A3} - \frac{\sin \delta_{A3} \cos \delta_{A3}}{D^A} \\
 & \dots & & \dots
 \end{aligned} \tag{17}$$

Az  $A - P_3$  irányhoz tartozó *eredeti iránykoefficiensek* képletét megkapjuk ha (12)-be az 1 index helyére mindenhol 3 indexet helyettesítünk.

Ha megfigyeljük a (13), (15) és (17) képletcsoportot, azt látjuk, hogy mind az arab, mind a római számú indexek *ciklikusan permutálhatók*. Ha tehát az ismert pontról valamelyik új pontra menő irányhoz a redukált iránykoefficiensek képletét felírtuk, a többi új pontokra menő irányokhoz tartozóké már gépiesen előállítható. Azt is tapasztalhatjuk, hogy minden esetben, ha az arab számú index mellett nincs *sin* vagy *cos* jelzés, a római számú index az arab számmal felcserélhető. Így például

$$a_2^{\text{I}} = a_1^{\text{II}} \quad b_3^{\text{I}} = b_2^{\text{II}} \text{ stb.} \tag{18}$$

Ha olyan római számú indexet cserélünk fel, amelynél *sin* vagy *cos* jelzés is van, az indexcserével együtt a *sin* jelzés *cos* jelzésre, a *cos* jelzés pedig *sin* jelzésre változik, mint például:

$$c_2^{\text{Isin}} = c_1^{\text{IIcos}} \quad c_3^{\text{IIcos}} = c_2^{\text{IIIsin}} \text{ stb.} \tag{19}$$

A redukált iránykoefficiensek indexei tehát követik az eredeti iránykoefficiensek permutálási és felcserélhetőségi szabályát.

Ha az  $A$  ponton mérhettünk és mértünk is volna tájékozó irányokat, és a kiegyenlítést előre tájékozott irányértékekkel végeznők, akkor az  $A - P_1$  irányhoz tartozó *erővetületek* a következők lennének:

$$\begin{aligned} -v_{A_1} \cos \delta_{A_1} &= a_{A_1} \delta y_1 + c_{A_1} \delta x_1 - e_{A_1} \cos \delta_{A_1} \\ +v_{A_1} \sin \delta_{A_1} &= c_{A_1} \delta y_1 + b_{A_1} \delta x_1 + e_{A_1} \sin \delta_{A_1}. \end{aligned} \quad (20)$$

Az  $A - P_2$  irányhoz tartozók pedig:

$$\begin{aligned} -v_{A_2} \cos \delta_{A_2} &= a_{A_2} \delta y_2 + c_{A_2} \delta x_2 - e_{A_2} \cos \delta_{A_2} \\ +v_{A_2} \sin \delta_{A_2} &= c_{A_2} \delta y_2 + b_{A_2} \delta x_2 + e_{A_2} \sin \delta_{A_2}. \end{aligned} \quad (21)$$

Hasonlóan alakulnának az erővetületek az  $A - P_3$  irányra vonatkozólag is: az arab számú index a 3 lenne.

Ha összehasonlítjuk a (20) és (11), illetve a (21) és (14) megfelelő kifejezéseket, azt látjuk, hogy amíg az előre tájékozott irányértékek felhasználásakor az erővetületekben csak a megírányzott pont koordinátaváltozásai vannak, addig, ha nem mértünk tájékozó irányokat, akkor az ismert pontról *valamennyi* megírányzott pontra menő irányhoz tartozó erővetületek kifejezésébe *valamennyi* megírányzott pont koordinátaváltozásai belezútnak. Ennek megfelelően az erővetületek összeállítására szolgáló táblázatban (sémában) most az ismert pontról megírányzott bármelyik irányhoz a pontról megírányzott valamennyi pontra vonatkozólag be kell írni a megfelelő redukált iránykoefficienseket, mert az *ismert pont tájékozási szögének változását az összes megírányzott pontok koordinátaváltozásai alakítják ki.*

Gépiesebben végezhetjük azonban a kiegyenlítést, ha az erővetületek összeállítására szolgáló táblázatot először úgy írjuk elő, mintha az ismert pontokról az új pontokra menő irányok előzetes tájékozási szöggel tájékozott irányértéke végleges középtájékozási szöggel képzett előre tájékozott irányérték volna és a különbséget *redukciók* alkalmazásának a formájában vesszük figyelembe. Ez azt jelenti, hogy nemcsak az új pontok, hanem az ismert pontok tájékozási szögének változása miatt is alkalmazunk redukciókat. Az ismert pontokról származó redukciók megegyeznek a (13), (15) és (17) képletcsoportokban felírt redukált iránykoefficiensekkel, továbbá mindazoknál az értékeknél, amelyeknél a római és arab számú index azonos számértékű (például  $a_1^I$ ,  $b_2^{II}$ ,  $c_3^{III}$ ), a redukció megegyezik a redukált iránykoefficiens második tagjával, vagyis azzal a mennyiséggel, amellyel a megfelelő eredeti iránykoefficiens redukálni kell, hogy a redukált iránykoefficienssel egyenlő értékhez jussunk.

Ha valamely ismert pontról két új pontot irányoztunk, az ismert pont tájékozási szögének változásából származó redukciókat a példánál (a 4.e táblázatban) állítottuk össze. Három irány esetére a redukciók képletét az



1. táblázatban találjuk. (A beírt kifejezések a  $\Delta'$ -vel jelölt segédmennyiséget adják; ezek még az állásponthez tartozó  $D$  értékkel osztandók, hogy a  $\Delta$  redukciókat kapjuk.) Az egyensúlyi egyenletek szimmetriája folytán olyan redukcióra nincsen szükség, amelynél az arab számú (alsó) index számértéke kisebb a római számú (felső) index számértékénél. A használt indexrendszer megegyezik az [1] tanulmányban alkalmazottal. Egyébként a következő példa is megfelelő útbaigazítással szolgál. Ha megfigyeljük a 4.e. táblázatot (két meghatározó irány redukciói) és az 1. táblázatot (három meghatározó irány redukciói), akkor a táblázatok továbbépítésének törvényszerűségét könnyen megállapíthatjuk, a táblázatokat tehát elkészíthetjük négy, majd sorra több irány esetére is.

### Példa

$A$  és  $B$  adott (ismert) pontok. Koordinátáik:

$$\begin{aligned} y_A &= + 84\,377,697 \text{ m} & x_A &= - 15\,156,488 \text{ m} \\ y_B &= + 72\,650,730 \text{ m} & x_B &= - 5\,471,258 \text{ m} \end{aligned}$$

Meghatározandók a  $P_1 - P_4$  új pontok koordinátái a vázlaton (ábra) sorszámokkal jelölt 1–20 irány mérési eredménye alapján. A kiegyenlítés menetét lépésenként követjük.

1. Az új pontok számára *előzetes koordinátákat* számítunk. Ennek módját, mint nem szorosan a kiegyenlítéshez tartozót, itt nem tárgyaljuk. A számított előzetes koordináták a következők:

$$\begin{aligned} (y)_1 &= + 82\,514,605 \text{ m} & (x)_1 &= - 12\,305,803 \text{ m} \\ (y)_2 &= + 78\,135,615 \text{ m} & (x)_2 &= - 13\,980,988 \text{ m} \\ (y)_3 &= + 76\,795,675 \text{ m} & (x)_3 &= - 10\,280,253 \text{ m} \\ (y)_4 &= + 78\,885,301 \text{ m} & (x)_4 &= - 5\,459,780 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Az adott pontok végleges és az új pontok előzetes koordinátái alapján az összes mért irányokra kiszámítjuk a ( $\delta$ ) *előzetes irányszöveget* és az  $a$ ,  $b$ ,  $c$  *iránykoefficienseket*, valamint kikeressük a  $\sin(\delta)$  és  $\cos(\delta)$  értékeket is. A 2. táblázatba sorra bevezetjük az irányok számát, az álláspontok, valamint az irányzott pontok megnevezését, az irányhosszakat század kilométerre, az iránymérési eredményeket és az előzetes irányszöveget. A *tájékozási szög előzetes értékét* álláspontonként a (2), az  $e$  *irányeltéréseket* pedig irányonként a (4) képletnek megfelelő módon számítjuk. (A képletek  $A$  indexe helyére a megfelelő álláspont indexét (számát) kell képzelni!) A 2. táblázat további részét a kiegyenlítés végén töltjük ki.

3. Az iránykoefficienseket és a szögfüggvény-értékeket a 3. táblázatba vezetjük be új pontonként csoportosítva, mégpedig a belső irányokét is elkülönítve a külsőkéitől. A táblázatban (számítási sémában) mindegyik új ponthoz egy-egy vízszintes *sáv* és egy-egy függőleges *hasáb* tartozik. A sávokat I–IV-gyel, a hasábokat pedig I–4-gyel jelöltük. A táblázatnak azokat a részeit, amelyeknél a sávszám (római szám) nagyobb a hasábszámnál (arab számnál), az egyensúlyi egyenletek szimmetriája folytán nem kell kitölteni. A 3. táblázatot nyomdai okokból 3 részre tagoltan mutatjuk be. A 3.a. táblázat az I és II, a 3.b. táblázat a III és IV sávra tünteti fel az iránykoefficienseket, a redukciók táblázatából (4. táblázat) átírt redukciókat és az egyensúlyi egyenletek tisztatagjait. A 3.c. táblázat az egyensúlyi egyenletek tisztatagjának az előállítását mutatja be.

4. A 4.a.–d. táblázatban a négy új pont tájékozási szögének a változása folytán jelentkező *redukciókat* írtuk elő és számítottuk. A 4.a. táblázatban a  $P_1$  ponthól származó redukciókat állítottuk össze. Ebből sorozatos permutációval készítettük el a többi új pontok táblázatát. Ha olyan taghoz értünk, melynél az arab számú (alsó) index kisebb lett a római számú (felső) indexnél, az indexek számértékét felcseréltük. Ha a felcserélt római szám mellett *sin* vagy *cos* jelzés is volt, ezeket is fel kellett egymással cserélni. A táblázatba beírt képletek a  $\Delta'$ -vel jelzett segédmennyiséget adják, ezeket még a megfelelő  $D$  értékkel osztottuk és így jutottunk a  $\Delta$  redukciókhoz. A redukciók mellé beírt jelölés mutatja, hogy a redukciót a 3. táblázatban hová kell bevezetni. A + előjel azt jelenti, hogy a redukciót azzal az előjellel kell felhasználni, amellyel a képletből kiadódott, míg a – előjel az ellenkezőre utal.

A 4.e. táblázat az  $A$  és  $B$  ismert pont tájékozási szögének változásából eredő redukciókat tartalmazza.

A redukciókat bevezetjük a 3. táblázatba.

5. A 3. táblázatban új pontonként összeadjuk az ugyanabban az oszlopban levő iránykoefficienseket, valamint az  $e \sin \delta$  és  $e \cos \delta$  értékeket és az összegeket összevonjuk a megfelelő redukciókkal. Így megkapjuk az egyensúlyi egyenletek együtthatóit és tisztatagját. Az egyensúlyi egyenleteket az 5. táblázatban írtuk fel.

6. Megoldjuk az egyensúlyi egyenleteket. (Az 5. táblázatban felírt egyenleteket a megoldás előtt esetleg  $-1$ -gyel végigszorozzuk.) Az egyenletekből az 5. táblázat alsó részében feltüntetett *koordinátaváltozásokat* kapjuk deciméteres egységekben.

7. Számítjuk a *tájékozási szögek változását*. Ez az ismert pontokra nézve a (8), illetve a (9) képlet szerint történik. Az új pontokra nézve a

$$\delta z_i = \frac{[\cos \delta]_i \delta y_i - [\sin \delta]_i \delta x_i - [\cos \delta_r] \delta y_r + [\sin \delta_r] \delta x_r}{D_i} \quad (22)$$

képletet használjuk. (A képlet részletesen az [1] tanulmányban van kiírva.) Az  $i$  index az álláspontra vonatkozik, míg az  $r$  index a pontról megirányzott új pontok indexére (számára) utal. Példánkban a tájékozási szögek változására a következő értékeket kaptuk:

$$\begin{array}{lll} \delta z_A = -7,81'' & \delta z_1 = -1,92'' & \delta z_3 = +2,69'' \\ \delta z_B = -7,12'' & \delta z_2 = +1,25'' & \delta z_4 = +6,78'' \end{array}$$

8. Kiszámítjuk az *irányszögek  $\delta\delta$  változását*. A számítás módját itt nem részletezzük, hanem csak utalunk az [1] tanulmány 5. példájára. A kiszámított  $\delta\delta$  változásokat a 6. táblázatba vezettük be. Ugyanebben a táblázatban számítottuk a  $v$  mérési javításokat és a  $[tvv]$  összegértéket.

9. Ellenőrzésül a 7. táblázatban összeállítottuk új pontonként külön-külön a  $[v \sin \delta]$  és a  $[v \cos \delta]$  összegeket. A számítási élességen belül kielégítik a zérus-feltételt.

10. Számítjuk az új pontok *végleges* (kiegyenlített) *koordinátáit* az

$$y_i = (y)_i + \delta y_i \quad x_i = (x)_i + \delta x_i$$

összefüggések alapján:

$$\begin{array}{ll} y_1 = +82\,514,737 \text{ m} & x_1 = -12\,305,606 \text{ m} \\ y_2 = +78\,135,234 \text{ m} & x_2 = -13\,981,514 \text{ m} \\ y_3 = +76\,795,635 \text{ m} & x_3 = -10\,280,528 \text{ m} \\ y_4 = +78\,885,843 \text{ m} & x_4 = -5\,459,135 \text{ m} \end{array}$$

11. A végleges koordináták alapján kiszámítjuk a *végleges irányszögeket*. Az előzetes irányszögekhez képest kapott irányszög-változásoknak a számítási élességen belül egyezniök kell a 8. lépés szerint számított  $\delta\delta$  értékekkel.

12. Az előbbi lépésnél említett végleges irányszögeket bevezettük a 2. táblázatba, majd a

$$Z_i = \frac{[t(\delta - L)]_i}{[t]_i} = \frac{[tz]_i}{[t]_i} \quad (23)$$

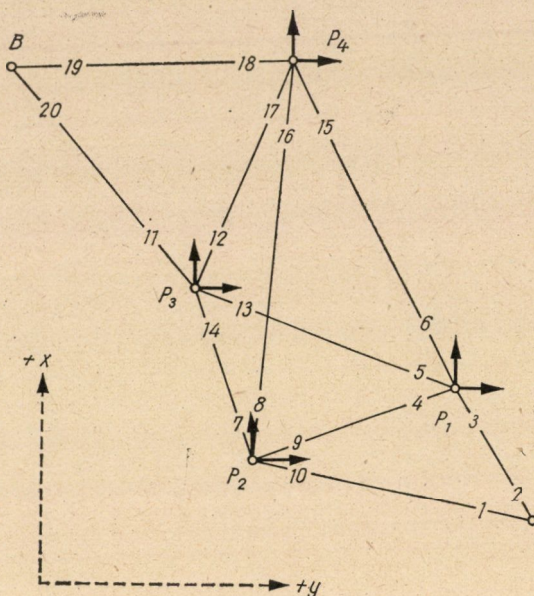
képlettel számítottuk a *végleges tájékozási szögeket*. Ezeknek az előzetes tájékozási szögektől a számítási élességen belül a 7. lépés szerint meghatározott változásokkal kell különbözniök. Ezután a

$$v_{ir} = z_{ir} - Z_i \quad (24)$$

képlettel itt is kiszámítjuk a mérési javításokat és számítjuk a  $[tvv]$  összeget is. A számítás<sup>1</sup> élességen belül egyezniök kell a 8. lépés megfelelő értékeivel.

13. Példánkban a meghatározandó mennyiségek száma 14 volt: 8 koordináta és 6 tájékozási szög változása. Miután a mérések száma 20, a fölőlmérések száma  $f = 6$ . A kétféleképpen számított  $[tvv]$  érték számtani középértéke 23,93, tehát a *súlyegység középhibája*:

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{[tvv]}{f}} = \sqrt{\frac{23,93}{6}} = \pm 1,997$$



1. ábra

Ez másodpercben az 1 km hosszú irány mérési eredményének kiegyenlítés utáni középhibáját is mutatja. A hálózat legrövidebb és leghosszabb irányának mérési eredményét a

$$\mu_2 = \mu_3 = \frac{\mu_0}{\sqrt{3,40}} = \pm 1,083'' \quad \mu_8 = \mu_{16} = \frac{\mu_0}{\sqrt{8,55}} = \pm 0,683''$$

középhibák jellemzik.

14. Az egyensúlyi egyenletek megoldásakor megkaptuk a koordinátaváltozások súlykoefficiensével arányos  $Q'$  mennyiségeket is. Ezekből (lásd az [1] tanulmányt) a

$$\mu = 0,22 \sqrt{Q'} \mu_0 \quad (25)$$

képlettel meghatározható a koordinátaváltozások középhibája is deciméterben. A  $Q'$  mennyiségeket, valamint a  $\mu_y$  és  $\mu_x$  koordináta-középhibákat az 5. táblázat alsó részében találjuk.

#### IRODALOM

- HAZAY ISTVÁN: A sztatikai koordinátakiegyenlítés végrehajtása, I. és II. (A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei XXIV. kötet 1—4. sz. Budapest, 1959.)

A többi mű az [1] tanulmánynál van felsorolva.

I. táblázat

$\delta'_1$			$\delta'_2$		
$\cos^2 \delta_{A1}$	$a_1^I$	+	$\cos^2 \delta_{A2}$	$a_2^{II}$	+
$\sin^2 \delta_{A1}$	$b_1^I$	+	$\sin^2 \delta_{A2}$	$b_2^{II}$	+
$\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A1}$	$c_1^I$	-	$\sin \delta_{A2} \cos \delta_{A2}$	$c_2^{II}$	-
$\cos \delta_{A1} \cos \delta_{A2}$	$a_2^I$	+	$\cos \delta_{A2} \cos \delta_{A3}$	$a_3^{II}$	+
$\sin \delta_{A1} \sin \delta_{A2}$	$b_2^I$	+	$\sin \delta_{A2} \sin \delta_{A3}$	$b_3^{II}$	+
$\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A2}$	$c_2^{I \sin}$	-	$\sin \delta_{A2} \cos \delta_{A3}$	$c_3^{II \sin}$	-
$\cos \delta_{A1} \sin \delta_{A2}$	$c_2^{I \cos}$	-	$\cos \delta_{A2} \sin \delta_{A3}$	$c_3^{II \cos}$	-
$\cos \delta_{A1} \cos \delta_{A3}$	$a_3^I$	+	$\cos^2 \delta_{A3}$	$a_3^{III}$	+
$\sin \delta_{A1} \sin \delta_{A3}$	$b_3^I$	+	$\sin^2 \delta_{A3}$	$b_3^{III}$	+
$\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A3}$	$c_3^{I \sin}$	-	$\sin \delta_{A3} \cos \delta_{A3}$	$c_3^{III}$	-
$\cos \delta_{A1} \sin \delta_{A3}$	$c_3^{I \cos}$	-			

2. táblázat

Irány	Állás- pont	Irányzott pont	$t$ km	(L) ° ' "	(δ) ° ' "	(z) ° ' "	$e$ "	δ ° ' "	z ° ' "	$\alpha$ "	$t_{vv}$
1 2	A	$P_2$ $P_1$	6,35 3,40 <u>9,75</u>	0 0 0,0 46 10 38,7	280 39 53,84 326 49 58,80	280 39 53,84 20,10	+11,77 -21,97	280 39 34,77 326 50 12,02	280 39 34,77 33,32	+0,51 -0,94	1,65 3,00
					$(Z)_A = 280 39 42,07$			$Z_A = 280 39 34,26$			
3 4 5 6	$P_1$	A $P_2$ $P_3$ $P_4$	3,40 4,69 6,07 7,75 <u>21,91</u>	0 0 0,0 102 13 24,4 142 39 43,8 185 14 17,9	146 49 58,80 249 3 56,23 289 30 11,88 332 4 13,62	146 49 58,80 50 31,83 50 28,08 49 55,72	-14,09 +18,94 +15,19 -17,17	146 50 12,02 249 3 34,60 289 29 54,80 332 4 28,85	146 50 12,02 10,20 11,00 10,95	+1,05 -0,77 +0,03 -0,02	3,75 2,78 0,01 0,00
					$(Z)_1 = 146 50 12,89$			$Z_1 = 146 50 10,97$			
7 8 9 10	$P_2$	$P_3$ $P_4$ $P_5$ A	3,94 8,55 4,69 6,35 <u>23,53</u>	0 0 0,0 24 55 52,6 88 57 26,2 120 33 28,1	340 5 45,58 5 1 40,34 69 3 56,23 100 39 53,84	340 5 45,58 5 47,74 6 30,03 6 25,74	-20,48 -18,32 +23,97 +19,68	340 6 6,86 5 2 0,03 69 3 34,60 100 39 34,77	340 6 6,86 7,43 8,40 6,67	-0,46 +0,11 +1,08 -0,65	0,83 0,10 5,47 2,68
					$(Z)_2 = 340 6 6,06$			$Z_2 = 340 6 7,32$			
11 12 13 14	$P_3$	B $P_4$ $P_1$ $P_2$	6,35 5,25 6,07 3,94 <u>21,61</u>	0 0 0,0 64 11 40,6 150 15 18,7 200 51 30,1	319 14 29,24 23 26 10,47 109 30 11,88 160 5 45,58	319 14 29,24 29,87 53,18 15,48	- 4,37 - 3,74 +19,57 -18,13	319 14 36,06 23 26 17,07 109 29 54,80 160 6 6,86	319 14 36,06 36,47 36,10 36,76	-0,24 +0,17 -0,20 +0,46	0,37 0,15 0,24 0,83
					$(Z)_3 = 319 14 33,61$			$Z_3 = 319 14 36,30$			
15 16 17 18	$P_4$	$P_1$ $P_2$ $P_3$ B	7,75 8,55 5,25 6,23 <u>27,78</u>	0 0 0,0 32 57 31,7 51 21 48,7 117 48 50,1	152 4 13,62 185 1 40,34 203 26 10,47 269 53 40,26	152 4 13,62 8,64 21,77 50,16	- 8,20 -13,18 - 0,05 +28,34	152 4 28,85 185 2 0,03 203 26 17,07 269 53 18,95	152 4 28,85 28,33 28,37 28,85	+0,24 -0,28 -0,24 +0,24	0,45 0,67 0,30 0,36
					$(Z)_4 = 152 4 21,82$			$Z_4 = 152 4 28,61$			
19 20	B	$P_4$ $P_3$	6,23 6,35 <u>12,58</u>	0 0 0,0 49 21 16,8	89 53 40,26 139 14 29,24	89 53 40,26 12,44	+14,04 -13,78	89 53 18,95 139 14 36,06	89 53 18,95 19,26	-0,16 +0,15	0,16 0,14
					$(Z)_B = 89 53 26,22$			$Z_B = 89 53 19,11$		$[t_{vv}] = 23,94$	



3.a. táblázat

		1			2			3			4					
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
I	3	-4,24	-1,81	-2,77	+0,56	+3,84	-1,47	+0,38	+3,02	+1,07	+2,08	+0,58	+1,10			
	4	-0,56	-3,84	+1,47												
	5	-0,38	-3,02	-1,07												
	6	-2,08	-0,58	-1,10												
	2	-4,24	-1,81	-2,77												
	9	-0,56	-3,84	+1,47												
	13	-0,38	-3,02	-1,07	+0,38	+3,02	-1,47	+1,07	+2,08	+0,58	+1,10					
	15	-2,08	-0,58	-1,10												
	[ ]	-14,52	-18,50	-6,94								+1,12	+7,68	<i>sin</i> -2,94	<i>cos</i> -2,94	+0,76
	$\Delta_1$	0,00	+3,04	+0,04	+0,01	-1,58	+0,60	-0,02	-0,01	-1,60	-0,57	-0,02	-0,02	-0,79	-1,50	-0,01
	$\Delta_2$	+0,11	+0,76	-0,29	-0,66	-1,36	+1,73	+0,52	+0,29	-0,28	-0,77	+0,11	+0,31	+0,07	-0,82	-0,03
	$\Delta_3$	+0,11	+0,85	+0,30	+0,30	+0,31	+0,85	+0,11	+0,13	-0,93	+0,36	-0,33	-0,29	+0,36	-0,83	+0,13
	$\Delta_4$	+0,58	+0,16	+0,31	+0,65	-0,03	+0,35	-0,06	+0,60	-0,14	+0,32	-0,26	-1,84	+0,35	-0,97	+0,67
	$\Delta_A$	+1,48	+0,63	+0,97	+0,33	+1,14	+0,21	+1,74	—	—	—	—	—	—	—	—
	[ ]	-12,24	-13,06	-5,61	+1,75	+6,16	+0,80	-0,65	+1,77	+3,09	+1,48	+1,64	+2,32	+1,15	-1,92	+2,96
II	7				-4,63	-0,61	-1,68	+4,63	+0,61	+1,68	+2,39	+0,02	-0,21			
	8				-2,39	-0,02	+0,21									
	9				-0,56	-3,84	+1,47									
	10				-0,11	-3,14	-0,59									
	1				-0,11	-3,14	-0,59	+4,63	+0,61	+1,68	+2,39	+0,02	-0,21			
	4				-0,56	-3,84	+1,47									
	14				-4,63	-0,61	-1,68									
	16				-2,39	-0,02	+0,21									
	[ ]				-15,38	-15,22	-1,18							+9,26	+1,22	<i>sin</i> +3,36
	$\Delta_1$				+0,12	+0,82	-0,31	-0,11	+0,83	+0,29	-0,32	-0,30	+0,41	+0,78	-0,16	
	$\Delta_2$				+3,89	+2,43	-3,08	-1,74	+0,50	+1,37	-0,63	-1,84	-0,13	+1,45	+0,16	
	$\Delta_3$				+0,84	+0,11	+0,30	+0,36	-0,33	+0,13	-0,92	-0,82	+0,13	-0,30	+0,36	
	$\Delta_4$				+0,74	+0,01	-0,07	+0,68	+0,03	-0,06	-0,29	-2,07	-0,07	+0,18	+0,75	
	$\Delta_A$				+0,07	+2,04	+0,38	—	—	—	—	—	—	—	—	
	[ ]				-9,72	-9,81	-3,96	+8,45	+2,25	+5,09	+1,20	-0,25	+0,38	+1,69	+0,69	

3.b. táblázat

		3			4			
		a	b	c	a	b	c	
III	11	-1,86	-1,38	-1,61				
	12	-3,30	-0,62	+1,43	+3,30	+0,62	-1,43	
	13	-0,38	-3,02	-1,07				
	14	-4,63	-0,61	-1,68				
	5	-0,38	-3,02	-1,07				
	7	-4,63	-0,61	-1,68				
	17	-3,30	-0,62	+1,43	+3,30	+0,62	-1,43	
	20	-1,86	-1,38	-1,61				
	[ ]	-20,34	-11,26	-5,86	+6,60	+1,24	<i>sin</i> -2,86	<i>cos</i> -2,86
	$\Delta_1$	+0,10	+0,84	+0,30	+0,28	+0,42	+0,78	+0,15
	$\Delta_2$	+0,77	+0,10	+0,28	+0,82	-0,03	+0,30	-0,07
	$\Delta_3$	+0,15	+1,01	-0,39	-0,35	-0,39	+0,90	+0,15
	$\Delta_4$	+0,63	+0,12	-0,27	-1,91	-0,30	+0,83	+0,69
	$\Delta_B$	+0,94	+0,70	+0,81	0,00	+1,07	0,00	+1,24
	[ ]	-17,75	-8,49	-5,13	+5,44	+2,01	-0,05	-0,70
	IV	15				-2,08	-0,58	-1,10
		16				-2,39	-0,02	+0,21
		17				-3,30	-0,62	+1,43
		18				0,00	-3,31	+0,01
		6				-2,08	-0,58	-1,10
8					-2,39	-0,02	+0,21	
12					-3,30	-0,62	+1,43	
19					0,00	-3,31	+0,01	
[ ]					-15,54	-9,06	+1,10	
$\Delta_1$					+0,74	+0,21	+0,39	
$\Delta_2$					+0,87	+0,01	-0,08	
$\Delta_3$					+0,80	+0,15	-0,35	
$\Delta_4$					+5,82	+0,77	-2,12	
$\Delta_B$					0,00	+1,64	0,00	
[ ]				-7,31	-6,28	-1,06		

3.c. táblázat

		$e$	$\sin \delta$	$\cos \delta$	$e \sin \delta$	$e \cos \delta$
I	3	-14,09	-0,547	+0,837	+ 7,71	-11,79
	4	+18,94	+0,934	+0,357	+17,69	+ 6,76
	5	+15,19	+0,943	-0,334	+14,32	- 5,07
	6	-17,17	+0,468	-0,884	- 8,04	+15,18
			+1,798	-0,024		
	2	-21,97	-0,547	+0,837	+12,02	-18,39
	9	+23,97	+0,934	+0,357	+22,39	+ 8,56
	13	+19,57	+0,943	-0,334	+18,45	- 6,54
	15	- 8,20	+0,468	-0,884	- 3,84	+ 7,25
		[ ]			+80,70	- 4,04
II	7	-20,48	+0,340	-0,940	- 6,96	+19,25
	8	-18,32	-0,088	-0,996	+ 1,61	+18,25
	9	+23,97	-0,934	-0,357	-22,39	- 8,56
	10	+19,68	-0,983	+0,185	-19,35	+ 3,64
			-1,665	-2,108		
	1	+11,77	-0,983	+0,185	-11,57	+ 2,18
	4	+18,94	-0,934	-0,357	-17,69	- 6,76
	14	-18,13	+0,340	-0,940	- 6,16	+17,04
	16	-13,18	-0,088	-0,996	+ 1,16	+13,13
		[ ]			-81,35	+58,17
III	11	- 4,37	+0,653	-0,757	- 2,85	+ 3,31
	12	- 3,74	-0,398	-0,918	+ 1,49	+ 3,43
	13	+19,57	-0,943	+0,334	-18,45	+ 6,54
	14	-18,13	-0,340	+0,940	+ 6,16	-17,04
			-1,028	-0,401		
	5	+15,19	-0,943	+0,334	-14,32	+ 5,07
	7	-20,48	-0,340	+0,940	+ 6,96	-19,25
	17	- 0,05	-0,398	-0,918	+ 0,02	+ 0,05
	20	-13,78	+0,653	-0,757	- 9,00	+10,43
		[ ]			-29,99	- 7,46
IV	15	- 8,20	-0,468	+0,884	+ 3,84	- 7,25
	16	-13,18	+0,088	+0,996	- 1,16	-13,13
	17	- 0,05	+0,398	+0,918	- 0,02	- 0,05
	18	+28,34	+1,000	+0,002	+28,34	+ 0,06
			+1,018	+2,800		
	6	-17,17	-0,468	+0,884	+ 8,04	-15,18
	8	-18,32	+0,088	+0,996	- 1,61	-18,25
	12	- 3,74	+0,398	+0,918	- 1,49	- 3,43
	19	+14,04	+1,000	+0,002	+14,04	+ 0,03
		[ ]			+49,98	-57,20

4.a. táblázat

$$DI = 0,04848 \cdot 21,91 = 1,0622$$

	$d_i$	$d_i$				$d_i$	$d_i$		
$[\cos \delta]^I [\cos \delta]^I$	+0,0006	+0,00	$a_1^I$	+	$\cos \delta_{21} \cos \delta_{31}$	-0,1192	-0,11	$a_3^{II}$	+
$[\sin \delta]^I [\sin \delta]^I$	+3,2328	+3,04	$b_1^I$	+	$\sin \delta_{21} \sin \delta_{31}$	+0,8808	+0,83	$b_3^{II}$	+
$[\sin \delta]^I [\cos \delta]^I$	-0,0432	-0,04	$c_1^I$	-	$\sin \delta_{21} \cos \delta_{31}$	-0,3120	-0,29	$c_3^{II} \sin$	-
$[\cos \delta]^I \cos \delta_{21}$	-0,0086	-0,01	$a_2^I$	-	$\cos \delta_{21} \sin \delta_{31}$	+0,3366	+0,32	$c_3^{II} \cos$	-
$[\sin \delta]^I \sin \delta_{21}$	+1,6793	+1,58	$b_2^I$	-	$\cos \delta_{21} \cos \delta_{41}$	-0,3156	-0,30	$a_4^{II}$	+
$[\sin \delta]^I \cos \delta_{21}$	+0,6419	+0,60	$c_2^I \sin$	+	$\sin \delta_{21} \sin \delta_{41}$	+0,4371	+0,41	$b_4^{II}$	+
$[\cos \delta]^I \sin \delta_{21}$	-0,0224	-0,02	$c_2^I \cos$	+	$\sin \delta_{21} \cos \delta_{41}$	-0,8257	-0,78	$c_4^{II} \sin$	-
$[\cos \delta]^I \cos \delta_{31}$	+0,0080	+0,01	$a_3^I$	-	$\cos \delta_{21} \sin \delta_{41}$	+0,1671	+0,16	$c_4^{II} \cos$	-
$[\sin \delta]^I \sin \delta_{31}$	+1,6955	+1,60	$b_3^I$	-	$\cos^2 \delta_{31}$	+0,1116	+0,10	$a_3^{III}$	+
$[\sin \delta]^I \cos \delta_{31}$	-0,6005	-0,57	$c_3^I \sin$	+	$\sin^2 \delta_{31}$	+0,8892	+0,84	$b_3^{III}$	+
$[\cos \delta]^I \sin \delta_{31}$	-0,0226	-0,02	$c_3^I \cos$	+	$\sin \delta_{31} \cos \delta_{31}$	-0,3150	-0,30	$c_3^{III}$	-
$[\cos \delta]^I \cos \delta_{41}$	+0,0212	+0,02	$a_4^I$	-	$\cos \delta_{31} \cos \delta_{41}$	+0,2953	+0,28	$a_4^{III}$	+
$[\sin \delta]^I \sin \delta_{41}$	+0,8415	+0,79	$b_4^I$	-	$\sin \delta_{31} \sin \delta_{41}$	+0,4413	+0,42	$b_4^{III}$	+
$[\sin \delta]^I \cos \delta_{41}$	-1,5894	-1,50	$c_4^I \sin$	+	$\sin \delta_{31} \cos \delta_{41}$	-0,8336	-0,78	$c_4^{III} \sin$	-
$[\cos \delta]^I \sin \delta_{41}$	-0,0112	-0,01	$c_4^I \cos$	+	$\cos \delta_{31} \sin \delta_{41}$	-0,1563	-0,15	$c_4^{III} \cos$	-
$\cos^2 \delta_{21}$	+0,1274	+0,12	$a_2^{II}$	+	$\cos^2 \delta_{41}$	+0,7815	+0,74	$a_4^{IV}$	+
$\sin^2 \delta_{21}$	+0,8724	+0,82	$b_2^{II}$	+	$\sin^2 \delta_{41}$	+0,2190	+0,21	$b_4^{IV}$	+
$\sin \delta_{21} \cos \delta_{21}$	+0,3334	+0,31	$c_2^{II}$	-	$\sin \delta_{41} \cos \delta_{41}$	-0,4137	-0,39	$c_4^{IV}$	-

4. b. táblázat

$$D^{II} = 0,04848 \cdot 23,53 = 1,1407$$

	$4_2'$	$4_2$				$4_2'$	$4_2$		
$[\cos \delta]^{II} [\cos \delta]^{II}$	+4,4437	+3,89	$a_1^{II}$	+	$\cos \delta_{32} \cos \delta_{42}$	+0,9362	+0,82	$a_4^{III}$	+
$[\sin \delta]^{II} [\sin \delta]^{II}$	+2,7722	+2,43	$b_2^{II}$	+	$\sin \delta_{32} \sin \delta_{42}$	-0,0299	-0,03	$b_4^{III}$	+
$[\sin \delta]^{II} [\cos \delta]^{II}$	+3,5098	+3,08	$c_2^{II}$	-	$\sin \delta_{32} \cos \delta_{42}$	-0,3386	-0,30	$c_4^{III} \sin$	-
					$\cos \delta_{32} \sin \delta_{42}$	+0,0827	+0,07	$c_4^{III} \cos$	-
$[\cos \delta]^{II} \cos \delta_{32}$	+1,9815	+1,74	$a_3^{II}$	-	$\cos \delta_{32} \cos \delta_{12}$	+0,3356	+0,29	$a_3^I$	+
$[\sin \delta]^{II} \sin \delta_{32}$	-0,5661	-0,50	$b_3^{II}$	-	$\sin \delta_{32} \sin \delta_{12}$	-0,3176	-0,28	$b_3^I$	+
$[\sin \delta]^{II} \cos \delta_{32}$	+1,5651	+1,37	$c_3^{II} \sin$	+	$\sin \delta_{32} \cos \delta_{12}$	-0,1214	-0,11	$c_3^I \cos$	-
$[\cos \delta]^{II} \sin \delta_{32}$	-0,7167	-0,63	$c_3^{II} \cos$	+	$\cos \delta_{32} \sin \delta_{12}$	+0,8780	+0,77	$c_3^I \sin$	-
$[\cos \delta]^{II} \cos \delta_{42}$	+2,0996	+1,84	$a_4^{II}$	-	$\cos^2 \delta_{42}$	+0,9920	+0,87	$a_4^{IV}$	+
$[\sin \delta]^{II} \sin \delta_{42}$	+0,1465	+0,13	$b_4^{II}$	-	$\sin^2 \delta_{42}$	+0,0077	+0,01	$b_4^{IV}$	+
$[\sin \delta]^{II} \cos \delta_{42}$	+1,6583	+1,45	$c_4^{II} \sin$	+	$\sin \delta_{42} \cos \delta_{42}$	+0,0876	+0,08	$c_4^{IV}$	-
$[\cos \delta]^{II} \sin \delta_{42}$	+0,1855	+0,16	$c_4^{II} \cos$	+					
$[\cos \delta]^{II} \cos \delta_{12}$	+0,7526	+0,66	$a_2^I$	-	$\cos \delta_{42} \cos \delta_{12}$	+0,3556	+0,31	$a_4^I$	+
$[\sin \delta]^{II} \sin \delta_{12}$	+1,5551	+1,36	$b_2^I$	-	$\sin \delta_{42} \sin \delta_{12}$	+0,0822	+0,07	$b_4^I$	+
$[\sin \delta]^{II} \cos \delta_{12}$	+0,5944	+0,52	$c_2^I \cos$	+	$\sin \delta_{42} \cos \delta_{12}$	+0,0314	+0,03	$c_4^I \cos$	-
$[\cos \delta]^{II} \sin \delta_{12}$	+1,9689	+1,73	$c_2^I \sin$	+	$\cos \delta_{42} \sin \delta_{12}$	+0,9303	+0,82	$c_4^I \sin$	-
$[\cos^2 \delta_{32}]$	+0,8836	+0,77	$a_3^{III}$	+	$\cos^2 \delta_{12}$	+0,1274	+0,11	$a_1^I$	+
$\sin^2 \delta_{32}$	+0,1156	+0,10	$b_3^{III}$	+	$\sin^2 \delta_{12}$	+0,8724	+0,76	$b_1^I$	+
$\sin \delta_{32} \cos \delta_{32}$	-0,3196	-0,28	$c_3^{III}$	-	$\sin \delta_{12} \cos \delta_{12}$	+0,3334	+0,29	$c_1^I$	-



4.c. táblázat

$$D^{III} = 0,048\,48 \cdot 21,61 = 1,0476$$

	$d_3'$	$d_3$				$d_3'$	$d_3$		
$[\cos \delta]^{III} [\cos \delta]^{III}$	+0,1608	+0,15	$a_3^{III}$	+	$\cos \delta_{43} \cos \delta_{13}$	+0,3066	-0,29	$a_4^I$	+
$[\sin \delta]^{III} [\sin \delta]^{III}$	+1,0568	+1,01	$b_3^{III}$	+	$\sin \delta_{43} \sin \delta_{13}$	+0,3753	+0,36	$b_4^I$	+
$[\sin \delta]^{III} [\cos \delta]^{III}$	+1,4122	+0,39	$c_3^{III}$	-	$\sin \delta_{43} \cos \delta_{13}$	-0,1329	-0,13	$c_4^I \cos$	-
$[\cos \delta]^{III} \cos \delta_{43}$	+0,3681	+0,35	$a_4^{III}$	-	$\cos \delta_{43} \sin \delta_{13}$	+0,8657	+0,83	$c_4^I \sin$	-
$[\sin \delta]^{III} \sin \delta_{43}$	+0,4091	+0,39	$b_4^{III}$	-	$\cos \delta_{43} \cos \delta_{23}$	-0,8629	-0,82	$a_4^{II}$	+
$[\sin \delta]^{III} \cos \delta_{43}$	+0,9437	+0,90	$c_4^{III} \sin$	+	$\sin \delta_{43} \sin \delta_{23}$	+0,1353	+0,13	$b_4^{II}$	+
$[\cos \delta]^{III} \sin \delta_{43}$	+0,1596	+0,15	$c_4^{III} \cos$	+	$\sin \delta_{43} \cos \delta_{23}$	-0,3741	-0,36	$c_4^{II} \cos$	-
$[\cos \delta]^{III} \cos \delta_{13}$	-0,1339	-0,13	$a_3^I$	-	$\cos \delta_{43} \sin \delta_{23}$	+0,3121	+0,30	$c_4^{II} \sin$	-
$[\sin \delta]^{III} \sin \delta_{13}$	+0,9694	+0,93	$b_3^I$	-	$\cos^2 \delta_{13}$	+0,1116	+0,11	$a_1^I$	+
$[\sin \delta]^{III} \cos \delta_{13}$	-0,3434	-0,33	$c_3^I \cos$	+	$\sin^2 \delta_{13}$	+0,8892	+0,85	$b_1^I$	+
$[\cos \delta]^{III} \sin \delta_{13}$	+0,3781	+0,36	$c_3^I \sin$	+	$\sin \delta_{13} \cos \delta_{13}$	-0,3150	-0,30	$c_1^I$	-
$[\cos \delta]^{III} \cos \delta_{23}$	-0,3769	-0,36	$a_3^{II}$	-	$\cos \delta_{13} \cos \delta_{23}$	+0,3140	+0,30	$a_2^I$	+
$[\sin \delta]^{III} \sin \delta_{23}$	+0,3495	+0,33	$b_3^{II}$	-	$\sin \delta_{13} \sin \delta_{23}$	+0,3206	+0,31	$b_2^I$	+
$[\sin \delta]^{III} \cos \delta_{23}$	-0,9663	-0,92	$c_3^{II} \cos$	+	$\sin \delta_{13} \cos \delta_{23}$	-0,8864	-0,85	$c_2^I \sin$	-
$[\cos \delta]^{III} \sin \delta_{23}$	+0,1363	+0,13	$c_3^{II} \sin$	+	$\cos \delta_{13} \sin \delta_{23}$	-0,1136	-0,11	$c_2^I \cos$	-
$\cos^2 \delta_{43}$	+0,8427	+0,80	$a_4^{IV}$	+	$\cos^2 \delta_{23}$	+0,8836	+0,84	$a_2^{II}$	+
$\sin^2 \delta_{43}$	+0,1584	+0,15	$b_4^{IV}$	+	$\sin^2 \delta_{23}$	+0,1156	+0,11	$b_2^{II}$	+
$\sin \delta_{43} \cos \delta_{43}$	+0,3654	+0,35	$c_4^{IV}$	-	$\sin \delta_{23} \cos \delta_{23}$	-0,3196	-0,30	$c_2^{II}$	-

4.d. táblázat

$$D^{IV} = 0,048\,48 \cdot 27,78 = 1,3468$$

	$\Delta_4$	$\Delta_4$				$\Delta_4$	$\Delta_4$		
$[\cos \delta]^{IV} [\cos \delta]^{IV}$	+7,8400	+5,82	$a_4^{IV}$	+	$\cos \delta_{14} \cos \delta_{24}$	+0,8805	+0,65	$a_3^I$	+
$[\sin \delta]^{IV} [\sin \delta]^{IV}$	+1,0363	+0,77	$b_4^{IV}$	+	$\sin \delta_{14} \sin \delta_{24}$	-0,0412	-0,03	$b_3^I$	+
$[\sin \delta]^{IV} [\cos \delta]^{IV}$	+2,8504	+2,12	$c_4^{IV}$	-	$\sin \delta_{14} \cos \delta_{24}$	-0,4661	-0,35	$c_3^I \sin$	-
$[\cos \delta]^{IV} \cos \delta_{14}$	+2,4752	+1,84	$a_4^I$	-	$\cos \delta_{14} \sin \delta_{24}$	+0,0778	+0,06	$c_3^I \cos$	-
$[\sin \delta]^{IV} \sin \delta_{14}$	-0,4764	-0,35	$b_4^I$	-	$\cos \delta_{14} \cos \delta_{34}$	+0,8115	+0,60	$a_3^I$	+
$[\sin \delta]^{IV} \cos \delta_{14}$	+0,8999	+0,67	$c_4^I \cos$	+	$\sin \delta_{14} \sin \delta_{34}$	-0,1863	-0,14	$b_3^I$	+
$[\cos \delta]^{IV} \sin \delta_{14}$	-1,3104	-0,97	$c_4^I \sin$	+	$\sin \delta_{14} \cos \delta_{34}$	-0,4296	-0,32	$c_3^I \sin$	-
$[\cos \delta]^{IV} \cos \delta_{24}$	+2,7888	+2,07	$a_4^{II}$	-	$\cos \delta_{14} \sin \delta_{34}$	+0,3578	+0,26	$c_3^I \cos$	-
$[\sin \delta]^{IV} \sin \delta_{24}$	+0,0896	+0,07	$b_4^{II}$	-	$\cos^2 \delta_{24}$	+0,9924	+0,71	$a_2^{II}$	+
$[\sin \delta]^{IV} \cos \delta_{24}$	+1,0139	+0,75	$c_4^{II} \cos$	+	$\sin^2 \delta_{24}$	+0,0077	+0,01	$b_2^{II}$	+
$[\cos \delta]^{IV} \sin \delta_{24}$	+0,2464	+0,18	$c_4^{II} \sin$	+	$\sin \delta_{24} \cos \delta_{24}$	+0,0876	+0,07	$c_2^{II}$	-
$[\cos \delta]^{IV} \cos \delta_{34}$	+2,5704	+1,91	$a_4^{III}$	-	$\cos \delta_{24} \cos \delta_{34}$	+0,9143	+0,68	$a_3^{II}$	+
$[\sin \delta]^{IV} \sin \delta_{34}$	+0,4052	+0,30	$b_4^{III}$	-	$\sin \delta_{24} \sin \delta_{34}$	+0,0350	+0,03	$b_3^{II}$	+
$[\sin \delta]^{IV} \cos \delta_{34}$	+0,9345	+0,69	$c_4^{III} \cos$	+	$\sin \delta_{24} \cos \delta_{34}$	+0,0808	+0,06	$c_3^{II} \sin$	-
$[\cos \delta]^{IV} \sin \delta_{34}$	+1,1144	+0,83	$c_4^{III} \sin$	+	$\cos \delta_{24} \sin \delta_{34}$	+0,3964	+0,29	$c_3^{II} \cos$	-
$\cos^2 \delta_{14}$	+0,7815	+0,58	$a_1^I$	+	$\cos^2 \delta_{34}$	+0,8427	+0,63	$a^{II}$	+
$\sin^2 \delta_{14}$	+0,2190	+0,16	$b_1^I$	+	$\sin^2 \delta_{34}$	+0,1584	+0,12	$b_3^{III}$	+
$\sin \delta_{14} \cos \delta_{14}$	-0,4137	-0,31	$c_1^I$	-	$\sin \delta_{34} \cos \delta_{34}$	+0,3654	+0,27	$c_3^{III}$	-

4.e. táblázat

$D^A = 0,048\,48 \cdot 9,75 = 0,4726$					$D^B = 0,048\,48 \cdot 12,58 = 0,6099$				
	$\Delta'_A$	$\Delta_A$				$\Delta'_B$	$\Delta_B$		
$\cos^2 \delta_{A1}$	+0,7006	+1,48	$a_1^I$	+	$\cos^2 \delta_B$	+0,5730	+0,94	$a_3^{III}$	+
$\sin^2 \delta_{A1}$	+0,2992	+0,63	$b_1^I$	+	$\sin^2 \delta_B$	+0,4264	+0,70	$b_3^{III}$	+
$\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A1}$	-0,4578	-0,97	$c_1^I$	-	$\sin \delta_B \cos \delta_B$	-0,4943	-0,81	$c_3^{III}$	-
$\cos \delta_{A1} \cos \delta_{A2}$	+0,1548	+0,33	$a_2^I$	+	$\cos \delta_{B3} \cos \delta_{B1}$	-0,0015	0,00	$a_4^{III}$	+
$\sin \delta_{A1} \sin \delta_{A2}$	+0,5377	+1,14	$b_2^I$	+	$\sin \delta_B \sin \delta_{B1}$	+0,6530	+1,07	$b_4^{III}$	+
$\sin \delta_{A1} \cos \delta_{A2}$	-0,1012	-0,21	$c_2^I \sin$	-	$\sin \delta_{B3} \cos \delta_{B1}$	+0,0013	0,00	$c_4^{III} \sin$	-
$\cos \delta_{A1} \sin \delta_{A2}$	-0,8228	-1,74	$c_2^I \cos$	-	$\cos \delta_{B3} \sin \delta_{B4}$	-0,7570	-1,24	$c_4^{III} \cos$	-
$\cos^2 \delta_{A2}$	+0,0342	+0,07	$a_2^{II}$	+	$\cos^2 \delta_{B1}$	0,0000	0,00	$a_4^{IV}$	+
$\sin^2 \delta_{A2}$	+0,9663	+2,04	$b_2^{II}$	+	$\sin^2 \delta_{B4}$	+1,0000	+1,64	$b_4^{IV}$	+
$\sin \delta_{A2} \cos \delta_{A2}$	-0,1818	-0,38	$c_2^{II}$	-	$\sin \delta_{B4} \cos \delta_{B4}$	+0,0020	0,00	$c_4^{IV}$	-

5. táblázat

$\delta y_1$	$\delta x_1$	$\delta y_2$	$\delta x_2$	$\delta y_3$	$\delta x_3$	$\delta y_4$	$\delta x_4$	
<u>-12,24</u>	- 5,61	+1,75	-0,65	+ 1,77	+1,64	+2,32	+2,96	+ 4,04
	<u>-13,06</u>	+0,80	+6,16	+ 1,48	+3,09	-1,92	+1,15	+80,70
		<u>-9,72</u>	-3,96	+ 8,45	+1,20	-0,25	+0,69	-58,17
			<u>-9,81</u>	+ 5,09	+2,25	+1,69	+0,38	-81,35
				<u>-17,75</u>	-5,13	+5,44	-0,70	+ 7,46
					<u>-8,49</u>	-0,05	+2,01	-29,99
						<u>-7,31</u>	-1,06	+57,20
							<u>-6,28</u>	+49,98
+1,322	+1,970	-3,814	-5,260	-0,405	-2,752	+5,423	+6,454	Változás
0,316 26	0,404 08	0,520 92	0,369 15	0,504 09	0,427 68	0,677 43	0,254 55	$Q'$
0,25	0,28	0,32	0,27	0,31	0,28	0,36	0,22	$\pm\mu$

6. táblázat

Irány	$\delta\delta$	$e$	$-\delta z$	$v$	$t$ km	$tvv$
1	-19,10	+11,77	+7,81	+0,48	6,35	1,46
2	+13,23	-21,97	+7,81	-0,93	3,40	2,94
3	+13,23	-14,09	+1,92	+1,06	3,40	3,82
4	-21,64	+18,94	+1,92	-0,78	4,69	2,85
5	-17,07	+15,19	+1,92	+0,04	6,07	0,01
6	+15,23	-17,17	+1,92	-0,02	7,75	0,00
7	+21,28	-20,48	-1,25	-0,45	3,94	0,80
8	+19,70	-18,32	-1,25	+0,13	8,55	0,14
9	-21,64	+23,97	-1,25	+1,08	4,69	5,47
10	-19,10	+19,68	-1,25	-0,67	6,35	2,85
11	+ 6,84	- 4,37	-2,69	-0,22	6,35	0,31
12	+ 6,61	- 3,74	-2,69	+0,18	5,25	0,17
13	-17,07	+19,57	-2,69	-0,19	6,07	0,22
14	+21,28	-18,13	-2,69	+0,46	3,94	0,83
15	+15,23	- 8,20	-6,78	+0,25	7,75	0,48
16	+19,70	-13,18	-6,78	-0,26	8,55	0,58
17	+ 6,61	- 0,05	-6,78	-0,22	5,25	0,25
18	-21,31	+28,34	-6,78	+0,25	6,23	0,39
19	-21,31	+14,04•	+7,12	-0,15	6,23	0,14
20	+ 6,84	-13,78	+7,12	+0,18	6,35	0,21

$[tvv] = 23,92$



7. táblázat

	Irány	$v \sin \delta$	$v \cos \delta$		Irány	$v \sin \delta$	$v \cos \delta$
$P_1$	3	-0,58	+0,89	$P_3$	11	-0,14	+0,17
	4	-0,73	-0,28		12	-0,07	-0,16
	5	+0,04	-0,01		13	+0,18	-0,06
	6	-0,01	+0,02		14	-0,16	+0,43
	2	+0,51	-0,78		5	-0,04	+0,01
	9	+1,01	+0,38		7	+0,15	-0,42
	13	-0,18	+0,06		17	+0,09	+0,20
	15	+0,12	-0,22		20	+0,12	-0,14
	[ ]	+0,18	+0,06		[ ]	+0,13	+0,03
$P_2$	7	-0,15	+0,42	$P_4$	15	-0,12	+0,22
	8	-0,01	-0,13		16	-0,02	-0,26
	9	-1,01	-0,38		17	-0,09	-0,20
	10	+0,66	-0,12		18	+0,25	0,00
	1	-0,47	+0,09		6	+0,01	-0,02
	4	+0,73	+0,28		8	+0,01	+0,13
	14	+0,16	-0,43		12	+0,07	+0,16
	16	+0,02	+0,26		19	-0,15	0,00
	[ ]	-0,07	-0,01		[ ]	-0,04	+0,03



# ELŐRE NEM LÁTHATÓ MÓDON VÁLTOZÓ HAJLÉKONYSÁGÚ TÖBBTÁMASZÚ TARTÓK ÉS KERETSZERKEZETEK

TICHÝ M.

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

és

VORLÍČEK M.

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

CSEHSZLOVÁK TUDOMÁNYOS AKADÉMIA, PRÁGA

[Beérkezett 1959. június 23-án]

A többtámaszú tartók és sztatikailag határozatlan keretszerkezetek eddigi számítási módszereinek alapját az a feltevés képezi, hogy a mértani alak, az anyagok mechanikai tulajdonságai, a terhelés és egyéb mennyiségek értékei a sztatikai számítás során feltételezettekkel valóban megegyeznek. Egyes mennyiségeket a számításokban határértékeikkel vesszünk figyelembe, attól függően, hogy milyen mértékben befolyásolhatják a feszültséget, a stabilitást és a szerkezet teherbíró képességét.

A számításaink alapjául szolgáló feltevések gyakran nem teljesülnek valóságosan. Bár például számítás közben figyelembe vesszük a támaszok függőleges elmozdulását, számos jelentős mennyiség változását vagy figyelmen kívül hagyjuk, vagy pedig eltúlozzuk azok jelentőségét.

A többtámaszú tartók számításánál az egyes nyílások merevségének, mely az  $l$  támaszoktól és  $EJ$ -től, a keresztmetszet hajlító merevségétől, valamint ezek változásától függ, nagy jelentősége van. Az állandó keresztmetszetű gerendák hajlító merevsége csak a támaszok viszonyától függ. A valóságban azonban az  $EJ$ , a keresztmetszetek hajlító merevsége, nem állandó hanem előre nem látható módon változik. Változásában az  $E$  rugalmassági modulus és a  $J$  inercianyomaték fontosak, melyeket viszont az előállítás nem törvényszerű körülményei befolyásolnak.

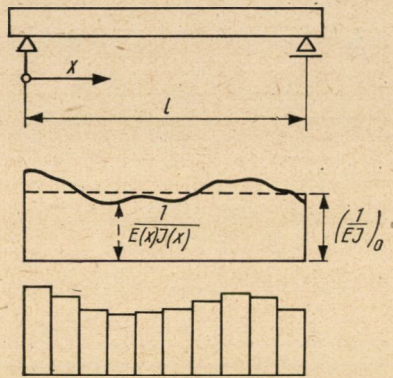
A következő vizsgálatainkban az  $EJ$  hajlító merevség helyett annak reciprok értékét, a  $1/EJ$  hajlékonyságot fogjuk felhasználni. Ez a megoldást lényegesen egyszerűbbé teszi, de az eredményeket és a végső következtetéseket nem érinti.

## A megoldás módszere

Ha az egyes gerendaszakaszokra vonatkozó hajlékonyságot megállapítjuk, az  $1/E(x)J(x)$  értékekhez jutunk, melyek általában eltérnek a statikai számításban figyelembe vett  $(1/EJ)_0$  középértéktől. Ha a gerendát hosszirányban  $\delta x$  elemi részekre osztjuk, akkor minden ilyen elemi részhez egy  $(1/EJ)_0$

hajlékonysági középérték tartozik (1. ábra). Az  $(1/EJ)_0$  értéknek a tartó mentén való változásának diagramja előre nem látható természetű. Egészen kivételes esetekben az  $(1/EJ)_0$  középértékek megoszlása a 2. ábra szerinti lehet. A  $\delta x \rightarrow 0$  határesetben az  $1/E(x)J(x)$  értékeknek a gerenda mentén való megoszlása folytonos görbével ábrázolható, mely valamilyen  $F(x)$  függvény segítségével fejezhető ki.

A 2. ábrán látható hajlékonysági diagramok lehetséges határeseteket ábrázolnak, melyek ugyanakkor a befogott tartó, vagy többtámaszú tartó, illetve keret statikai jellemzőinek meghatározása szempontjából a legkedvezőtlenebbek lehetnek. Ha a hajlékonysági diagram pl. az I típus szerinti, akkor a tartó jobb- és baloldali végén keletkező befogási nyomaték nagyobb



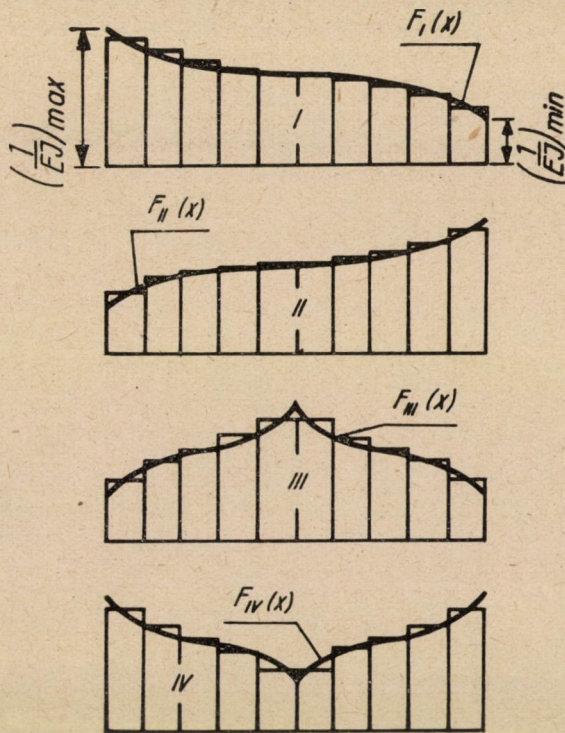
1. ábra

lesz, mint állandó keresztmetszet esetében. Hasonlóképpen csökken a nyomaték a tartó közepén, ha a hajlékonysági diagram a IV típus szerinti.

A  $\delta x$  szakaszoknak megfelelő  $(1/EJ)_0$  hajlékonysági középértékek egy hisztogrammá foglalhatók össze, mely az  $f(1/EJ)_0$  függvénnyel helyettesíthető (3. ábra).

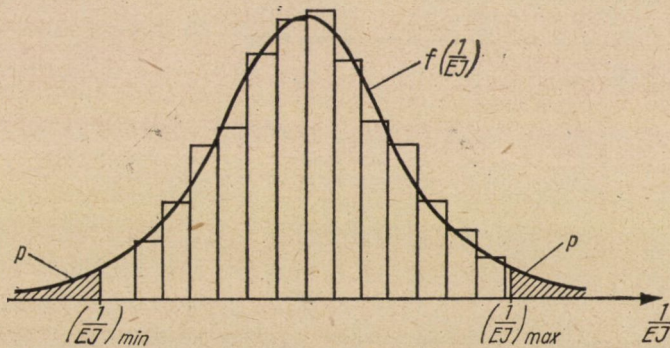
Az  $1/EJ$  értékek statisztikus megoszlásának megállapítása érdekében például 12 egyszerű előfeszített gerendát vizsgáltunk meg. Az  $M$  állandó nyomatékú szakaszokon megmértük az elasztikus vonal görbületét és így módon megkaptuk az  $1/EJ$  hajlékonyságoknak az  $(1/EJ)_0$  középértéktől való relatív eltéréseit. A 138. szakaszon végrehajtott mérések eredményeként a hajlékonyságok variációs együtthatója 7,9%-nak, az oldalirányú eltorzulás pedig  $-0,07$ -nek adódott. Ennek megfelelően a hajlékonyság statisztikus megoszlása közelítően az  $f(1/EJ)$  szimmetrikus függvénnyel fejezhető ki. A hajlékonyságnak egy és ugyanazon gerendában (vagy többtámaszú tartó, illetve keret egyik nyílásában) való megoszlása ugyanilyen jellegű függvény-nyel fejezhető ki.





2. ábra

A hajlékonysági értékeket nagyság szerint rendezve a  $\delta x \rightarrow 0$  határesetben az  $F_I(x)$ , vagy az  $F_{II}(x)$  folytonos függvény adódik (2. ábra). Ez a görbe a hajlékonyság tartómenti megoszlása egyik határesetének felel meg, mégpedig az  $F_I(x)$  az állandóan csökkenő, az  $F_{II}(x)$  ellenben az állandóan



3. ábra



növekvő hajlékonyság esetének. A görbe matematikai kifejezése az  $f(1/EJ)$  függvényből vezethető le.

Analóg módon kaphatjuk meg a hajlékonyság diagramjának két további változatát, az  $F_{III}(x)$ -et és az  $F_{IV}(x)$ -et is. Ezekben az esetekben a következő módon járunk el: minden egyes tartórészt függetlennek képzelünk el és fel-tételezzük, hogy a hajlékonyságok annak mentén úgy oszlanak meg mint az egész nyílásközben. Eközben a gerendát középső keresztmetszetében a legnagyobb mezőnyomaték két részre osztja.

Könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a hajlékonyság változásának lefolyása a tökéletesen befogott tartónál jelentkezik a legkedvezőtlenebb módon. A nyomatéki diagramban mutatkozó eltérés a rugalmasan befogott tartónál, vagy a töbtámaszú gerendánál mindig kisebb. Az egyik végén befogott tartó tekintetében ugyanerre a végkövetkeztetésre jutunk. Éppen ezért a következő tárgyalásaink során csak a tökéletesen befogott tartóval foglalkozunk. Ezenfelül az egyszerűség kedvéért csupán két jellegzetes terhelési módra szorítkozunk, nevezetesen az egy koncentrált erővel, illetve az egyenletesen megoszló erővel való terhelésekre.

A keresztmetszeti hajlékonyságok statisztikus megoszlásának kifejezésére a legcélszerűbb matematikai forma az ún. logisztikus görbe, vagyis az

$$f\left(\frac{1}{EJ}\right) = a \frac{e^{\beta - a \frac{1}{EJ}}}{\left(1 + e^{\beta - a \frac{1}{EJ}}\right)^2}$$

függvény, mivel a szimmetrikus és az empirikus frekvenciamegoszlást jól jellemzi. Előnye ezenfelül, hogy csak két paramétertől függ, nevezetesen a középértéktől és a variációs együtthatótól, melyeket az  $a$  és  $\beta$  állandók magukban foglalnak. A hajlékonysági diagramoknak a 2. ábra szerinti összeállítására a logisztikus frekvenciagörbének megfelelő kumulációs függvényt használjuk fel.

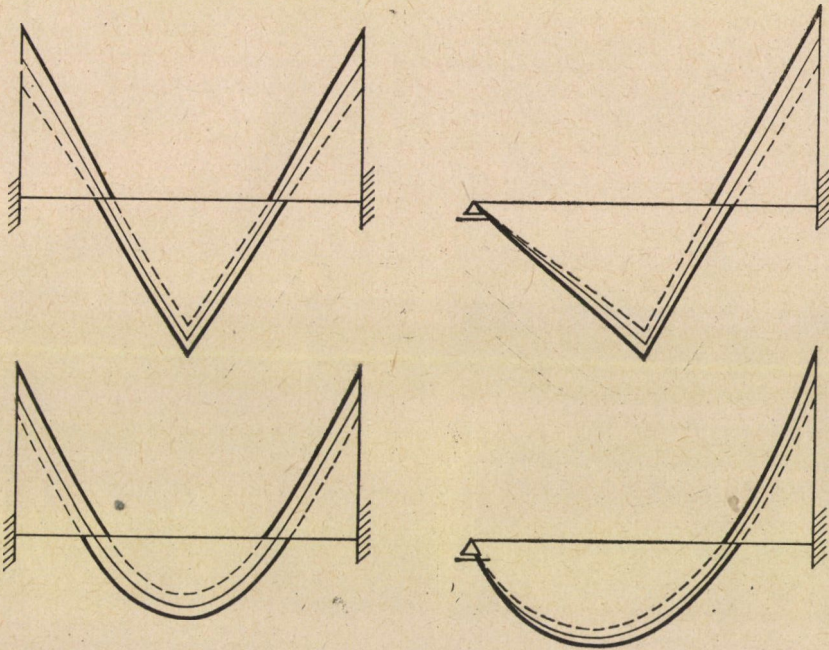
Az  $F(x)$  hajlékonyságfüggvény menete még az értékelőfordulásoknak a statisztikus megoszlás szélein való elméleti kis valószínűségeitől,  $p$ -től is függ. Ez annyit jelent, hogy az elméleti logisztikus megoszlás felhasználásánál elhanyagoljuk a megoszlási görbével és az  $1/EJ$  tengellyel határolt egységfelület mindkét szélén a  $p$  relatív részeket (3. ábra). Gyakorlati szempontból tekintve a  $p$  valószínűségek a hajlékonyságok  $(1/EJ)_{\min}$  és  $(1/EJ)_{\max}$  határértékeit egyértelműen fejezik ki; mi p. o. a  $p = 0,005$  valószínűséget választjuk. A  $p$  értékek befolyása csekély. A számításból kiderül, hogy a nyomatéki ábra eltérése főként a hajlékonyságok variációs együtthatójától,  $v$ -től függ.

## A nyomatékeltérések számítása

A sztatikailag határozatlan tartók hajlító nyomatékainak kiszámítására az ismert alakváltozási egyenleteket használtuk fel, melyek ehelyt való felsorolása felesleges. Ezen egyenletek megoldása céljából meg kell határozni az

$$\int x^n \frac{1}{E(x)J(x)} dx$$

integrál értékét (az  $n = 0, 1, 2, 3$  esetekre). Ebbe az integrálba behelyettesít-



4. ábra

jük az  $1/E(x)J(x)$  függvénynek a hajlékonysági diagramoknak megfelelő kifejezését. A függvénynek az I. típusú hajlékonysági diagramnak (2. ábra) megfelelő kifejezése a következő:

$$\frac{1}{E(x)J(x)} = \left( \frac{1}{EJ} \right)_0 \left[ 1 - \frac{v\sqrt{3}}{\pi} \lg \frac{pl - (1-2p)x}{(1-p)l - (1-2p)x} \right].$$

A hajlékonysági diagram többi változataira hasonló függvénytípusok érvényesek.

Most a mindkét végén tökéletesen befogott gerendára térünk át. Hogy megállapíthassuk az  $M_a$  befogási nyomaték és az  $m_a$  nyomaték közötti, állandó tartókeresztmetszet feltételezése mellett keletkező legnagyobb eltérést, az I típusú hajlékonysági diagramot kell felhasználnunk. A relatív nyomatékeltérések képletei terjedelmes számítások eredményeként adódnak, ezek már csak a  $v$  variációs együtthatótól, a  $p$  valószínűségtől és végül még a terhelés módjától függenek.  $p = 0,005$  érték esetében a nyílás közepén működő  $P$  koncentrált erőnél a baloldali befogási nyomaték eltérésére a következő képlet adódik:

$$\Delta_{aP} = \frac{M_{aP}}{m_{aP}} - 1 = - \frac{0,917 \cdot v - 0,484 \cdot v^2}{1 - 0,834 \cdot v^2} ;$$

míg a tartó egész hossza mentén egyenletesen megoszló  $q$  erő esetében

$$\Delta_{aq} = \frac{M_{aq}}{m_{aq}} - 1 = - \frac{0,762 \cdot v - 0,402 \cdot v^2}{1 - 0,834 \cdot v^2} .$$

Ha a fenti képletekbe  $v$  helyébe  $(-v)$  értéket helyettesítünk, akkor megkapjuk az  $M_b$  jobboldali befogási nyomaték relatív eltérését megadó kifejezéseket (illetve a II típusú hajlékonysági diagram esetében az  $M_a$  baloldali befogási nyomaték relatív eltéréseire vonatkozókat).

A hajlító nyomatéknak a nyílás közepén mutatkozó eltéréseinek megállapításakor a III és IV típusú hajlékonysági diagramokat használjuk fel. A számítás eredményeként a következő végképletek adódnak: koncentrált terhelésnél

$$\Delta_{cP} = \frac{M_{cP}}{m_{cP}} - 1 = \mp 0,527 \cdot v ,$$

egyenletesen megoszló terhelésnél

$$\Delta_{cq} = \frac{M_{cq}}{m_{cq}} - 1 = \mp 0,791 \cdot v .$$

A fenti két képletben a negatív érték a IV típus szerinti hajlékonysági diagramra, a pozitív pedig a III típus szerintire vonatkozik.

Hasonló módon állapítottuk meg az egyik végén tökéletesen befogott tartóra vonatkozólag érvényes képleteket. Ha a tartót koncentrált erő terheli, akkor a számítás nem nagyon tér el az előző esetre vonatkozótól. Ha ellenben egyenletesen megoszló erő képezi a terhelést, akkor a megoldás bizonyos mértékben bonyolult, aminek oka, hogy a maximális mezőnyomaték ilyenkor

nem a tartó közepén, hanem egy másik keresztmetszetben keletkeznek, melynek helye a hajlékonysági diagramtól függ.

A kétfajta terhelésre vonatkozó számítási eredményeket az 1. és 2. sz. táblázatok tartalmazzák, mégpedig az 1. sz. táblázat a mindkét végén befogott, a 2. sz. táblázat viszont a csak az egyik végén befogott tartóra érvénnyel bírókat. A táblázatokban megadott  $\Delta$  nyomatékeltérési értékek a hajlékonyság variációs együtthatójának  $v = 5\%$  és  $20\%$  közötti értékeire számítottak ki. A  $\Delta$  relatív nyomatékeltérések értékeit szemügyre véve megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb eltérés  $1,05 v$ . Az egyik végén befogott tartó esetében az eltérések kisebbek, ami összhangban van a befogás mérvének befolyására vonatkozó ismeretekkel. Az 1. és 2. sz. táblázatok segítségével megállapíthatjuk azt a sávot, amelyben a nyomatéki diagram a változó hajlékonyság hatására elhelyezkedhetik. A keresztmetszetek méretezése szempontjából főleg e sáv határai érdekesek, vagyis a nyomatékok maximális abszolút értékei. A két tartótípusra és a kétfajta terhelésre vonatkozó fent említett sávokat a 4. sz. ábra szemlélteti, az ábrán jelzett határértékeket a jobb szemléletesség kedvéért  $v = 20\%$  variációs együttható alapulvételével határoztuk meg. Feltehető azonban, hogy a variációs együttható gyakorlati esetekben nem nagyobb  $15\%$ -nál; e kérdés tisztázása érdekében ajánlatosnak látszik további tartótípusokkal való újabb kísérletek végrehajtása.

### Többtámaszú tartóknál és kereteknél előforduló nyomatékeltérések

A következőkben a többtámaszú tartókkal óhajtunk foglalkozni. Ismeretes, hogy például egy háromnyílású tartó középső nyílására vonatkozó befogási együttható értéke  $0,333$ . Feltehető, hogy a nyomatékeltérés egy  $10\%$  és  $45\%$  közötti variációs együttható esetében keletkező változó hajlékonyság hatására a tökéletesen befogott tartóra vonatkozó nyomatékeltérést teszi ki a terheléstől és a keresztmetszet helyétől függően. Tekintve, hogy a hajlékonysági diagram határesetei a gyakorlatban nem fordulnak elő, figyelembevéve továbbá azt a körülményt, hogy egy többtámaszú tartó nyílásai rugalmasan befogott tartóknak tekinthetők, lehetővé válik az ezen tartókhöz tartozó nyomatékeltéréseknek a táblázatokban foglalt értékekhez viszonyítva  $50\%$ -kal való csökkentése. Ha többtámaszú tartó tervezése során figyelembe óhajtjuk venni a változó hajlékonyság befolyását, akkor első lépésként az állandó tartókeresztmetszet feltételezése alapján kiadódó  $m$  nyomatékot számítjuk ki, utána az 1. sz. vagy a 2. sz. táblázatban megtaláljuk az idevonatkozó  $\Delta$  relatív eltérést; a számításba veendő nyomaték pedig az alanti képletből adódik:

$$M = \left( 1 + \frac{1}{2} \Delta \right) m.$$

Sztatikailag határozott szerkezeteknél a változó hajlékonyság befolyása nem jut kifejezésre. Ha a többtámaszú tartók vagy keretek hordképességét a képlékenységtan alapján a képlékeny csuklók segítségével számítjuk, akkor a változó hajlékonyság befolyása ugyancsak jelentéktelen. Ez a körülmény a számítási módszer alapján nyilvánvaló. A keresztmetszetek hordképessége más, nem törvényszerű tényezőktől függ.

Egészen más a helyzet, ha a tartónak a repedésképződéssel szembeni biztonságát kell megállapítani. A repedésképződésnél mutatkozó nyomatékmegoszlás majdnem egyezik a rugalmasságtan alapján meghatározott elméleti nyomatékmegoszlással, ennek a plasztikus alakváltozások miatt keletkező változása jelentéktelen. Az egyik keresztmetszetet például úgy terveztük meg, hogy a repedések keletkezésekor működő nyomaték az

$$M_t = k_t \cdot m$$

kifejezésnek feleljen meg, ahol  $k_t$  a repedésképződéssel szembeni biztonsági fokot jelenti. Ezen biztonsági fok értéke nyilvánvalóan csökkenhet is, vagyis

$$k'_t = \frac{k_t}{1 + \frac{1}{2} \Delta}$$

A biztonsági fok csökkentése agresszív hatásoknak kitett acél- és feszített betonszerkezeteknél hátrányos következményekkel járhat. Ilyenkor a változó hajlékonyság befolyása lényeges; amiért is ajánlatos annak ilyen szerkezetek számításánál a határfeszültségeknek megfelelő figyelembevétel.

Meg kell még jegyezni, hogy a hajlékonyság változásának befolyása könyökös gerendáknál vagy kereteknél nagyobb mértékben érvényesülhet, mint ahogy az a számítások alapján várható lenne. Sajnos nincs rá mód, hogy az erre vonatkozó eredményeket ehelyt részletesen ismertethessük, csupán annyit említünk meg, hogy azok a könyökök alakjától függenek. Meg kell azonban állapítani, hogy a könyökök jelentősége nem lényeges.

### Végső következtetések

1. A keresztmetszetek változó hajlékonysága a rugalmasságtan szerint és állandó keresztmetszet feltételezése alapján számított többtámaszú tartóknál és kereteknél a nyomaték megváltozását idézheti elő. Az eltérések azonban soha, még a legkedvezőtlenebb esetben sem haladják meg a 10%-ot.
2. Amennyiben a szerkezet teherbírását a képlékeny csuklók elmélete alapján állapítják meg, úgy a hajlékonyság változásának nincs jelentősége.
3. A keresztmetszetek változó hajlékonysága a repedésképződéssel szembeni biztonság fokozását igényli.



I. táblázat

 $\Delta$  nyomatékeltérési értékek $p = 0,005$  és  $v = 0,05 - 0,20$  esetében

Kétoldalt tökéletesen befogott tartó

Hajlékonysági diagram típusa	A nyomatékeltérés				
	jele	értékei			
		koncentrált terhelésnél		egyenletesen megoszló terhelésnél	
I	$\Delta_a$	-0,89v-től	-0,85v-ig	-0,74v-től	0,71v-ig
I	$\Delta_b$	0,94v „	1,05v „	0,78v „	0,87v „
II	$\Delta_a$	0,94v „	1,05v „	0,78v „	0,87v „
II	$\Delta_b$	-0,89v „	-0,85v „	-0,74v „	-0,71v „
III	$\Delta_c$	-0,53v		-0,79v	
IV	$\Delta_c$	0,53v		0,79v	

2. táblázat

 $\Delta$  nyomatékeltérési értékek $p = 0,005$  és  $v = 0,05 - 0,20$  esetén

Egyoldalt tökéletesen befogott tartó

Hajlékonysági diagram típusa	A nyomatékeltérés				
	jele	értékei			
		koncentrált terhelésnél		egyenletesen megoszló terhelésnél	
I	$\Delta_b$	0,59v-től	0,68v-ig	0,54v-től	0,62v-ig
II	$\Delta_b$	-0,55v „	-0,49v „	-0,50v „	-0,45v „
III	$\Delta_c$	-0,44v „	-0,45v „	-0,42v „	-0,44v „
IV	$\Delta_c$	0,43v „	0,42v „	0,41v „	0,39v „

## ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat azt vizsgálja, minő befolyással van sztatikailag határozatlan szerkezetek (tartók, keretek) esetében a tartó magasságának a kivitel pontatlanságaiból és anyaghibákból származó előre nem látható változása a tartó teherbírására.

A hajlékonyságváltozás statisztikus törvényszerűségét szerzők előfeszített gerendákon végzett mérésekkel állapították meg. Ezek alapján a hajlékonyság változásának 4 lehetséges különleges esetét tárgyalják, s megállapítják, hogy ezekben az esetekben miként módosulnak a sztatikailag határozatlan szerkezetek hajlítónyomatékai a számításban feltételezett ideális állapottal szemben. Vizsgálataik szerint az ily esetben létrejövő nyomatékeltérések nem haladhatják meg az elméleti nyomaték abszolút értékének 10%-át. A tartók hajlékonyságának előre nem látható változása a képlékenység elmélete alapján meghatározott teherbírás szempontjából sem jelentős. Más a helyzet azonban a repedésképződéssel szemben mutatkozó biztonság tekintetében: ebből a szempontból a hajlékonyságváltozás hatása káros, miért is erre való tekintettel nagyobb fokú biztonság kívánatos.



# ULTRAVACUUM-MÉRŐ, ULTRAVACUUM-ELŐÁLLÍTÁS

VÁCZ ISTVÁN és Z. NAGY LAJOS

MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET, ELEKTRONFIZIKAI LABORATÓRIUM

[Beérkezett 1959. október 5-én]

## Ultravacuum-mérő Bayard—Alpert-féle ionizációs manométer mérőfejjel, rádiófrekvenciás húzósságvizsgáló átalakításával

A minél nagyobb vacuum előállításával kapcsolatos kutatásra fékezőleg hatott a konvencionális vacuummérők korlátozott méréstartománya; pl. a Pirani, a McLeod és a Dushman-féle ionizációs manométerrel  $10^{-7}$  Hgmm-nél kisebb nyomások nem mérhetők.

NOTTINGHAM [1] kimutatta, hogy a Dushman-féle ionizációs manométer (szerkezetben trióda vacuumcsőnek felel meg, az anód-henger a negatív feszültségű ionkolektor, a rácshenger a pozitív feszültségű elektronkolektor; a feszültségek a fűtőszálra vonatkoztatottak) alsó méréshatárát a fotoáramának nagysága limitálja, melyet az elektronbombázásnak kitett rácsból kilépő lágy X sugárzás vált ki az ionkolektorból. Kimutatták, hogy a fotoáram nagysága arányos az ionkolektor felületével. A fotoáram csökkentésének szem előtt tartásával a Bayard—Alpert konstruálta invertált ionizációs manométer fotoárama cca. 3 nagyságrenddel kisebb az előzőnél, és így a nyomásmérés alsó határa 3 nagyságrenddel eltolódik az ultravacuum irányában, egész  $10^{-10}$  Hgmm-ig és az alá. (Ezt a rácshenger közepén elhelyezett szál-ionkolektorral érték el, amelynek felülete cca. 3 nagyságrenddel kisebb, mint a Dushman-féle hengeres ionkolektoré. A két fűtőszálat a rácshengeren kívül helyezték el; az egyik pótfűtőszál.)

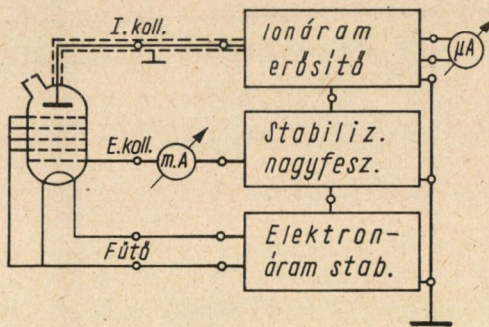
Az ionizációs manométerhez mint mérőfejhez még egy elektronikus egység járul, amellyel együtt képezi a vacuummérő berendezést.

### A) A T. K. I.-ben kifejlesztett rádiófrekvenciás húzósságvizsgáló üzemi paramétereinek ionárammérő kapcsoló-állásnál, átalakítás előtt

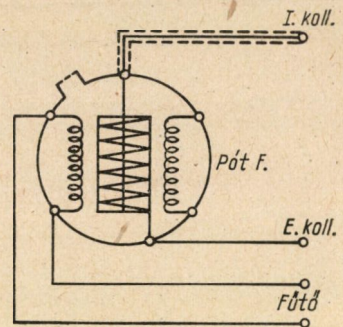
A T. K. I. 2. laboratóriumában kifejlesztettek rádiófrekvenciás tömegspektrométer elvén működő húzósságvizsgáló készüléket. A berendezés használható húzósságvizsgálóra és átkapcsolás után vacuummérésre is a Dushman-féle ionizációs manométer elve szerint. Mérőfejként rádiófrekvenciás tömegspektrométercső szolgál bizonyos rácscok egymással összekötése után [2].

A mérhető nyomástartomány:  $10^{-3} - 10^{-7}$  Hgmm.





1. ábra. A húzósságvizsgáló blokkismája ionárammérő-kapcsolóállásnál



2. ábra. Bayard—Alpert-féle ionizációs manométer

### Megadott üzemi paraméterek:

$$U_e = 124 \text{ V}$$

$$U_p = -37 \text{ V}$$

$$I_e = 2,5 \text{ mA}$$

$$U_f = 3 \text{ V}_{\sim}$$

ahol

$U_e$ : elektronkollektor-fesz.

$U_p$ : ionkollektor-fesz.

$I_e$ : elektronkollektor-áram

$U_f$ : fűtőfeszültség.

A feszültségek a fűtőszálra vonatkoztatottak.

Az ionáramerősítő (egyenáramú) bemenetén alkalmazott 60 mV hitelesítő feszültség a kimeneten 8 egység (80 sko) kitérést idéz elő a 100  $\mu\text{A}$ -es műszeren. Az ionáramerősítő 30 Mohmos maximális bemeneti ellenállása bekapcsolása mellett ( $10^{-7}$  Hgmm-es tartomány) a mikroampermérő 1 egységnyi (10 sko) kitérése megfelel  $1 \cdot 10^{-7}$  Hgmm-es nyomásnak, a készülék kalibrációja alapján.

A fenti adatokból a következő számítások végezhetők el.

#### 1. Az ionáramerősítő áramerősítése

A 30 Mohmos ellenálláson 60 mV feszültségesést hoz létre  $I_p = 2 \cdot 10^{-9}$  A ionáram, ezt az erősítő 80  $\mu\text{A}$ -re erősíti fel. Ebből az áramerősítés:

$$K_a = 4 \cdot 10^4. \quad (1)$$

Az erősítés mértékét tükrös galvanométerrel ellenőriztük, mely az (1)-gyel teljes egyezést adott.

## 2. Numerikus összefüggés az ionáram és a nyomás között

Az  $I_p = 2 \cdot 10^{-9}$  A ionáram megfelel a 30 Mohmos bemenetnél, tehát a  $10^{-7}$  nyomástartományban, 8 egység kitérésnek, vagyis  $p = 8 \cdot 10^{-7}$  Hgmm-nek. A hányados:

$$\frac{p}{I_p} = 4 \cdot 10^2 \text{ Hgmm/A};$$

innen

$$p(\text{Hgmm}) = 4 \cdot 10^2 I_p (\text{A}). \quad (2)$$

(Az  $I_p$  ionáram egyben az ionkollektoráram ebben az esetben.)

## 3. Az alkalmazott mérőfej nyomásérzékenysége

Az ionizációs manométereknél DUSHMAN és ALPERT részéről is alkalmazott [1, 3] definíció szerint az érzékenység:

$$S = \frac{I_p}{I_e \cdot p} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^2} = 1 \text{ Hgmm}^{-1}. \quad (3)$$

Ez megadja az egységnyi elektronáramhoz és egységnyi nyomáshoz tartozó ionáramértéket.

A fentiekből lehet látni, hogy a húzósságvizsgáló átalakítható ultravacuum mérővé.

## B) A készülék átalakítása ultravacuum-mérővé

Az átalakítás a következő lépésekben történt.

1. *Mérőfejcsere.* A spektrométercső helyett alkalmazott mérőfej: Bayard—Alpert-rendszerű, IG-3H („Speedivac”) típusú ionizációs manométer.

A „Speedivac” által megadott üzemi paraméterek:

$$\begin{aligned} U_e &= 150 \text{ V} \\ U_p &= -80 \text{ V.} \end{aligned}$$

A feszültségek a fűtőszálra vannak vonatkoztatva.

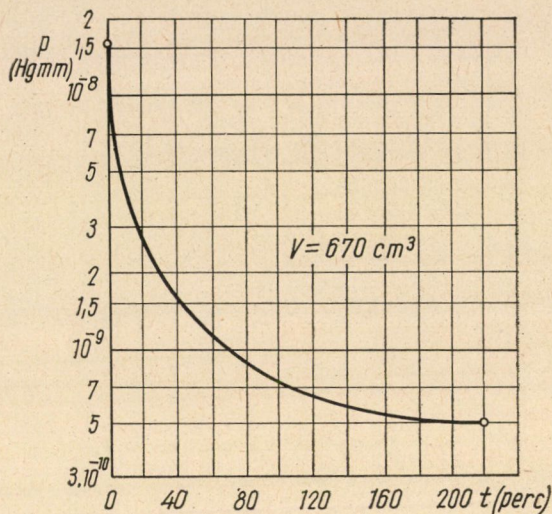
A fenti elektróda-feszültségek mellett az IG-3H mérőfej nyomásérzékenysége:

$$S = 20 \text{ Hgmm}^{-1}$$



(N<sub>2</sub>-re, illetőleg levegőre). Ezen új paraméterek szükségessé tették az átalakítás során az elektródafeszültség-ellátás megváltoztatását a stabilizált nagyfeszültségű egységben.

Az IG-3H típusú mérőfej eredeti példányának működés szempontjából



3. ábra. Az IG-3H típusú mérőfej eredeti (bal) és laboratóriumi példánya

ekvivalens kópiáját több példányban elkészítettük a laboratóriumban (3. ábra).

**Fontosabb méretek :**

Elektron-kollektor (rács) profil

Gerinc-táv 19 mm

Külső magasság 20 mm

Menetemelkedés 1,495 mm

Menet/Zoll 17

Menethossz 38 mm

Menet anyaga Mo 0,125  $\varnothing$

Gerinc anyaga Mo 1,0  $\varnothing$

Gerinc összhossz 60 mm

Ion-kollektor Wo 0,15mm  $\varnothing$

Fűtőspirál külső átmérő 0,7 mm

spirálhossz 38 mm

egyenesvég 4—4 mm

menetszám 86

huzalhossz 174 mm (összesen)

huzal anyaga Wo 0,16 mm  $\varnothing$

## 2. Az elektronáram megnövelése

$$I_e = 10 \text{ mA.}$$

A fentiekből kiszámítható a nyomás és az ionáram közötti összefüggés. A (3)-ból

$$p = \frac{I_p}{S \cdot I_e};$$

behelyettesítés után

$$p(\text{Hgmm}) = 5 \cdot I_p (\text{A}). \quad (4)$$

Az elektronáram megnövelése az elektronáram-stabilizátor újraméretezését vonta maga után. A fűtőfeszültség cca. 12 V~ra emelkedett 150  $\mu$ -os wolframspirál alkalmazása mellett. A katódcsatlakozás a fűtőszál két végéhez képest szimmetrikus megoldást kapott a „Speedivac” közleménynek megfelelően, eltérően a spektrométercsőnél alkalmazott aszimmetrikus csatlakozástól.

## 3. Az ionáramerősítő bemeneti ellenállás-sorának megnövelése egy 300 Mohmos ellenállás betételével

Ezáltal a maximális áramerősítés megnövekedett:

$$K_a = 4 \cdot 10^5. \quad (5)$$

A mikroamper-mérő egy egységnyi (10 sko) kitérésének megfelel a 300 Mohmos ellenálláson átfolyó

$$I_p = \frac{10 \mu A}{K_a} = 2,5 \cdot 10^{-11} A$$

ionkolektoráram.

A (4) felhasználásával,  $p = 5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-11} = 1,25 \cdot 10^{-10}$  Hgmm.

Ebből következik, hogy a 300 Mohmos ellenállás megfelel a  $10^{-10}$ -es nyomástartománynak, a leolvasási faktor: 1, 25.

$$p = 1,25 \cdot p_{\text{leolv.}} \quad (6)$$

A nyomásmérés tartománya így eltolódik az ultravacuum tartományába, méréstartomány:  $10^{-5}$ – $10^{-10}$  Hgmm.

Összehasonlítva az átalakítás előtti és utáni állapotokat, a legérzékenyebb nyomásmérési tartományban a  $\mu A$ -mérő 1 egységnyi kitérésének megfelel az eredetinel  $1 \cdot 10^{-7}$  Hgmm, az átalakítás után  $1,25 \cdot 10^{-10}$  Hgmm. Az ultravacuum irányában való eltolódás mértéke:

$$\frac{1 \cdot 10^{-7}}{1,25 \cdot 10^{-10}} = 800\text{-szoros.}$$

Ez összetevődik a következőkből:

- |                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| a) Relatív érzékenységnövekedés a mérőfejnél | 20/1   |
| b) Az elektronáram megnövelése .....         | 10/2,5 |
| c) A bemeneti ellenállás megnövelése .....   | 10/1   |

Ezen három tényező szorzata 800, megegyezésben a fentivel. Az ionáram-erősítővel indikálható legkisebb áram:

$$I_{p \text{ min}} = \frac{1 \mu A}{K_d} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-12} \text{ A/sko.}$$

Ennek megfelelő legkisebb indikálható nyomásérték (4) felhasználásával:  $p = 1,25 \cdot 10^{-11}$  Hgmm. Ezt az értéket módosítja az ionizációs manométerben keletkező fotoáram.

#### *A fotoáram figyelembevétele a Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerben*

ALPERT—BURITZ (4) mérése alapján a Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerben, melynek mintájára készült az IG-3H típusú (Speedivac) is, a fotoáram értéke:

$$I_{\text{foto}}^h \approx 8 \cdot 10^{-12} \text{ A};$$

*h*: hegyezett (kup) ionkollektor-szál,  
*hl*: hegyezetlen (henger) ionkollektor-szál.

az  $U_e = 150 \text{ V}$

$I_e = 10 \text{ mA}$  üzemi beállítás mellett.

Mivel a fotoáram arányos az ionkollektor felületével, hegyezetlen ionkollektor-szál esetén:

$$I_{\text{foto}}^{hl} \approx 1 \cdot 6 \cdot 10^{-11} \text{ A.}$$

A fotoáram a nyomásmérés alatt az ionáramba belemérődik, és megnöveli azt. Ennek figyelembevételével (4) felhasználásával a korrigált nyomásérték:

$$p_k = 5 \cdot (I'_p - I_{\text{foto}}), \quad (7)$$

ahol  $I'_p$  jelenti az ionkollektoráramot, az ion- és fotoáram összegét (4. ábra).



A (4)- és (6)-ból

$$I_p = \frac{1}{4} P_{\text{leolv.}}$$

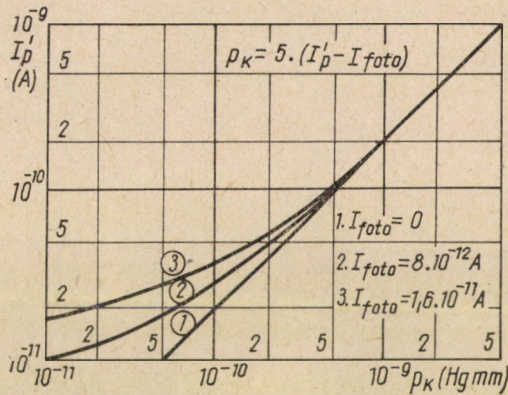
behelyettesítve (7)-be,

$$p_k = 1,25 \cdot P_{\text{leolv.}} - 5 \cdot I_{\text{foto}}, \quad (8)$$

vagy

$$p_k = p - 5 \cdot I_{\text{foto}}. \quad (9)$$

Az I. táblázat összehasonlítást ad a leolvasás, a fotoáramra korrigálatlan nyomás- és a korrigált nyomásérték között, a (8) és a (9) összefüggés alapján behelyettesítve az Alpert—Buritz mérte értéket. A táblázatból



4. ábra. A Bayard—Alpert-féle IG-3H típusú ionizációs manométer ionkollektoráram nyomás grafikonja, a fotoáram figyelembevételével

látszik, hogy a  $10^{-10}$  Hgmm-es tartományban már figyelemre méltó eltérést idéz elő a fotoáram.

A  $10^{-10}$  Hgmm-nél kisebb nyomások mérésénél célszerű a használt ionizációs manométer fotoáramát közvetlenül kimérni a pontosság növelése érdekében.

#### A mérő kalibrálása

Az ultravacuum-mérő berendezést a „Speedivac” értékeknek megfelelően (B.1. pont) beállítottuk. Ezután két egymástól viszonylag független vacuum-vonatkoztatási alappal összehasonlítottuk kalibrálás céljából.

a) A laboratóriumban készült McLEOD abszolút manométerrel a  $10^{-5}$  Hgmm-es tartományban, levegő—gázban ( $N_2$ ) történt kalibrálásakor 20%-on belüli egyezést mutatott.

I. táblázat

P <sub>leolv.</sub> (egység x tartomány)	P (Hgmm)	P <sub>k</sub> <sup>A</sup> (Hgmm)	P <sub>k</sub> <sup>Al.</sup> (Hgmm)
$8,0 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$9,6 \cdot 10^{-10}$	$9,2 \cdot 10^{-10}$
$4,0 \cdot 10^{-10}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$4,6 \cdot 10^{-10}$	$4,2 \cdot 10^{-10}$
$0,8 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$	$6,0 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$
$0,6 \cdot 10^{-10}$	—	—	$10^{-\infty}$
$0,3 \cdot 10^{-10}$	—	$10^{-\infty}$	—

b) A Dushman-féle ionizációs-manométer-fejes vacuummérő berendezéssel a  $10^{-6}$  Hgmm-es tartományban, levegő—gázban végzett összehasonlításakor 15%-on belüli egyezést mutatott.

A megfigyelések alapján azonos típusú ionizációs manométereken belül a geometriai eltérések az érzékenységekben 20% eltérést okozhatnak, erre utal SCHULTZ közleménye is [5]. Következésképpen pontos vacuumméréseknél a mérőfejeket közvetlenül hitelesíteni szükséges abszolút manométerrel, ez utóbbinak megbízható méréstartományán belül.

A Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerrel a vacuummérés százalékos pontossága (figyelembe véve a fotoáram miatti korrekciót is) a  $10^{-10}$  Hgmm-es tartományig (ahol már abszolút manométerrel közvetlenül nem hitelesíthető) nem változik ugyanolyan gázösszetétel mellett, mivel a nyomás és az ionáram között homogén lineáris kapcsolat van, amit ALPERT és BURITZ kísérletileg igazoltak a  $10^{-4}$  —  $10^{-10}$  Hgmm-es tartományban [4]. A linearitási kísérlethez egyebek között 3 db Alpert-féle zsírtalan fém-ultravacuum-szelepet is felhasználtak [6], aminek az átvezetése zárt állapotban cca  $10^{-11}$  l/sec., használata mellett  $10^{-10}$  Hgmm-nél jobb vacuum is tartósan fenntartható; míg a DECKER közölte mágnesesen működő, zsírtalan üveg-ultravacuum-szeleppel [7], melynek átvezetése zárt állapotban cca  $4 \cdot 10^{-4}$  l/sec.,  $10^{-8}$  Hgmm-es vacuum tartható fenn, néhány percen keresztül cca egy literes vacuumrendszerben.

A Bayard—Alpert-féle ionizációs mérővel kapcsolatosan linearitás vizsgálatokat végzett SCHULZ is [5], a  $10^{-4}$  Hgmm-nél nagyobb nyomásoknál, ahol eltérést tapasztalt a linearitástól. Az általa alkalmazott  $I_e = 10^{-4}$  A volt. A linearitástól való eltérést sikerült kiküszöbölnie a rácshoz alkalmazott alsó és felső rácsosfedővel, így a méréshatárt felfelé  $10^{-2}$  Hgmm-ig kiterjesztette.

NOTTINGHAM [8] még SCHULTZ előtt hasonlóval kísérletezett, aki emellett az egész ionizációs mérőt körülvette egy „árnyékolórácscsal”, melyet —100 V feszültségre emelt a fűtőszálhoz viszonyítva, ezáltal az érzékenységet 3-szoros növekedését érte el.

METSON [9] olyan ionizációs mérő vázlatos diagramját közölte, melyben az X sugárzást fékező tér alkalmazásával igen alacsony nagyságrendre sikerült csökkenteni.



Az ionizációs manométerek érzékenysége a gázoktól függően különböző, eltérően az abszolút manométerektől.

DUSHMAN (1945) és WAGENER (1951) méréseket végzett a különböző gázokra és gőzökre vonatkoztatott érzékenységre, viszonyítva mindegyiket a  $N_2$  gázra vonatkoztatott érzékenységhez (nitrogénekvivalens), [1, 3]. Ezekből néhányat mutat a II. táblázat.

II. táblázat

Gáz	Relat. érzékenys.	Gáz	Relat. érzékenys.
$N_2$	1	levegő	$\approx 1$
CO	1,07	$H_2O$	0,89
$CO_2$	1,37	$O_2$	0,85
Kr.	1,90	$H_2$	0,47
Xe $\lambda$	2,70	He	0,16

A mérések értékelésekor megállapították, hogy a relatív érzékenységek az előforduló gázokra vonatkoztatva 2,7 és 0,16 értékek között helyezkednek el. Az érzékenységek a nyomástól függetlenek, amit a linearitási kísérletek igazolnak.

A különböző gázokra vonatkoztatott érzékenységek kísérleti meghatározása és az egyféle gázra vonatkoztatott érzékenység nyomástól való függetlenségének kísérleti igazolása néhány gázra — alapját képezi az ionizációs manométerekkel való vacuummérések megbízhatóságának (ALPERT).

#### Ultravacuum-előállítás getter nélkül

A fémek és félvezetők felületi tulajdonságainak pontos vizsgálatához, meghatározott igen kis mennyiségű „szennyezések”-nek vacuumrendszerbe való beviteléhez  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  Hgmm-es vacuumnál lehetőség szerint jobb vacuumra, ún. „ultravacuum”-ra van szükség, amelyben pl. a letisztított fémek felülete atomosan tisztán tartható a vizsgált időtartamra, esetleg egy óra időtartamra is, amihez  $10^{-10}$ – $10^{-11}$  Hgmm-es igen kis nyomások előállítására (mérésére) és fenntartására van szükség, ugyanis BECKER és HARTMAN kutatásai szerint [10] tiszta wolfram felületen,  $N_2$  gázban,  $10^{-6}$  Hgmm-es tartományban egy monoréteg képződésének (adszorpcióval) ideje cca 1 sec.,  $10^{-10}$  Hgmm-nél pedig néhány óra.

A mennél nagyobb vacuum előállításával kapcsolatosan az irodalomban kiemelik a vacuumrendszer jó zártságának, kihevíthetőségének, a diffúziós szivattyúk minél jobb kifagyasztókkal való ellátásának fontosságát. Úgyisint fontos kihevíthető zsirtalan fémszelepek alkalmazása a vacuumrendszernek a diffúziós szivattyútól való elzárására.

Az ultravacuum előállítása a nagyvacuumhoz viszonyítva fokozott előkészítést, anyagkiválasztást, letisztítást, kikezelést és leszívást kíván meg, melyre az irodalomban [1, 3, 4] nyomatékosan felhívják a figyelmet.

Ezzel kapcsolatban az alábbiakban felsorolt szempontok az irodalomból merítettek, részben pedig a laboratóriumban a tapasztalatok alapján alakultak ki.

#### *Az anyagok kiválasztása a vacuumrendszer számára*

Irodalmi adatok alapján a legkevesebb gázmennyiséget tartalmazó anyagok sorrendben, amelyek leginkább használatosak vacuumrendszerben: wolfram, molibdén, nagy tisztaságú réz stb.

Lehetőség szerint az első kettőből célszerű készíteni bevezetőket, fűtőszálakat, ionkollektorokat, rácsokat, minimális anyagból összeállított tartó szerkezeteket. A vizsgálandó anyagot célszerű kihevíthető formában bevinni, amennyiben erre van lehetőség.

A rendszert körülvevő búra anyagának a kemény üveg alkalmas.

#### *Összeszerelés és tisztítás*

Célszerű a bombázandó alkatrészeket megfelelő vastagságú bevezetőkkel ellátni az üveg túlhevülésének elkerülésére (1–3 mm átmérő), úgyszintén a fémalkatrészeket különösen a hegesztés és az üvegbúraforrasztás után lehetőség szerint lepolírozni (szennyezés-eltávolítás, oxidmentesítés). A részleges elektrolitba-mártás bevált az erősebben oxidált részek polírozásánál a vékonyabb tiszta részek további elvékonyodásának megelőzése szempontjából.

J. TODD kutatásai szerint [11] az üveg belső felületéről az adszorbeált gázmolekula rétegeket hatásosan eltávolítja az 1%-os fluorsavval való mosás 3 perc időtartamig, anélkül, hogy az üveget mattá tenné. Egyéb savakkal hasonló eredményt nem tudott elérni.

#### *Az üvegbúra és a fémalkatrészek gáztalanítása a diffúziós szivattyúval való szívatus alatt*

J. TODD az „Outgassing of glass” c. közleményében [11] leírtakból következik, hogy az üveg hevítését a lágyulási pontja alatti hőmérsékleten célszerű végezni, amit az maradé deformáció nélkül elbír (mészszóda üvegnél maximum 520 C°).

Az üveg hevítésének célja:

1. A felületén adszorbeált gázok eltávolítása; ez bekövetkezik 300 C°-on felüli hevítéskor 1 óránál rövidebb idő alatt.

2. Az üvegben elraktározódott vízmennyiségnek diffúzió útján való eltávolítása, részben.

A diffúziós konstans az abszolút kiégetési hőmérsékletnek exponenciális függvénye. A kidiffundált össz-vízmennyiség a kiégetési idő négyzetgyökével lineárisan nő.

TODD szerint megadható a használatos üvegfajták bármelyikére két karakterisztikus konstans, melynek alapján előre meghatározható, hogy egy bizonyos ismert kezelést kapott üvegből mennyi vízmennyiség diffundál ki bizonyos idő alatt adott hőmérsékleten; vagyis mennyire rontja egy zárt rendszer vacuumát. Méréseiből levont következtetései alapján az üveg teljes kigáztalanításához több éves hevítésre is szükség lenne.

A laboratóriumban a gyakorlat alapján kielégítőnek mutatkozott a használt kemény-üvegnek  $480\text{ C}^\circ$ -on való hevítése.

ALPERT szerint [1b]  $10^{-10}$  Hgmm-es vacuum eléréséhez és fenntartásához az üvegrendszernek cca. 8 órai hevítés szükséges  $400\text{--}500\text{ C}^\circ$  melletti hőmérsékleten.

G. COMSA és G. MUSA [12] összesen 20 óráig hevítette több szakaszban a vacuumrendszert, éjszakai megszakításokkal, 3–4 napon keresztül.

A laboratóriumban ez utóbbi eljárás mód vált be, tekintve, hogy jelenleg nem volt megvalósítható az éjjel nappali folyamatos üzem, amit Alperték megoldottak automatizált biztosító berendezéssel.

A fémalkatrészek gáztalanításához bevezettük az ALPERT alkalmazta és bevált elektronbombázást, a nagyfrekvenciás hevítés helyett, az ionizációs manométerek kezelésénél. Ez megvalósítható a közvetlenül összekötött ionkollektor-elektronkollektor és az izzószál közé kapcsolt cca.  $750\text{ V}$ -os egyen- vagy váltófeszültség segítségével,  $75\text{ W}$  (maximum  $100\text{ W}$ ) elektronbombázó energiával.

A szükséges bombázó áramot a fűtőfeszültség fokozatos növelésével állítottuk be.

Ilyen mértékű bombázáskor az ionizációs manométer fémrészei  $1200\text{ C}^\circ$  fölé hevülnek.

A laboratóriumban  $2 \times 1$  órás elektronbombázást alkalmaztunk, egy napos közbenső megszakítással.

HAGSTRUM utal arra [13], hogy a molibdén alkatrészek  $1700\text{ K}^\circ$  melletti pillanatnyi hevítés hatására ledobják magukról az összes abszorbeált molekulákat, wolframnál ugyanez az állapot  $2200\text{ K}^\circ$ -nál következik be.

A fémrészek felhevítésének határt szab az aktív kisülés megakadályozására irányuló törekvés és a bevezető lábak felmelegedése.

Az ionizációs manométer kibombázása mellett célszerű a vacuumrendszerben levő összes fémrészek lehetőség szerinti fokozatos felhevítése elektronbombázással, vagy nagyfrekvenciás hevítéssel vagy áramátvezetéssel a gáztalanítási eljárás alatt, miközben a diffúziós szivattyú működik.

Számos kutató ajánlja a fémrészek kigáztalanítása után az üvegfal ismételt hevítését, majd a fémrészek ismételt bombázását a szennyező gázmolekulák ide-oda vándorlása miatt.

Ebből kézenfekvőnek látszik az egyidejűleg folytatandó hevítés, fonálizzítás, elektronbombázás és vacuumérés megoldásának célszerűsége.

#### *A vacuumrendszernek gázátvezetés szempontjából való elkülönítése a diffúziós szivattyútól*

ALPERT két sorbakapcsolt olajdiffúziós szivattyút használt a vacuumrendszer leszívásához, aminek végvacuuma  $10^{-8}$  Hgmm nagyságrendű volt. A diffúziós szivattyúnak a vacuumrendszertől való elkülönítése szükségességénél abból a dinamikus szemléletből indul ki, hogy a diffúziós szivattyú a végvacumnál nagyobb vacuumnál, amely pl. Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerrel előállítható, a rendszert szennyező gázforrásként működik. A rendszer lezárására ALPERT fémultravacuum-szelepet alkalmazott [6].

Ez az eljárás átvihetőnek látszik getterek (Ti, Zr, Ta stb.) alkalmazására is, amikor a diffúziós szivattyú kiegészítéséül, vagy önállóan alkalmazott getterek elérik végvacuumukat (az irodalom szerint ez Ti-getternél ionizáció mellett  $10^{-9}$  Hgmm-nél bekövetkezik), és ha ez kisebb, mint a rendszerben levő ionizációs manométer végvacuuma, akkor a getternek a vacuumrendszertől való elkülönítése megakadályozza annak nagyobb vacuumnál mutató szennyező hatását; ez származhat reversibilis gázlekötésekből vagy a getter gőznyomásától.

A laboratóriumban kifagyasztóval ellátott, csapmentes higanydiffúziós szivattyút használtunk. A kifagyasztója az 1958. évi Namuri Nemzetközi Vacuumtechnikai Konferencián ismertetett és később közölt [14] (Philips) kettős-gömb-falú tökéletesített kifagyasztó mintájára készült, melynek végvacuuma méréseink szerint a  $10^{-9}$  Hgmm-es nyomástartományba esik, kigáztalanított rendszerben.

A rendszernek a diffúziós szivattyútól való elkülönítése forrasztással történt. A forrasztással cca 1 l-es térfogat esetén a rendszer vacuuma cca. egy nagyságrenddel romlott ( $10^{-8}$  Hgmm-es tartományba romlott).

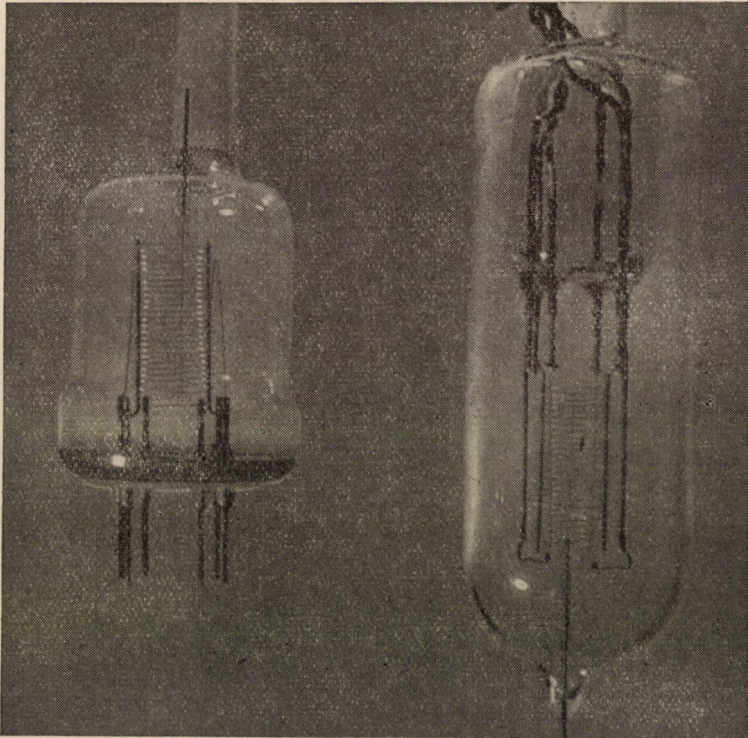
A levételt meleg üvegbúra mellett végeztük.

#### *A lezárt rendszernek a Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerrel való tovább szívátása*

ALPERT közlése szerint egy szivárgásmentes rendszerben a szeleppel történt elzárástól számítva az ionizációs manométernek cca. 1 órán keresztüli működtetésével el lehet érni a  $10^{-9}$ — $10^{-10}$  Hgmm-es nyomástartományt.

A laboratóriumban a leírt módon összeállított, gáztalanított és leszívott  $670 \text{ cm}^3$  térfogatú rendszerben, amely állott két Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerből (5. ábra), az egyik ionizációs manométert néhány órán keresztül működtetve,  $p = 5 \cdot 10^{-10}$  Hgmm nagyságú ultravacuumot állítottunk elő, melyet hosszabb ideig fenn lehetett tartani (6. ábra).

Egy  $500 \text{ cm}^3$ -es hasonló szerkezetű, a leírt módon gáztalanított rendszerben  $p = 2 \cdot 10^{-10}$  Hgmm-es ultravacuumot állítottunk elő.



5. ábra. Vacuumrendszer.  $V = 670 \text{ cm}^3$

Az ionizációs manométer szívóhatásának matematikai leírására ALPERT

[1] a

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{S}{V} (p - p_v) \quad (10)$$

differenciál egyenletet alkalmazta, amelyben

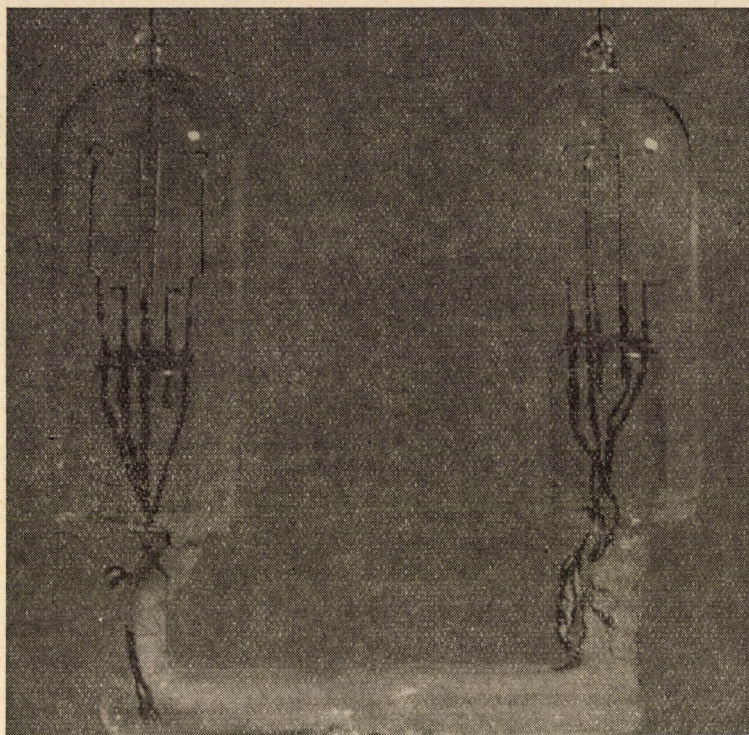
$S$  : az elektromos szívósebesség (l/sec.)

$V$  : a vacuumrendszer térfogata (l)

$p_v$  : a rendszerben elérhető végvacuum (Hgmm).



JOUNG kimutatta, hogy  $S$  értéke az ionizációs manométer üvegfalának telítődésétől függően (függ  $p$ -től) csökken, a telítődés bekövetkezésekor (néhány monoréteg a falon) az  $S \approx 0$  lesz. A telítődés  $10^{-9}$  Hgmm állandó nyomás mellett Alpert mérése szerint az ionizációs manométert 75 napon



6. ábra. A vácuumszisztem leszívása Bayard—Alpert-féle ionizációs manométerrel

keresztül működtetve, még nem következett be, ezért gáztalanított rendszerben  $S$  konstansnak vehető. A (10) megoldása:

$$p = p_v + (p_0 - p_v) \cdot \exp. \cdot \left( -\frac{S}{V} \cdot t \right), \quad (11)$$

amelyben  $\frac{V}{S} = \tau$ , a rendszer karakterisztikus időállandója.

Egy vácuumszisztemben a szívás alatt lejátszódó folyamatok általában összetettebbek (11)-nél, melyek függnek az időközbeni felmelegedésektől, a gázösszetétel változásától, a kémiaiag aktív gázok jelenlététől; ez utóbbiak hatásának figyelembevételére ALPERT a kémiai szívósebesség fogalmát használta fel.

SCHWARZ és ALPERT az ionizációs manométer normál beállítása mellett ( $U = 150$  V,  $I_e = 10$  mA) az elektromos szívósebességre kísérletileg ( $10^{-5}$  Hgmm-es tartományban,  $N_2$  gázban) és elméletileg  $S \approx 0,02$  l/sec. értéket kaptak; kísérletileg pontosabban a  $p \gg p_v$  tartományban értékelhető ki a  $\frac{dp}{dt} = -\frac{S}{V} \cdot p$  egyenletből az  $S = \frac{-V \cdot dp}{p \cdot dt}$  formula alapján.

A mérésből kiértékelés eredményeképpen a következő értékeket kaptuk:

$$S > \frac{670 \cdot 10^{-3}(1)}{1 \cdot 10^{-8}(\text{Hgmm})} \cdot \frac{7 \cdot 10^{-9}(\text{Hgmm})}{48(\text{sec.})} \approx 0,01 \text{ l/sec.}; \tau < 67 \text{ sec.}$$

a használt ionizációs manométerre és vacuumrendszerre.

G. COMSA és G. MUSA közlést adott [12] egy ionizációs szivattyú típusról, amelynél a fűtőszál a rácson belül van elhelyezve, a harmadik elektródát az üvegfal képezi;  $U_e = 200 - 300$  V,  $I_e = 10$  mA beállítás mellett  $S \approx 0,2$  l/sec.-ot értek el. A tartókat üveggel vonták be, az ionizációs szivattyú jól gáztalanítható volt; nyomásmérésre nem alkalmas.

#### *A héliumnak az üvegen keresztüli diffúziója*

A (10) egyenletből:

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{S}{V} \cdot p + C, \quad (12)$$

amelyben

$$C = \frac{S \cdot p_v}{v}. \quad (13)$$

A  $p_v \neq 0$  oka az, hogy a rendszerbe belső vagy külső forrásból gáz áramlik, melynek beáramlási sebessége a  $p_v$  nyomáson éppen egyenlő az ionizációs manométer szívósebességével; ami abból is belátható, hogy a végvacuum a szívás és beáramlás egyensúlyba jutásával áll be. A C jellege nyomás/idő, a beáramló gáz okozta időegységre eső nyomásnövekedést adja meg.

ALPERT—BURITZ mérései szerint [4] egy  $400 \text{ cm}^3$ -es rendszerben  $C \approx 3 \cdot 10^{-11}$  Hgmm/perc konst. volt 75 napon keresztül, mialatt a rendszerben a vacuum leromlott  $10^{-9}$ -ről  $10^{-6}$  Hgmm-re, közben a rendszerben levő gázok parciális nyomását vizsgálták az idő függvényében tömegspektrográffal. Azt találták, hogy csak a He parciális nyomása növekedett, és ez az idővel lineárisan nőtt. Az állási idő alatt a rendszert nem szívatták.

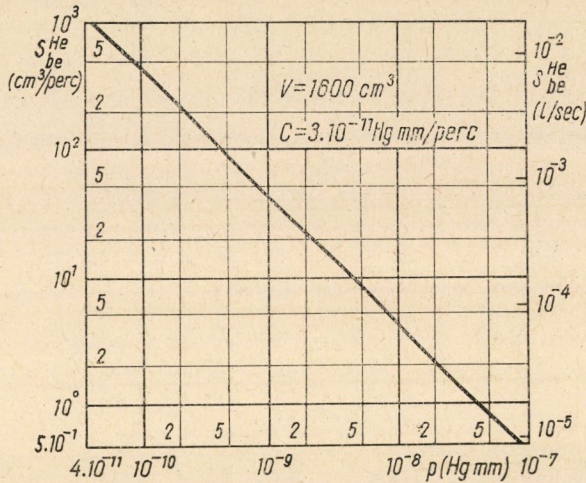
A C értékére  $10^{-11}$  Hgmm/perc nagyságrendet kaptunk. Ez az érték függ a He-nak az atmoszférában való koncentrációjától (cca.  $1 : 10^6$ ), a rendszer üvegfelület/vacuumbertérfogat-viszonyától, az üveg anyagától,  $10^{-6}$  Hgmm alatt nem függ a nyomástól.



Mivel  $C$  konstans, a kinetikai gázelméletből következik, hogy az üvegfalon az időegység alatt átdiffundált He-atomok száma állandó, míg a He-nak térfogat/idővel megadott beáramlási sebessége a rendszer  $p$  nyomásával fordítottan arányos, és nagysága a (13)-ból (7. ábra)

$$S_{\text{be}}^{\text{He}} = \frac{C \cdot V}{p} \quad (14)$$

Ez azt jelenti, hogy míg az ALPERT által ( $V \approx 1600 \text{ cm}^3$ -es térfogat



7. ábra. A He bediffundálási sebessége egy szokásos üvegburájú vacuumrendszerbe

mellett) a kedvező esetben (fém-ultravacuum-szeleppel) elért minimális nyomásnál: a  $p_v \approx 4 \cdot 10^{-11}$  Hgmm-nél az

$$S_{\text{be}}^{\text{He}} \approx S \approx 0,02 \text{ l/sec.} = 1200 \text{ cm}^3/\text{perc.}$$

addig (14) alapján

$$p = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Hgmm-nél } S_{\text{be}}^{\text{He}} \approx 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{perc.}$$

Az az idő amely alatt a vacuumrendszer nyomása a He diffúziója miatt  $10^{-10}$  Hgmm-ről  $p_2 = 3 \cdot 10^{-7}$  Hgmm-re romlik:

$$\frac{p_2 - p_1}{C} \approx \frac{3 \cdot 10^{-7} \text{ Hgmm}}{3 \cdot 10^{-11} \text{ Hgmm/perc}} \approx 1 \text{ hét,}$$

ha ezalatt nincs szívatva.

A (12) egyenlet integrálja:

$$p = C \cdot \tau + (p_0 - C\tau) \cdot \exp. \left( -\frac{t}{\tau} \right); \quad (15)$$

$$t = \infty\text{-nél } p = p_v = C \cdot \tau. \quad (16)$$

ALPERT a (16)-ot használta a végvacuum elméleti megbecslésére, az ebből kapott érték megegyezésben volt a kísérletileg kedvező esetben elért végvacuummal.

A (16)-ba helyettesítve a  $\tau$  szokásos kifejezését, kapjuk:

$$p = p_v = \frac{C \cdot V}{S},$$

ami megegyezésben van a (10)-ből kapott (13)- és (14)-gyel.

Érdekességképpen megemlíthető, hogy szokásos vacuumrendszerben a fentiek alapján az elméleti  $p = 10^{-\infty}$  Hgmm-ről (abszolút vacuum), amely extrapolációval elérhető, a vacuum 1 perc alatt  $10^{-11}$  Hgmm nagyságrendűre leromlana, ha a rendszerben szivatas nincs, a He bediffundálása következtében.

A He bediffundálása csökkenthető a vacuumrendszernek egy külső vacuumrendszerbe helyezésével [15], vagy a búraanyag megváltoztatásával.

### Flash-filament módszer

Az ultravacuum mérése (ionizációs manométerrel) mellett a rendszerben levő felületek tisztán maradásának foka az idő függvényében közvetlenebbül ellenőrizhető a flash-filament (fonál-villantásos) módszer alkalmazásával, amely a vacuumban levő fonál vagy szalag két felvillantása közötti időből és a második felvillantáskor felszabadult gázmennyiségből (nyomásnövekedésből) lehetővé teszi a monoréteg kialakulás idejének ( $t_m$ ) meghatározását állandó „háttérnyomás” mellett [10, 13]. A kinetikai gázelmélettel igazolhatóan és BECKER—HARTMAN mérései alapján a rendszerben levő adszorbeálható gázok parciális nyomása és a monoréteg kialakulásának ideje között a következő kapcsolat áll fenn:

$$p_{\text{parc.}} \cdot t_m \approx \text{konstans.} \quad (17)$$

A konstans értéke nitrogénre-wolframra:  $\approx 10^{-6}$  Hgmm · sec.

A laboratóriumban végzett mérés szerint  $p_0 = 2 \cdot 10^{-7}$  Hgmm teljes nyomásnál levegőre-wolframra  $t_m \approx 15$  sec.-ot kaptunk (8. ábra).

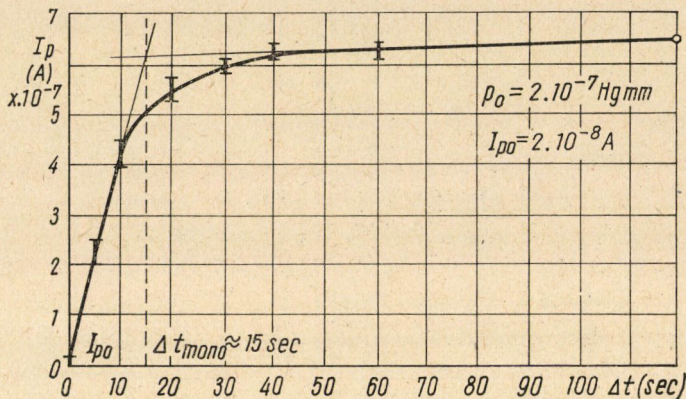
APKER [16] a flash-filament módszerrel mérte a nyomást, és a zárt rendszerben a He diffúziója miatt nyomásnövekedést nem észlelt; amiből az



következett, hogy a He számottevő módon nem adszorbeálódott. Úgyszintén kimutatták, hogy a He-nak nem nagy koncentrációban való jelenléte a fémek kilépési munkáját nem változtatta meg.

A flash-filament módszerrel a (17) összefüggés alapján  $t_m$  mérésével lehetőség van zárt rendszerben az adszorbeálható gázok parciális nyomásának becslésére.

A fentieknek megfelelően, az ismertett ultravacuum-mérővel mért, a leírt módon előállított  $10^{-10}$  Hgmm-es nagyságrendű ultravacuum lehetővé



8. ábra. Monoréteg kialakulási idejének meghatározása flash-filament módszerrel

teszi a néhány órás monoréteg kialakulási idő mellett, hogy a laboratóriumban a vizsgálandó fémmel vagy félvezetővel kapcsolatosan 5–10 percig tartó mérést vagy mérés-sorozatot lehessen elvégezni, amely idő alatt a vizsgálandó felület atomosan tisztának vehető.

#### IRODALOM

- 1a. WINTER—VÁMBÉRI—FISCHER—TOMASCHEK—KONCZ—RÉDL: Vákuumtechnika II. (1954).
- 1b. ALPERT: Journ. Appl. Phys. 24, p. 860 (1953).
2. VÁRADI, P. F. and SEBESTYÉN, L. G.: Journ. Sci. Instr., 33, No 10 (1956).
3. DUSHMAN: Scientific Foundations of Vacuum Techniques. (New York, 1949).
4. ALPERT and BURITZ: Journ. Appl. Phys. 25, p. 202 (1954).
5. SCHULZ, G. J.: Journ. Appl. Phys. 28, p. 1149 (1957).
6. ALPERT: Rev. Sci. Instr. 22, p. 536 (1951).
7. DECKER, R. W.: Journ. Appl. Phys., 25, No 11 (1954).
8. NOTTINGHAM, W. B.: Design and properties of the modified Bayard-Alpert gauges. Vacuum Symposium Transactions, Boston (1954).
9. METSON, G. H.: Brit. Journ. Appl. Phys., 2, p. 46 (1951).
10. BECKER, J. A. and HARTMAN C. D.: Journ. Physical Chemistry. No 2, p. 153 (1953).
11. TODD, B. J.: Journ. Appl. Phys. 26, p. 1238 (1955).
12. COMSA, G. and MUSA, G.: Journ. Sci. Instr., 34, No 7 (1957).
13. HAGSTRUM, H. D.: Rev. Sci. Instr., No 12, p. 1122 (1953).
14. VENEMA und BANDRINGA: Philips Technische Rundschau. No 2 (1959).
15. VARNERIN, L. J. and WHITE, D.: Journ. Appl. Phys., 25, No 9 (1954).
16. APKER: Ind. Eng. Chem. 40, p. 846 (1948).



## ÖSSZEFOGLALÁS

WINTER Ernő akadémikus útmutatásai alapján az igen nagy vacuum, ún. ultravacuum ( $10^{-6}$ — $10^{-7}$  Hgmm-nél kisebb nyomás) előállításának és mérésének problémájával foglalkoztunk, melynek során  $10^{-5}$ — $10^{-10}$  Hgmm-es nyomástartományban ultravacuum-mérő berendezést készítettünk, és  $10^{-10}$  Hgmm-es nagyságrendű ultravacuumot állítottunk elő, mely a fémek és félvezetők felületi tulajdonságainak vizsgálatánál (kilépési munka, szekunder-emisszió, tranzistor-kutatás stb.) szükséges.

\*

Ezúton fejezzük ki köszönetünket WINTER Ernő és SZICETI György akadémikusoknak elvi útmutatásaikért.

És e helyen köszönjük meg az Elektronfizikai Osztály dolgozóinak azt a színvonalas és értékes segítséget, amely nagymértékben járult hozzá eredményeink eléréséhez. HAMMER Ferenc technológiai és szerkesztési munkáját, GEDE András színvonalas üvegtechnikai megoldásait, PETŐFI Sándor mechanikai természetű segítségét, BARANYI Sándorné gondos szerelését, TÖRÖS Róbert McLeod-méretezési és hitelesítési munkáját és SZELÉNYI Tibor értékes irodalmi útmutatásait.



# AKUSZTIKAI BERENDEZÉSEK ZAJOSSÁGA

VALKÓ IVÁN PÉTER

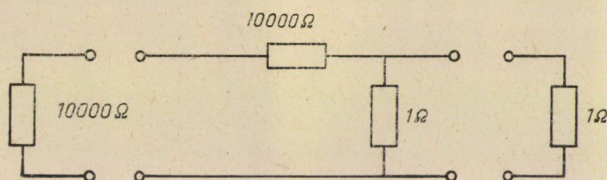
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA  
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, ELEKTRONCSŐTECHNIKAI TANSZÉK

[Beérkezett 1959. október 16-án]

## I. A mikrofon mint négypólus

A zaj egyike azoknak a fogalmaknak, amelyek a technikai nyelvben új értelmet kaptak. A híradástechnikában szinte elvesztette akusztikai jelentőségét. Amikor csőzajról, zajtényezőről beszélünk, szinte már nem is gondolunk arra, hogy a zaj tulajdonképpen akusztikai jelenség. Ennek aztán az a következménye, hogy — miközben az alkalmazott eszközök zaja központi kérdés lett az átviteltechnikában — alig tárgyalják a teljes hangerősítőberendezések zaját, amelyben a mikrofon a döntő. (Az általánosan bevett szokásnak megfelelően a zaj fogalmát ezúttal is a statisztikus ingadozásokból eredő hangokra vonatkoztatjuk, tehát nem soroljuk ide a zörejeket, hálózati bűgást, áthallást stb.)

Régebbi és ma már túlhaladott közleményeket nem tekintve, mikrofonok zajával WEBER foglalkozott legalaposabban 1943-ban [2]. Nagyrészt arra a



I. ábra. Passzív négypólus,  $F = 40\,000$  zajtényezővel

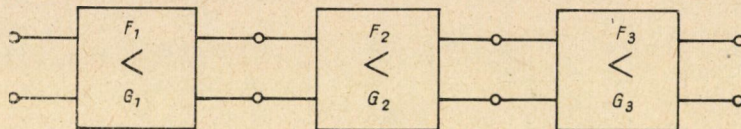
munkára támaszkodik a későbbi akusztikai szakirodalom. Általánosabban tárgyalja a kérdést a zajról szóló könyvében VAN DER-ZIEL [8]. A jelenlegi tanulmány ezeket a munkákat két irányban óhajtja kiegészíteni. Egyrészt a mikrofonokat nem önmagukban, hanem a gyakorlati felhasználásnak megfelelően mint teljes erősítőberendezések elemeit vizsgálja, másrészt pedig egyszerű összefüggéseket állít fel a zaj és a felhasznált mikrofon egyéb tulajdonságai között.

Ezekhez az egyszerű összefüggésekhez az vezet el bennünket, ha felismerjük, hogy energiafelvétel szempontjából a mikrofon négypólusnak, az átalakító mikrofonok négyféle fajtája pedig ezen belül passzív négypólus-



nak tekinthető. A véletlen ingadozásokból eredő termodinamikai jel pedig olyan általános jelenség, amely az energia nemétől független.

Az átviteltechnika a négypólusokra a zajtényező fogalmát vezette be. Ez a szám azt adja meg, hogy a kimeneti oldalon ténylegesen keletkező zajteljesítmény hányszor nagyobb annál az értéknél, amely a bemeneti oldalon keletkező termodinamikai zaj átviteléből következne. Az 1. ábrán látható hálózatnál például a bemeneten is, a kimeneten is,  $KT \Delta f$  az optimális illesz-



2. ábra. Egymásután kapcsolt négypólusok

tés beálltakor keletkező zajteljesítmény; mivel azonban a rendszer teljesítményerősítése illesztett esetben körülbelül  $2,5 \times 10^{-5}$ , a zajtényező

$$F \approx 4 \cdot 10^4,$$

illetve 46 decibel.

A zajtényező használatának előnye akkor bontakozik ki, ha több négypólust kapcsolunk láncba egymás után, például erősítő fokozatokat kapcsolunk kaszkádba. Itt ugyanis nagyon könnyen számítható ki a teljes berendezés zajtényezője (2. ábra):

$$F = F_1 + (F_2 - 1)/G_1 + (F_3 - 1)/G_1 G_2 + \dots, \quad (1)$$

ahol  $G_n$  a négypólus teljesítményerősítése (azaz az átviteli hatásfok reciprok értéke) az illesztetlenségi veszteségek figyelembevételével. Erősítő fokozatok esetében rendszerint csak az első egy-két fokozat járul számottevően a zajtényezőhöz.

A következőkben a mikrofon bemenetén, tehát az akusztikai, illetve mechanikai oldalon keletkező zaj nagyságát határozzuk meg, mégpedig két egymástól teljesen független módszerrel:

- a) NYQUIST tételének alkalmazásával és
- b) a kinetikai gázelemélet segítségével.

NYQUIST közismert tétele teljesen általános és így mechanikai rendszerekre is vonatkozik. Eszerint a levegő és a mikrofon között  $\Delta f$  frekvenciasávban teljes illesztés esetében  $kT \Delta f$  zajteljesítmény cserélődne. A teljes illesztés akkor állna be, ha  $A$  hatásos membrán felülettel rendelkező mikrofon akusztikai ellenállása  $\rho c/A$  lenne. Itt  $\rho$  a levegő sűrűsége,  $c$  a hang terjedési sebessége,  $\rho c$  pedig a levegő fajlagos hullámellenállása. A hangnyomás és

hangteljesítmény közötti összefüggésből következik, hogy a zajnyomás effektív négyzetes értéke

$$\bar{p}^2 = kT \Delta f \rho c/A. \quad (2)$$

A gyakorlati esetek túlnyomó részében a mikrofon akusztikai ellenállása sokszorta nagyobb, mint a levegőé. Meg kell vizsgálnunk, hogy az ebből eredő illesztetlenség mennyiben befolyásolja a nyomás értékét. Felületesen nézve a kérdést az az elektromos analógia ötlük eszünkbe, amikor egy generátort igen nagy ellenállással terhelünk. A szakadás esetét megközelítve a kapcsolási feszültség az illesztési érték kétszeresére emelkedik. Így a mi esetünkben azt kellene várnunk, hogy a nyomás kétszeres, a négyzetes érték tehát négyszeres értékű lesz (amint a szakadással lezárt  $R$  ohmos elektromos ellenállás sarkain mérhető zárfeszültség négyzetes értéke valóban  $4 k T \Delta f R$ ).

Hullámterjedés példájában is hasonlóak a jelenségek: szakadással lezárt hullámvezetőben a visszaverődés folytán megkétszereződik a haladó feszültség-hullám amplitudója. A hangtérben azonban ez a jelenség csak akkor mutatkozik, ha a hullámfront olyan testbe ütközik, amelynek mérete a hullámhossznál lényegesen nagyobb. A mikrofon méretei viszont a gyakorlatban kisebbek a számításba jövő hullámhosszaknál; így a nyomás kettőződése elmarad. A jelenség pontosabbik magyarázata a Huyghens-féle gömbhullámok segítségével adható meg. A visszavert hullám — teljesen általánosan — a gömbhullámok interferenciájából ered. Kis méretű akadály esetében a gömbhullámok minden irányban eloszlanak és nem adnak egyirányú visszaverődést. (Ehelyett — bizonyos hullámhosszakon — az elhajlás bonyolult jelensége lép fel, amelyre itt most nem térünk ki.) A (2) egyenletben meghatározott nyomásérték tehát a nagy akusztikai ellenállással rendelkező mikrofonoknál is érvényes marad.

Az itt közölt gondolatmenetben van némi önkényesség, mert a levegő szabálytalan ingadozásainál összefüggő hullámfrontokról nem beszélhetünk. A zaj hatását azonban gondolatban helyettesíthetjük olyan síkhullámú hangtérrel, amelynek intenzitása  $\Delta f$  frekvenciasávban ugyanakkora. Erre a hangtérre pedig már feltétlenül érvényes a fenti megfontolás.

A másik tárgyalási mód alapja a kinetikai gázelmélet, amely a nyomást a falba ütköző gázmolekulák impulzusából származtatja [3]. Az elmélet szerint a statikus nyomás

$$p_0 = \rho v^2/3 = \rho k T/m, \quad (3)$$

az átlagos impulzus nagysága pedig

$$M = m \sqrt{v^2}/3, \quad (4)$$



ahol  $v^2$  a molekulák átlagos négyzetes sebessége,  $m$  pedig a tömege. A merev falra ható  $F_0 = Ap_0$  erő a falba ütköző molekulák összes impulzus változásának idő szerinti differenciálhányadosa. Mivel ütközés esetén az impulzus-változás a kinetikai gázelmélet feltételezése szerinti rugalmas visszaverődés miatt  $2M = 2m\sqrt{v^2/3}$ , tehát

$$F_0 = n 2 m \sqrt{v^2/3}. \quad (5)$$

ahol  $n$  a másodpercenkénti ütközések száma  $A$  felületen:

$$n = \frac{A p_0}{2 M}. \quad (6)$$

Ha most merev fal helyett a hangtérben valahol elképzelt  $A$  keresztmetszetet vizsgálunk, azt mondhatjuk, hogy azon mindkét irányból  $n$  impulzus halad át másodpercenként, tehát az impulzusváltozások összege átlagban 0. A pontos érték azonban 0 körül fog ingadozni. Ennek folytán szabálytalanul ingadozó nagyságú erő hat, amelynek négyzetes Fourier-spektruma úgy határozható meg, hogy minden egyes impulzust, mint erő integrált Fourier-sorba fejtünk és a  $\Delta f$  frekvenciasávban az egyes lökésekől származó amplitudókat négyzetesen összegezzük. A számításhoz legegyszerűbben egy-egy periodikusan ismétlődő impulzus-sorozatba foglaljuk össze az 1—1 másodperc időközben egymásután áthaladó molekulák hatását. Összesen  $2n$  sortozatot kell összegeznünk. Egy-egy impulzus-sorozat Fourier-spektruma egymást 1 Hertz távolságban követő vonalakból áll, amelyek  $2M = 2m\sqrt{v^2/3}$  amplitúdónak felelnek meg. Az amplitudók négyzetes összege  $\Delta f$  frekvenciasávban

$$F_{\text{amp}}^2 = 2n(2M)^2 \Delta f. \quad (7a)$$

A Fourier-összetevők harmonikus rezgések, tehát a négyzetes középérték az amplitudó-négyzet fele:

$$F_{\text{eff}}^2 = 4n M^2 \Delta f, \quad (7b)$$

illetve (6) egyenlet szerint

$$F_{\text{eff}}^2 = 2Ap_0 M \Delta f, \quad (7c)$$

vagy az  $A$  keresztmetszetben mutatkozó nyomásingadozás négyzetes középértékére áttérve:

$$p^2 = \frac{2 p_0 M}{A} = \frac{2 \rho kT}{A} \sqrt{v^2/3} \Delta f. \quad (8a)$$

Amint ismeretes, a hang terjedési sebessége is összefügg a statikus légnyomással, illetve a (3) egyenlet szerint a termikus molekula sebességgel:

$$c^2 = \kappa \frac{P_0}{\rho} = \kappa v^2/3.$$

Ezzel az összefüggéssel (levegőre  $\kappa \approx 1,4$ )

$$p^2 = \frac{2}{\sqrt{1,4}} kT \frac{\rho c}{A} \Delta f. \quad (8b)$$

Amint látjuk, ez mindössze 2 decibellel különbözik a (2) egyenlet szerinti értéktől. Ha tekintetbe vesszük, hogy két teljesen különböző gondolatmenet útján határoztuk meg  $p^2$  értékét, a csekély eltérés elfogadható.

A mikrofon zajtényezőjének megállapításánál az a legegyszerűbb eset, amikor a négypólus semmiféle belső zajgenerátort nem tartalmaz. Ez megfelel az 1. ábrán mutatott egyszerű alakzatnak, amelynél a bemeneten is, a kimeneten is mindössze Johnson-zaj van jelen és a zajtényező csupán azért különbözik 1-től, mert a négypólus veszteséges. Ez az egyszerű eset következik be csaknem valamennyi minőségi átvitelre és mérési célra alkalmazott mikrofonnál, amelyben tényleges energiaátalakítás történik. Az elektroakusztikában négy átalakítási módnak van gyakorlati jelentősége és ennek megfelelően 4 csoportba oszthatjuk az átalakító mikrofonokat is:

1. dinamikai (mozgó-vezetős) mikrofon
2. mágneses (álló-vezetős) mikrofon
3. kapacitív (kondenzátor) mikrofon
4. piezoelektromos (kristály) mikrofon.

A kondenzátormikrofonban azonban csak akkor történik valóban energiaátalakítás, tehát csak akkor tartozik ide, ha egyenfeszültséggel van polarizálva. (Kisfrekvenciás kapcsolás.) A vezérlési elven működő mikrofonokat más módon tárgyaljuk.

A fent említett mikrofonfajták mindegyike megegyezik abban, hogy bennük a csatolás nagyon laza a mechanikai és elektromos oldal között. Ez azt jelenti, hogy a négypóluson mérhető szakadási és rövidzárási impedanciák alig különböznek.

Az elektroakusztikában a mikrofonok legtöbbet emlegetett jellemzője az érzékenység, amely azt adja meg, hogy mekkora  $U$  üresjárású feszültséget szolgáltat a mikrofon egységnyi hangnyomás hatására. Ez az érték természetesen elvileg a frekvencia függvénye, de a jó minőségű mikrofonokat éppen az jellemzi, hogy az érzékenységük széles frekvenciasávban közel állandó. Az, hogy az érzékenység a hanghullámok irányától függ-e és milyen mértékben, a konstrukciótól függ.

A fizikai elmélet a különböző mikrofonokra igen egyszerű egyenleteket ad, amelyekben a geometriai méretek mellett csak az alkalmazott villamos, illetve mágneses tér (kristálymikrofonnál pedig az alkalmazott anyag piezoelektromos állandója) fordul elő. A definíció szerint általában az érzékenység

$$\zeta = \frac{U}{p}.$$

Mivel az elektroncsöves erősítők vezérléséhez nincsen szükség teljesítményre, a múltban kevésbé érdekes fogalom volt a mikrofon hatásfoka, a tranzisztoros technikában azonban fontosabb a jelentősége. A hatásfokot célszerű úgy definiálni, mint az optimális illesztés esetében átadott elektromos és a mikrofon hatásos  $A$  felületére jutó hangteljesítmény viszonyát. (Az így definiált hatásfok a mechanikai veszteségek mellett felöleli az akusztikai oldal illesztetlenségének hatását is, amely abból ered, hogy a mikrofon akusztikai impedanciája igen nagy a levegő  $\rho c/A$  akusztikai ellenállásához képest.)

Ha a mikrofon elektromos kimenő ellenállása  $R_e$ , a maximális kivehető teljesítmény  $U^2/4R_e = p^2 \zeta^2/4R_e$ , a hangtérből elvileg maximálisan kivehető hangteljesítmény pedig  $p^2 A/\rho c$ , a hatásfok tehát

$$\eta = \zeta^2 \rho c/4R_e A. \quad (9)$$

A kifejezésben az érzékenység négyzetét, az akusztikai és elektromos ellenállás viszonyával szorozzuk: ezenkívül a nevezőben van a 4 tényező is. Ennek a tényezőnek a jelentkezését már előbb megmagyaráztuk: elektromos szempontból a mikrofon kapocsfeszültsége az illesztés függvénye, viszont az akusztikai oldalon a mikrofon impedanciája nem befolyásolja a hangtérben keletkező hangnyomást. A hangtérnek magas frekvenciákon történő eltorzulását azzal vehetjük figyelembe, hogy kimondjuk:  $\zeta$  értéke a magas frekvenciákon irány- és frekvenciafüggő lehet.  $R_e$  értéke és ezzel együtt a hatásfok is, az egész frekvenciatartományban lehet frekvenciafüggő. Ez a mikrofontípustól függ (3. ábra).

Mivel a vizsgált mikrofonok passzív négypólusok, zajtényezőjüket az előbb elmondottak szerint a hatásfok reciprok értéke:

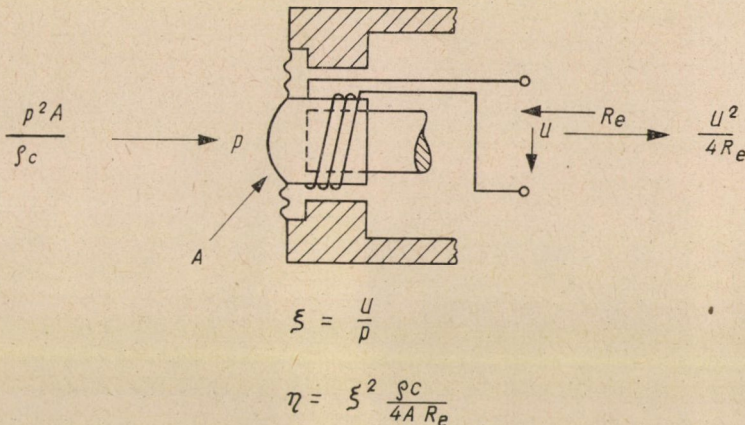
$$F = \frac{4R_e A}{\rho c} \frac{1}{\zeta^2}. \quad (10)$$

Rögtön látjuk az egyenletből, hogy transzformátor kimenő oldali beiktatása nem befolyásolja a zajtényezőt, mivel ekkor az érzékenység az áttételi viszony arányában, a kimenő ellenállás pedig az áttételi viszony négyzetének arányában változik, a hatásfok tehát változatlan marad.

A mikrofon és erősítő kombinációjából álló teljes berendezés zajában azonban már sokat változtathat a transzformátor közbeiktatása. A négypólus-

sok közé iktatott transzformátor ugyanis befolyásolja a második négypólus teljesítményerősítését (l. az 1. egyenletet).

Más összefüggésekre jutunk a vezérelt mikrofonoknál. A leadható elektromos teljesítmény és a mikrofon membrán hatásos  $A$  felületén mutatkozó hangteljesítmény közötti viszony itt többnyire 1-nél nagyobb. (Az elektromos teljesítmény külön áramforrásból származik.) Hatásfok helyett itt csak teljesítményerősítésről beszélhetünk. Az ilyen mikrofon aktív négy-pólusnak tekintendő és többnyire a Johnson-zajon kívül egyéb zajforrásokat is tartalmaz. Ha ilyen további zajgenerátor nincs, az akusztikai eredetű zajteljesítmény illesztett esetben a kimeneten  $GkT \Delta f$ , ahol  $G$  a teljesítmény-



3. ábra.  $A$  hatásos felületű,  $\xi$  érzékenységű,  $R_e$  ohmos ellenállású, átalakító (például dinamikus) mikrofon hatásfoka

erősítés. Ehhez járul még az elektromos impedancia valós részéből eredő  $kT \Delta f$  zaj is, tehát a zajtényező

$$F_{akt} = \frac{G + 1}{G} = 1 + 1/G. \quad (11)$$

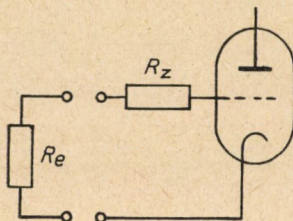
Hasonló alakban írhattuk volna fel a passzív mikrofon zajtényezőjét is, de előnyben részesítettük a (10) egyenletet, amelyben  $R_e$  értékébe hallgatólagosan beleszámítottuk a mechanikai rendszerből származó elektromos oldalon mérhető impedancia ohmos összetevőjét is. Ez az előbb említettek szerint amúgy is nagyon csekély érték. Így a passzív mikrofonoknál a kimeneti zajnak azt a kisebb hányadát, amely tulajdonképpen az akusztikai eredetű zajnak csökkentett része, elhanyagoltuk a másik, sokkal nagyobb hányad mellett, amely tisztán az elektromos impedancia ohmos részéből ered.



## 2. Mikrofon és erősítő eredő zajtényezője

Mielőtt közelebbről vizsgálnánk az egyes mikrofontípusokat, először még a teljes hangerősítőberendezés zajtényezőjéről kell szólnunk néhány szót. Az (1) egyenlet alapján arra következtethetünk, hogy akárhány fokozata is van a hangerősítőnek, a berendezés zajtényezője főleg a mikrofontól és az utána következő bemenő fokozattól függ; a további fokozatok hozzájárulása pedig lényegtelen.

A bemenő fokozat vizsgálatakor pedig külön kell tárgyalnunk a klasszikus technikájú elektroncsöves erősítő és a legújabbban elterjedt tranzisztoros



4. ábra.  $R_z$  egyenértékű zajellenállás elektroncsöves erősítőnél.

erősítő zaját. Mindkét esetben a gyakorlatilag elérhető optimális feltételeket vesszük alapul.

Az elektroncsöves erősítő olyan aktív négyfólus, amelynek teljesítményerősítése rendesen igen nagy, de belső zajgenerátort is tartalmaz, amelynek hatása a bemenetre képzelt  $R_z$  ellenállással helyettesíthető. Ha a bemenetet meghajtó generátor ellenállása  $R_e$ , a zajtényező közelítően

$$F_{cső} \approx (R_e + R_z)/R_e, \quad (12)$$

amely nagy  $R_e/R_z$  értékeknél 1-hez közeledik.  $R_z$  két részből áll, egyik része a frekvenciafüggetlen sörétzaj hatásának felel meg és értéke triodáknál a legkisebb ( $R_{z1} \approx 3/s$ , ahol  $s$  a meredekség). A másik része a frekvenciafüggő flicker zajnak felel meg, amely jó csöveknél 1000 Hertz körül van a sörétzajhoz hasonló szinten. Mivel az ellenállás-erősítőkben a munkapont viszonylag kis áramoknál állítandó be, ahol a meredekség értéke legfeljebb 3 mA/Volt körül van, a jó erősítő fokozatoknál az alábbi tipikus értékkel számolhatunk.

$$R_z \approx 1000 + 10^6/f \text{ Ohm.}$$

A zajtényező  $R_e$  értékétől függ és nagy  $\frac{R_e}{R_z}$  esetében egyhez közeledik.

Más a helyzet tranzisztoros erősítő fokozat esetében. A zaj itt is frekvenciafüggetlen és frekvenciafüggő (flicker) összetevőből áll, de a zajtényező



erősen függ a bemenetet meghajtó generátor ellenállásától, a tranzisztor munkaponti beállításától, viszont csaknem független attól, hogy a kapcsolásban a bázis, az emitter vagy a kollektor van-e földelve. Legnagyobb erősítést azonban a földelt emitteres kapcsolás biztosít. A legtöbb tranzisztornál az optimális beállítás zaj szempontjából  $R_e = 500$  ohm generátor ellenállás környékén, 2–3 volt kollektor feszültség és 0,1–0,2 mA kollektoráram körül áll be. Nagyobb frekvenciákon a legjobb tranzisztor zajtényezője  $F \approx 1,3$  értékig megy le. A flickerzaj figyelembevételével az általános kifejezés közelítően

$$F_{tr} = 1,3 + 300/f, \quad (13)$$

mivel itt is érvényes, hogy a sörétzaj és flickerzaj hatása mintegy 1000 Hertz környékén egyforma nagyságú.

Az elmélet nagyon bonyolult kifejezést szolgáltat arra, hogy ez a tényező hogyan változik, ha a bemenetet terhelő  $Z_e$  impedancia nem felel meg az optimális  $R_e$  értéknek. Ezt a bonyolult összefüggést mellőzve csupán egy gyakorlati közelítést írunk fel, amely akkor használható, ha az impedancia értéke igen nagy:

$$F_{tr} \approx 1 + \frac{Z_e^2}{500 R_e} \left( 0,1 + \frac{300}{f} \right). \quad (14)$$

Az impedancia értékek ohmban értendők.

Az összefüggés magyarázata a tranzisztorokkal foglalkozó irodalomban le lehet fel [14].

Amint látjuk, mind az elektroncsöves, mind a tranzisztoros erősítők esetében jelentős a mikrofon és az erősítő közötti illesztés. Gyakorlati szempontból felhasználható tájékozódást tehát csak akkor kapunk, ha a mikrofon zajját az erősítőfokozatokkal együtt tárgyaljuk.

Első tipikus példaként a dinamikai nyomásmikrofont vizsgáljuk, a felteteleket pedig annyiban idealizáljuk és egyszerűsítjük, hogy az egész frekvenciasávban frekvenciafüggetlennek tekintjük az érzékenységet, amelynek elméleti értéke itt:

$$\zeta = BlA/Z_m, \quad (15)$$

ahol  $l$  a lengőtekeres vezetékének hossza,  $Z_m$  pedig a mikrofon lengő rendszerének mechanikai impedanciája. Az utóbbi értéket a valóságban csak közelítőleg lehet a frekvencia függvényében állandónak tekinteni. Az  $A$  keresztmetszetet itt és valamennyi többi mikrofonnál is  $4 \text{ cm}^2$ -nek vesszük fel, a frekvenciasáv határait 30 és 15 000 Hertzben szabjuk meg. Ilyen széles sávban működő jó minőségű mikrofonok hatásfoka  $\eta \approx 5 \cdot 10^{-4}$  érték körül van, tehát a zajtényező  $F_m \approx 2000$ -re adódik. Ez természetesen teljesen független

attól, hogy a mikrofon bemenő impedanciáját, amely itt gyakorlatilag teljesen ohmos, milyen értékre transzformáljuk fel. Ha azonban elektroncsöves erősítőt alkalmazunk, mennél nagyobb áttételre van szükség, mert ezzel az erősítést csak növeljük, a zajt pedig csökkentjük. Mennél nagyobb azonban a feltranszformált ellenállás, annál nagyobb párhuzamos indukcióval kell rendelkeznie a transzformátor tekercsének. 30 Hertzese alsó határ esetében 100 000 ohmos ellenállás már 500 Henry körüli párhuzamos indukciót igényel. Gazdaságossági szempontból ezt tekinthetjük az elérhető felső határnak, tehát  $R_e = 100\,000$  ohm. Ha itt a mikrofont tekintjük első, a bemenő erősítőt pedig második fokozatnak és figyelembe vesszük, hogy a mikrofon zajtényezője közelítően  $1/\eta = 2000$ , ahol  $\eta$  a hatásfok, illetve a teljesítményerősítés, akkor a kombinált zajtényező

$$F \approx \frac{1}{\eta} + \frac{1}{\eta} (F_{cs\acute{o}} - 1) \approx \frac{1}{\eta} F_{cs\acute{o}}, \quad (16a)$$

tehát a bemenő fokozat zajtényezője szorozva a mikrofonhatásfok reciprokéval. Felhasználva a (12) és a (12a) egyenletet  $R_e = 10^5$  ohm és  $\eta = 5 \cdot 10^{-4}$  értékkel

$$F \approx 2000(1 + 0,01 + 10/f) = 2020 + 20\,000/f. \quad (16b)$$

Ez az összefüggés, ha számértékben nem is, de nagyságrendben és frekvenciafüggésben tipikusnak tekinthető.

Ha ugyanezt a mikrofont földelt emitteres kapcsolású tranzisztorral kombináljuk, nincsen szükség transzformátorra. A mikrofon kialakítható úgy, hogy a lengőtekercs  $R_e$  ellenállása a zaj szempontjából optimális körülbelül 500 ohm értéket vegye fel. Számunkra érdektelen, hogy ez nem azonos az optimális teljesítményátvitel illesztési követelményével. Alkalmazva a 9. egyenletet most

$$F = F_{\text{din}}(1,3 + 300/f) = 2600 + 6 \cdot 10^5/f, \quad (17)$$

tehát a zaj valamivel nagyobb, mint cső esetében. A kapcsolat viszont egyszerűbb, mert a transzformátor elmarad.

Az álló vezetővel működő mágneses mikrofon azonos méretek mellett hasonló érzékenységgel és hatásfokkal rendelkezik, mint a lengőcséves dinamikus mikrofon. A különbség mindössze annyi, hogy itt a kimenő impedanciának van jelentős induktív összetevője is. Az elektroncsöves erősítők esetében ez nem jelent változást; megfelelő transzformátor esetében a zajtényező marad a (16) egyenletben közölt érték. Tranzisztoros fokozatnál azonban az a bonyodalom mutatkozik, hogy a zaj szempontjából kedvező illesztés csak a

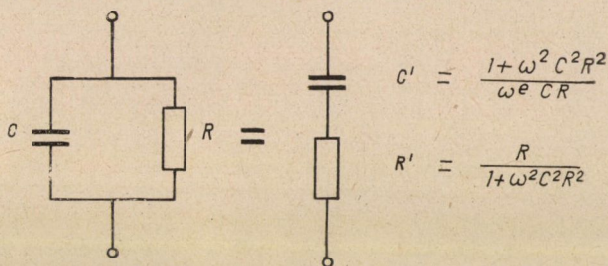
mély és közepes frekvencián valósítható meg. Magasabb frekvenciákkal azonban az indukció miatt romlik a tranzisztoros fokozat zajtényezője. Ha a tekercs ohmos ellenállása 500 ohm körüli érték, körülbelül 30–50 mH induktivitással kell számolni, tehát  $Z_e = 500 + j 0,3 f$  ohm. Ezekkel az értékekkel és a (14) közelítés felhasználásával a berendezés zajtényezője hozzávetőlegesen az alábbi összefüggéssel írható le magas frekvenciákon:

$$F = 2000 \left[ 1 + \frac{Z_e^2}{500 R_e} \right] \left( 0,1 + \frac{300}{f} \right), \quad (18a)$$

illetve

$$F = 2000 + f^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} + 0,48 f, \quad (18b)$$

ami a legmagasabb frekvenciákon lényeges rosszabbodást jelent a dinamikai mikrofonhoz képest. Ehhez járul az, hogy a mágneses mikrofon frekvencia-



5. ábra. Párhuzamos kapcsolású kondenzátor és ellenállás soros helyettesítő képe

menete eléggé eltér az ideálistól. Hogy mégis szívesen használják tranzisztorral kombinálva, annak oka főleg az, hogy tömeggyártásban olcsóbban állítható elő, mint a dinamikai mikrofon.

Térjünk most át a kondenzátormikrofonra. Itt is  $A = 4 \text{ cm}^2$  hatásos felületet veszünk alapul. Az érzékenység idealizált értéke

$$\zeta = UA/dD, \quad (19)$$

ahol  $U$  a polarizáló feszültség,  $d$  a fegyverzetek közti távolság,  $D$  a rugalmassági állandó. A szokásos adatok mellett ez körülbelül  $\zeta = 10^{-2} \text{ Vm}^2/\text{N}$  értéknek felel meg. Meglepő eredményt ad a hatásfok kiszámítása a (10) egyenlet alapján. Az elektromos impedancia ugyanis a mikrofon önkapacitásának és munkaellenállásának párhuzamos kapcsolásából adódik ki. Ha mint közepes értéket 100 pF-ot veszünk fel kapacitásra, az előírt frekvenciamenet biztosítására a munkaellenállást legalább 50 megohm-nak kell választanunk. Az összetett impedancia valós része a hatásfok egyenletében előforduló  $R_e$  érték: (5. ábra)

$$R_e = R/(1 + \omega^2 C^2 R^2) \approx 1/(\omega^2 C^2 R) \approx 5 \cdot 10^{10}/f^2. \quad (20)$$

A hatásfok tehát a frekvencia négyzetével arányosan javul. Ennek önmagában semmi gyakorlati jelentősége nincs, mert a hatásfok definíciója optimális illesztésre vonatkozik. A mikrofonból kapott elektromos teljesítmény tehát csak akkor növekednék, ha a terhelés a  $C$  és  $R$  párhuzamos kapcsolásának tükörimpedanciája lenne. Ezt azonban gyakorlatilag lehetetlen keresztülvinni. Döntő marad az a tény, hogy az érzékenység ebben a közelítésben nem függ a frekvenciától. A zajtényező viszont a hatásfok reciprok értékének felel meg és így a frekvencia négyzetével csökken.

$$qc/A = 10^6 \text{ Ns/m}$$

helyettesítéssel:

$$F_{\text{kond}} \approx \frac{1}{\eta} = \frac{1}{S^2} \frac{20 \times 10^{10}}{10^6 f^2} \approx 2 \times 10^9 / f^2. \quad (21)$$

Az egyenlet csak közelítő. Már ezért sem adhat pontos eredményt, mert a zajtényező határértéke nagy frekvenciák felé haladva nem lehet 0, hanem definíciószerűen legjobb esetben csak 1. Az eltérés abból adódik, hogy elhanyagoltuk a mechanikai oldal visszahatását az elektromos oldalra, amely a hangfrekvenciáknál még igen csekély. Amint látjuk, a zajtényező 1000 Hertz alatt nagyobb, 1000 Hertz fölött kisebb, mint a dinamikus mikrofonnál.

Figyelembe kell azonban vennünk az erősítőt is. Tekintettel az 50 megohm ellenállásra, a csöves erősítő első fokozatát katódkövetőnek kell kiképezni. Ez megváltoztatja a zajviszonyokat, mert a fokozat feszültség-erősítése közelítően egyszeres. Ebből következik, hogy a fokozat kimenetén keletkező ellenállást mint zajgenerátort gondolatban a bemenetre is áthelyezhetjük. Ilyen zajgenerátor a terhelés és kimenő ellenállás párhuzamos impedanciája, amely azonban a katódkövetőnél mindössze  $1/S$  értékű ohmos ellenállásnak felel meg. Ugyanerre a helyre kell képzelnünk a következő cső egyenértékű zajellenállását is, amely feltehetően ugyanakkora, mint az első csőé. Ezt is áttehetjük az első cső bemenetére, amelyben így összesen kb.  $2500 + 2 \cdot 10^6/f$  ohm zajellenállás fekszik. A kondenzátormikrofon és erősítő együttes zajtényezője tehát a (20) és (21) egyenletet a (12) egyenlettel összevetve:

$$F = F_{\text{kond}} \left( 1 + \frac{2,5 \times 10^3}{R_e} + \frac{2 \times 10^6}{f R_c} \right), \quad (22a)$$

illetve

$$F \approx 2 \cdot 10^9 / f^2 + 8 \cdot 10^4 / f + 96 \quad (22b)$$

5000 Hertz alatt  $f^2$ -tel csökken, majd fokozatosan átmegegy állandó értékbe a zajtényező.

A kondenzátormikrofon és tranzisztoros erősítő kombinációját felesleges vizsgálnunk. A tranzisztor még földelt kollektoros kapcsolásában is sokkal

kisebb impedanciájú generátort kíván meg bemenetén, mint a kondenzátormikrofon. A súlyos illesztetlenség folytán normális működésre nem számíthatunk.

Nézzük meg ezekután a kristálymikrofont. Ha már az előző típusoknál is volt némi önkényesség a felvett jellegzetes adatokban, itt még nagyobb a bizonytalanság, mert a különböző konstrukciók nagyon távol esnek egymástól. A vizsgált mikrofonnál ugyanakkora határfokot tételezünk fel, mint az előző kondenzátormikrofonnál, de úgy, hogy kapacitása kb. 2500 pF. Ez természetesen azt is jelenti, hogy a munkaellenállás értékéül elegendő 2 megohmot választani. Katódkövető fokozatra tehát nincs szükség.

A mikrofon kimenő körének valós ellenállása közelítően

$$R_e \approx 2 \cdot 10^9 / f^2. \quad (23)$$

Zajtényezője ugyanaz, mint az előbb tárgyalt kondenzátormikrofoné, de a mikrofon és erősítő együttes zajtényezője:

$$F = F_{kr} (1 + 10^9/R_e + 10^6/fR_c) = 2 \cdot 10^9/f^2 + 6 \cdot 10^6/f + 10^3, \quad (24)$$

tehát a magasabb frekvenciák felé az előző esetnél lényegesen nagyobb.

A 2 megohmos terhelő ellenállás és a megkívánt frekvenciasáv tranzisztoros erősítővel is megvalósítható, mert földelt kollektoros (emitterkövető) fokozat bemenő ellenállása esetleg 2 megohmot elérhet. Ezzel az értékkel a zajtényezőnek a mikrofontól eredő része  $4 \cdot 10^9/f^2$ . A tranzisztoros fokozat zajtényezője a (14) egyenlet szerint közelítően  $4000(0,1 + 300/f)$  lesz, tehát a teljes zajtényező közelítő értéke

$$F \approx 2 \cdot 10^9(f^2(400 + 1,2 \cdot 10^6/f) = 8 \cdot 10^{11}/f^2 + 2,4 \cdot 10^{15}/f^3. \quad (25)$$

Ez a közepes és mély frekvenciáknál nagyon erős zaj, amely azonban a legmagasabb frekvenciák felé erősebben csökken, mint a csővel kombinált kristálymikrofon zaja.

A valódi átalakítók után a vezérelt mikrofonokat is meg kellene vizsgálnunk, de ez a kérdés annyira szövevényes, hogy meg kell elégednünk néhány egyszerű példával. A mikrofonműködés elve itt többnyire az, hogy a hang nyomásával többé kevésbé arányos módon változik az impedancia nagysága. Ilyen például a kondenzátormikrofon viselkedése nagyfrekvenciás áramkörben minden egyenáramú polarizálás nélkül. A kapacitás változása vagy a rajta keletkező feszültség amplitudóját, vagy a rezgőkör önfrekvenciáját modulálja. Megfelelő demodulátor kör alkalmazásával előállítható a hangfrekvencia ütemében ingadozó jelfeszültség.

Korszerű frekvenciamodulációs kapcsolásokban az amplitudóingadozások nem befolyásolják a kimenő jelet. Zajforrás gyanánt tehát az erősítő



zaján kívül csak az oszcillátor spontán frekvenciaingadozásai fordulnak elő, amelyeket természetesen a demodulátor észlelni kénytelen. A hangfrekvenciák sávjában ezek az ingadozások feltétlenül kiteszik a rezonancia-frekvenciának legalább  $10^{-6}$ -od részét. Ezt az értéket kell összevetnünk azzal az elhangoló-dással, amelyet a légnyomás spontán ingadozásai okoznak ugyanebben a sávban. Az utóbbi érték viszont a (2) egyenletből kiszámítható, ha ismerjük a mikrofon rugalmassági tényezőjét és méreteit. Az előző példában alapul vett mikrofonra körülbelül  $\Delta f/f = 10^{-8}$  adódik. A zajtényező nagyságrendje tehát (a két érték hányadosának négyzetéből)  $10^4$  lehet. A pontos értéknél lényegesebb, hogy ez az érték tulajdonképpen független a frekvenciától. Kisebb zajhoz juthatunk el amplitudómodulációs kapcsolások segítségével. Az irodalomban ilyeneket WEYMANN és ZAALBERG VAN DER ZELST [3, 4] írtak le. Ezek a kapcsolások azon alapulnak, hogy a rezonancia környékén az impedancia relatív változása sokkal nagyobb, mint a rezonanciától távoli helyen:

$$\frac{\Delta Z}{Z} = Q \frac{\Delta C}{C}, \quad (26)$$

ahol  $Q$  a kör jósági tényezője. Bár az energia forrása a berendezést tápláló nagyfrekvenciás generátor, a teljesítmény nem növelhető korlátlanul. Soros rezgőkör esetében például a váltófeszültséget éppúgy korlátozza a mikrofon átütési szilárdsága, mint a kisfrekvenciás kapcsolatban a polarizációs feszültséget. Ha az idézett szerzőknél közölt adatokat fentiek szerint átszámítjuk, azt nyerjük, hogy az elért legjobb zajtényező (4)  $F \approx 16$ , amely csupán a legmélyebb frekvenciáknál emelkedik meg, valószínűleg a flicker-zaj hatására. Ezek a műkapcsolások azonban annyira kényesek, hogy alkalmazásuk sem hangvételre, sem mérési célra nem kerülhet szóba.

Az aktív négyppólusok közé soroljuk a szénmikrofont is. Igen nagy teljesítményerősítése van, belső zajgenerátort is tartalmaz. Ez az ún. kontaktus-zaj, a flicker-zajhoz hasonló frekvenciamenettel rendelkezik. Ezen túlmenően típusonként és egyedenként erősen különböző értékű lehet és időben sem teljesen állandó. Ehhez járul, hogy az érzékenység, illetve az erősítés is erősen változik a frekvencia függvényében. A 30–15 000 Hertz-es sávban nincs is értelme vizsgálatunkat elvégezni. Az egyetlen amit tehetünk az, hogy például 200 Hertz és 5000 Hertz közötti sávot veszünk alapul, de az érzékenységre és zajra vonatkozó értékeket átlagoljuk. A legnagyobb még gyakorlatban kihasználható, érzékenység üresjárásban  $\zeta \approx 10 \text{ m}^2/N$ , ami  $G \approx 25\,000$ -szeres teljesítményerősítést jelent, mert a kimenő ellenállás 100 ohm nagyságrendjében van. A zajfeszültség átlagos értéke a vizsgált sávban 0,3 mV, tehát az illesztett esetben leadott zajteljesítmény kb  $10^{-9}$  Watt. Mivel az ideális esetben

$$2500 k T \Delta f = 5 \cdot 10^{-14} \quad (27)$$

lenne, a zajtényező  $F = 20\,000$  körül van, de természetesen erősen frekvenciafüggő. Fontos szabály, hogy a zaj mélyhangú összetevőit az erősítő valamelyik pontjában le kell vágni. Tekintettel  $G$  nagy értékére, a fenti adat egyúttal a teljes erősítő zajtényezőjét is jelenti, mivel sem a csöves, sem a megfelelően illesztett tranzistoros erősítő nem ad számbavehető hozzájárulást.

### 3. A zajosság

Az előző szakaszban kiszámított zajtényezők nem adnak hű képet arról, hogyan jelentkezik ez a zaj hallható formában. Ilyen értékelést idézett művében WEBER kísérelt meg (az erősítőzaj figyelembevétele nélkül) olyan módon, hogy a mikrofon által szolgáltatott zajfeszültséget Fletcher-görbének megfelelő szűrőn át négyzetes egyenirányító műszerre bocsátotta. Ezek a görbék azonban tiszta hangokra vonatkoznak. Mai ismereteink szerint a fül csak keskeny frekvenciasávon belül összegez hangteljesítményeket hasonló módon. Különböző frekvenciájú hangok vagy szélessávú zaj esetében az egyes frekvenciasávokban külön-külön elért hangerősségeket kell meghatároznunk és ezeket az értékeket valamilyen súlyozással összeadni. Egyes vizsgálatok arra mutatnak, hogy zaj esetében a tiszta hangokkal felvett Fletcher-görbétől eltérő a fül érzékenységének frekvenciafüggése. Az eltérés főleg a legmagasabb frekvenciákban mutatkozik jelentősnek, ahol az új vizsgálatok az eddig feltételezettnél sokkal nagyobb fülérzékenységet mutattak ki [11]. Az elemi hangerősségeket a tiszta hangokra szabványosított fonskála helyett Sonban kell kifejezni. Meglehetősen nyitott kérdés azonban az, hogy milyen szélesek legyenek az elemi sávok, továbbá hogyan történjék a Sonban kifejezett hangosság értékek összegezése. Az irodalomban felvetett különböző módszerek közül azt választottuk ki, amelynél: 1. a sávok nem egyforma  $f_2 - f_1$ , sem egyforma  $\frac{f_2}{f_1}$  terjedelműek, hanem a fiziológiailag korrigált hangmagasság skálában (ún. mel-skála) egyformán 300 mel szélességűek, ami a közepes frekvenciáknál körülbelül fél oktáv [2]. Az egyes sávokban elért hangosság értékek közül a legnagyobbat teljes értékkel, a többit pedig 0,2 szorzóval összegezzük:

$$H_{\text{eredő}} = H_{\text{max}} + 0,2(\Sigma H - H_{\text{max}}). \quad (28)$$

A továbbiakban feltételezzük, hogy a mikrofonból, erősítőkből és hangszórókból álló berendezés, amelybe most már a lejátszó helyiséget is beleértjük, éppen helyes, tehát az eredeti hangerőnek megfelelő szinten adja vissza a programot. (Ez természetesen szigorúan véve csak a helyiség egyes pontjaiban valósul meg.) Most meghatározzuk a zajtényezőt, és a (28) egyenlet szerinti súlyozott összegezés segítségével kiszámítjuk a zajnak megfelelő hangerőértéket. Ezt nevezzük a berendezés zajosságának.

Figyelembe véve, hogy a hang intenzitása az egységnyi keresztmetszetre vonatkoztatott teljesítmény, kiszámíthatjuk, hogy mikrofonunk effektív felületét véve alapul a hangtérben keletkező termodinamikai eredetű alapzaj hangintenzitása 1 Hertzre

$$k T/4 \cdot 10^{-4} = 10^{-17} \text{ Watt/m}^2. \quad (29)$$

A berendezés azt a zajtényezőtnek megfelelő mértékben nagyítja.  $\Delta f$  frekvenciasávban a berendezés által keletkezett zaj hangintenzitása

$$10^{-17} \Delta f F.$$

( $\Delta f$  frekvenciasávban  $F$  értékét állandónak tekinthetjük.) Az irodalomban rendelkezésre álló nomogramok segítségével meghatározzuk, hogy az intenzitás az illető közepes frekvencián hány Son hangosságának felelt meg.  $\Delta f$  frekvenciasávként az előbb említett 300 mel széles sávokat választjuk. A kapott értékeket a 28. egyenlet szerint összegezzük. Az így kapott eredő hangosság fonóértékre a megfelelő nomogram segítségével átszámítható.

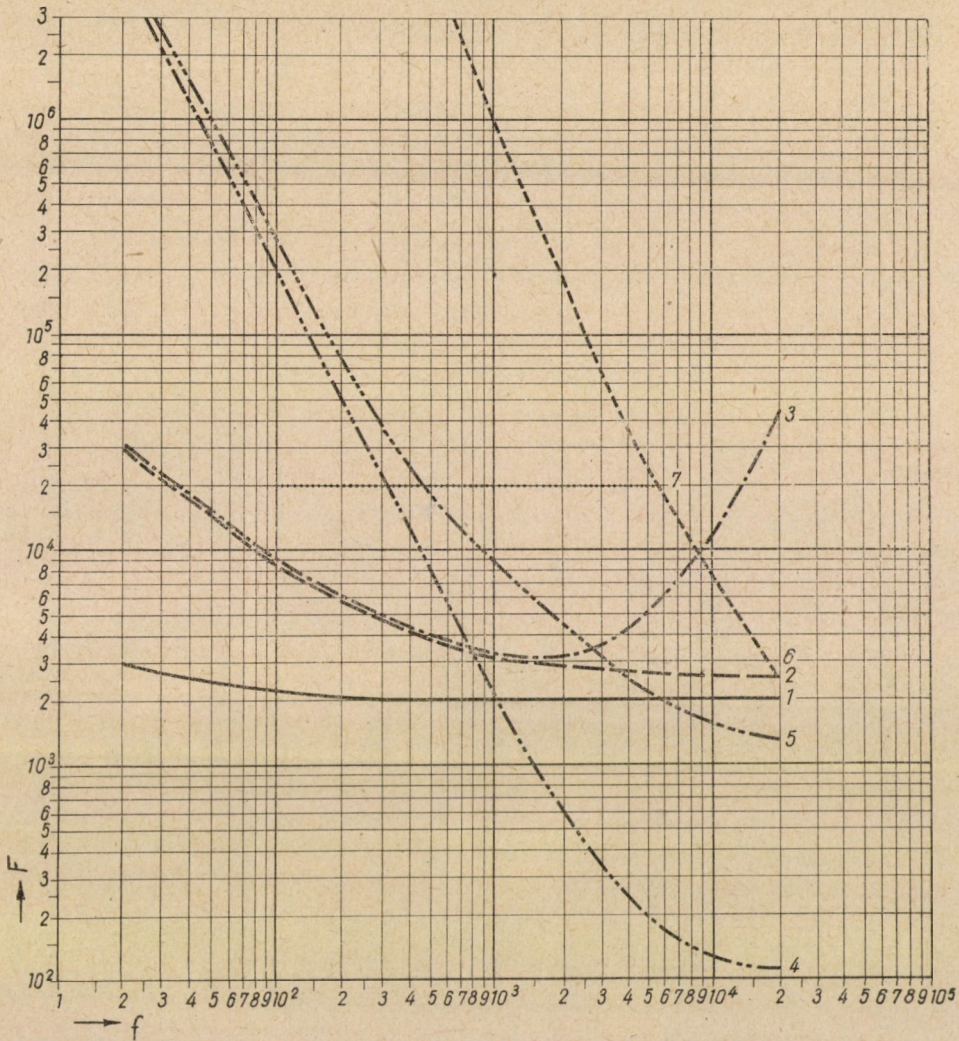
Ezt a számítást az előbb tárgyalt valamennyi mikrofontípussal elvégeztük. Az eredmények közlésén kívül példa gyanánt bemutatjuk az alábbi táblázatban a számítás menetét az elektroncsöves erősítővel működő dinamikus mikrofonra.

I. táblázat

Frekvenciasáv (Hertz)	Bemenő zaj (W/m <sup>2</sup> )	Zajtényező	Hangosság (Son)
I. 20—200	$1,8 \cdot 10^{-15}$	2220	—
II. 200—500	3	2080	—
III. 500—860	3,6	2050	0,01
IV. 860—1330	4,7	2040	0,03
V. 1330—1900	6	2035	0,04
VI. 1900—2570	7	2030	0,05
VII. 2570—3500	9	2027	0,06
VIII. 3500—4700	12	2025	0,07
IX. 4700—6300	17	2020	0,09
X. 6300—9000	30	2020	0,10
XI. 9000—15000	60	2020	0,05
			H = 0,18

A zajosság tehát mintegy 0,18 Son  $\approx$  22 fon.

Hasonlóképpen történik a számítás a többi mikrofonnál és mikrofonerősítő-kombinációnál is. A II. táblázatban nemcsak a zajosságot adjuk meg, hanem azt a frekvenciát is, amelynek hozzájárulása a hangosság összegezésében a legnagyobb. Feltehetően ez adja meg az észlelt zaj jellegét.



6. ábra. Különböző mikrofonok és erősítők eredő zajtényezője a frekvencia függvényében. Az ábrán bemutatott görbék csupán tipikus példák. 1 = dinamikai és mágneses mikrofon elektroncsővel, 2 = dinamikai mikrofon tranzisztorttal, 3 = mágneses mikrofon tranzisztorttal, 4 = kondenzátormikrofon elektroncsővel, 5 = kristálymikrofon elektroncsővel, 6 = kristálymikrofon tranzisztorttal, 7 = szénmikrofon (átlagolva)

II. táblázat

Erősítő berendezések zajossága

Dinamikus mikrofon elektroncsővel .	22 fon (7500 Hertz)
Dinamikus mikrofon tranzisztorttal...	24 fon (7500 Hertz)
Mágneses mikrofon elektroncsővel ...	22 fon (7500 Hertz)
Mágneses mikrofon tranzisztorttal ...	30 fon (7500 Hertz)
Kondenzátormikrofon elektroncsővel .	16 fon (3000 Hertz)
Kristálymikrofon elektroncsővel .....	24 fon (2200 Hertz)
Kristálymikrofon tranzisztorttal .....	49 fon ( 670 Hertz)
Szénmikrofon .....	35 fon (3000 Hertz)

Újból hangsúlyozzuk, hogy ezek az adatok csak nagyságrendi tájékoztatást nyújthatnak. A mikrofonok felvett jellemző adatait igyekeztünk ugyan úgy választani, hogy ezek az egyes kategóriákra jellegzetesek legyenek, de az érzékenység és impedancia értékek legalább 10 decibeles sávban szórnak. Bizonyos önkényesség volt abban is, hogy a fülérzékenység frekvenciamenetében a magas frekvenciákat a szabványos görbékhez képest erősebben súlyoztuk, bár itt az újabb mérésekre támaszkodtunk. Ugyancsak önkényesen vettük fel a Son-fon összefüggést kicsiny hangszinteknél. A nemzetközi szabványtervezet görbéjének extrapolálása általában valamennyi mikrofonnál 5–6 fonnal nagyobb értékeket eredményezne a zajosságra. Mivel azonban a szabványtervezet erre a kicsiny szintre nem vonatkozik, helyesebbnek látszott az eredeti mérésekhez folyamodni.

Ha a módosított hallásgörbék helyett az eredeti Fletcher-görbéket használtuk volna, ez a dinamikai mikrofonnál és különösen a tranzisztoros erősítővel használt mágneses mikrofonnál néhány fonnal kisebb számértéket eredményezett volna a zajosságra. Egyébként azok a mágneses (álló vezetős) mikrofonok, amelyeket ma használnak a tranzisztoros nagyotthalló erősítőben, sokkal szűkebb frekvenciasávval rendelkeznek, mint amit mi feltételeztünk, és éppen ezért tényleges zajosságuk is alatta marad a táblázatban közölt értékeknek.

A zajosság most definiált fogalma nem az egyetlen lehetőség arra, hogy zaj szempontjából értékeljük az erősítő berendezéseket. Gyakorlati szempontból talán érdekesebb, ha a mikrofon fizikai okok miatt keletkezett alapzaját összehasonlítjuk azzal a zavarsszinttel, amely a teljes átviteli lánc bemeneti vagy kimeneti oldalán külső akusztikai behatások folytán lép fel.

Az első esetben a zajnak megfelelő hangintenzitást a frekvencia függvényében ábrázoljuk és összehasonlítjuk a felvételi helységben uralkodó teremzajjal. Az összehasonlítást megnönyíti az, hogy a mikrofonzaj a legtöbbször növekvő frekvenciák felé eső karakterisztikát mutat és a teremzaj, stúdiózaj jellege ugyancsak ehhez hasonló.

Ha az egymásra rajzolt görbékben a mikrofon 6. ábra szerinti zajgörbéje mindenütt legalább 4–5 decibellel alacsonyabb mint a teremzaj görbéje, akkor már teljesen zajtalan mikrofon használata sem jelentene észlelhető további javulást.

Ezt a követelményt a legtökéletesebb stúdióban is kielégíti a jó dinamikai mikrofon (akár csővel akár tranzisztorral), továbbá a kondenzátormikrofon, és a csővel kombinált kristálymikrofon.

Ez a megfontolás gömbiránykarakterisztikájú mikrofonra vonatkozik. Erősen irányított mikrofonnál nagyon csökken a teremzaj hatása és már előtérbe léphet a mikrofonzaj. Erősen irányított mikrofon ugyanis a szórt teremzajt 10–20 decibellel alacsonyabb szinten észleli, mint azonos névleges érzékenységű gömbkarakterisztikájú mikrofon.



Ha a lejátszó helyiségben uralkodó zaj jelentősége nagyobb — a gyakorlatban ez többnyire így is van — akkor olyan módon osztályozhatjuk a berendezéseket, hogy melyik engedi meg és milyen mértékben, hogy a hangerősséget a visszaadásakor az eredeti szintnél magasabbra emeljük — megint betartva azt a szabályt, hogy a berendezés zaja minden frekvencián alatta maradjon a visszaadás helyén uralkodó teremzajnak.

Érdemes itt felfigyelnünk a szénmikrofonra, amely egyáltalában nem mutatkozik olyan használhatatlan eszköznek, ahogyan sokan elkönnyvelik. Igaz, hogy roppant nagy a zajtényezője, de ezt nagy teljesítményerősítése féligmeddig ellensúlyozza. Beszédátvitelre, keskenysávú tranzisztoros erősítővel kombinálva megvan az a nagy előnye, hogy az előfokozatokat megtakaríthatjuk; zajos környezetben nincsen hátrányban a többi mikrofonfajttával szemben.

Természetesen mások a következtetéseink, ha eredményeinket a mérés-technika szempontjából vizsgáljuk. Érzékeny akusztikai méréseknél legcélszerűbb a frekvenciasáv felbontása: mélyebb frekvenciáknál a dinamikai, magasabb frekvenciáknál a kondenzátormikrofon használata előnyös. A csöves erősítő némi előnyt nyújt mély frekvenciáknál is a tranzisztoros erősítőhöz képest. A kondenzátormikrofon nagyfrekvenciás műkapcsolásait csak kivételes esetben érdemes használni.

Köszönetet mondok dr. BARTA ISTVÁN professzor, akadémiai lev. tagnak és BARÁT ZOLTÁN műegyetemi adjunktusnak, akik értékes megjegyzéseikkel támogattak jelen tanulmány kidolgozásában.

#### IRODALOM

1. SIVIAN-WHITE: J. A. S. A. IV. (1933) 288.
2. WEBER: Akutische Zeitschrift VIII (1943) 121.
3. WEYMANN: Elektr. Nachrichtentechnik XX (1943) 149.
4. ZAALBERG VAN DER ZELST: Philips Techn. Rundschau IX (1947—48) 357.
5. BOYARSKI: J. A. S. A. XXIII (1951) 716.
6. DE VRIES: J. A. S. A. XXIV (1952) 527.
7. ECKART: J. A. S. A. XXV (1953) 195.
8. VAN DER ZIEL: Noise (Prentice Hall) 1954 21—27.
9. BERANEK: Acoustics (Mc Graw Hill) 1954 417—429.
10. FELDTKELLER—ZWICKER: Das Ohr als Nachrichtempfangner (Hirzel) 1956. 81.
11. STEVENS: J. A. S. A. XXVIII (1956) 807.
12. STEVENS: Noise Control III (1957) No. 5. 11.
13. TARNÓCZY: Kép és Hangtechnika IV (1958) 114.
14. NIELSEN: Proc. I. R. E. XLV. (1957) No. 7. 957.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A mikrofon mechanikus elektromos négy-pólus, amelyre az átviteltechnikai fogalmak alkalmazhatók. Így a zajokat és jeleket teljesítményben kifejezve a mikrofonra is le lehet vezetni a zajtényezőt, ha az energiaátalakítás tényétől eltekintünk. A bemenő zajteljesítmény vagy NYQUIST tétele alapján, vagy a kinetikai gázelmélet segítségével határozható meg. A passzív négy-pólusnak tekinthető valódi átalakító mikrofon esetében a zajtényező egyenlő az optimális illesztésre vonatkoztatott hatások reciprok értékével. Az aktív négy-pólusoknak megfelelő vezérelt mikrofonok példájában általában a zajos négy-pólus elméletét kell alkalmazni.

A mikrofon és erősítő kombinációjából álló teljes berendezés zaja az összetett négy-pólusokra vonatkozó szabállyal határozható meg. Itt döntő jelentőségű esetleg az illesztetlenség. Mivel a kiadódó zajszintek erősen frekvenciafüggőek, célszerű ezeket a hallás pszichológiai sajátosságainak figyelembevételével értékelni. A különböző berendezések zajosságának összehasonlítása azt eredményezi, hogy a legkedvezőbb a kondenzátormikrofon kismagyas kapcsolása (ha különleges műkapcsolásokra nem tekintünk). Tranzisztor alkalmazásakor dinamikai mikrofon a legalkalmasabb. Kisigényű eszközökben létjogosultsága lehet szén-mikrofon és tranzisztoros erősítő kombinációjának.

# TORZIÓSLENGÉS KARAKTERISZTIKUS EGYENLETE EGYÜTTHATÓINAK KISZÁMÍTÁSA

BALOGH ARTHUR  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1959. október 30-án]

Az  $n$  tömegeből álló torziós lengő rendszer önlengésszámainak kiszámítására a következő szimultán differenciálegyenletrendszer szolgál:

$$\begin{aligned}
 I_1 f_1'' + c_1 (f_1 - f_2) &= 0 \\
 I_2 f_2'' + c_2 (f_2 - f_3) - c_1 (f_1 - f_2) &= 0 \\
 I_3 f_3'' + c_3 (f_3 - f_4) - c_2 (f_2 - f_3) &= 0 \\
 \dots\dots\dots &
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 L_{n-1} f_{n-1}'' + c_{n-1} (f_{n-1} - f_n) - c_{n-2} (f_{n-2} - f_{n-1}) &= 0. \\
 I_n f_n'' - c_{n-1} (f_{n-1} - f_n) &= 0
 \end{aligned}$$

ahol  $I$  a forgó tömegek tehetetlenségi nyomatéka,  $c$  a két tömeg közötti rugalmas tengelyrész merevségi tényezője,  $f$  a csavarási szög. Mint ismeretes, az (1) egyenletrendszer megoldásai:

$$f_1 = p_1 \cos wt, f_2 = p_2 \cos wt, \dots\dots \tag{2}$$

ahol  $p$  a lengés amplitudója,  $w$  a lengés körfrekvenciája. Helyettesítsük be e megoldásokat az (1) egyenletrendszerbe, akkor a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{aligned}
 (I_1 w^2 - c_1) p_1 + c_1 p_2 &= 0 \\
 c_1 p_1 + (I_2 w^2 - c_1 - c_2) p_2 + c_2 p_3 &= 0 \\
 c_2 p_2 + (I_3 w^2 - c_2 - c_3) p_3 + c_3 p_4 &= 0 \\
 \dots\dots\dots & \\
 c_{n-1} p_{n-1} + (I_n w^2 - c_{n-1}) p_n &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

A (3) egyenletrendszernek akkor van megoldása, ha a következő determináns 0-val egyenlő:

$$\begin{vmatrix} I_1 w^2 - c_1 & c_1 & 0 & 0 & 0 \\ c_1 & I_2 w^2 - c_1 - c_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & c_2 & I_3 w^2 - c_2 - c_3 & c_3 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & c_{n-1} & I_n w^2 - c_{n-1} \end{vmatrix} \quad (4)$$

Ez a torzióslengés karakterisztikus determinánusa, amely szerkezetileg ún. kontinuáns determináns. Ha ezt a determinánst kifejtjük és 0-val tesszük egyenlővé, kapjuk a torzióslengés karakterisztikus egyenletét. Az egyenlet gyökeiből az ismert átszámítással kapjuk a lengés önlengésszámait. Az egyenlet általános alakja a következő:

$$A_{n-1} w^{2(n-1)} + A_{n-2} w^{2(n-2)} + \dots + A_1 w^2 + A_0 = 0. \quad (5)$$

Az (5) egyenlet megoldásához ismerni kell az együtthatókat, amelyeknek kiszámítása azonban — különösen nagyobb tömegszámoknál — nagy nehézségekkel jár. A következőkben oly eljárást mutatunk, amellyel lényegesen megkönnyíthetjük az ezzel kapcsolatos számításokat.

Ha ti. a (4) determinánst kifejtjük, akkor a  $w$  hatványai mellett a következő alakú kifejezések összegét vagy az összegek szorzatát találjuk:\*

$$c_k c_{k+1} \dots c_{n-1} \frac{I_k + I_{k+1} + \dots + I_n}{I_k \cdot I_{k+1} \dots I_n} = L_{k,k+1 \dots n}. \quad (6)$$

$$k = 1, 2, 3 \dots n$$

Bár e kifejezés jelölését máris megadtuk, mégis teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy más két jelölési mód is lehetséges. A (6) kifejezésben az  $I$  érték legnagyobb indexét,  $n$ -et használtuk fel. Azonban a jelöléshez felhasználhatnók a  $c$  értékek legnagyobb indexét, amikor a jelölés  $L_{k, k+1, \dots, n-1}$  lehetne. De lenne még egy jelölési mód, amelynél külön a  $c$  és külön az  $I$  értékekből álló kifejezést jelölnők ilyenformán:

$$C_{k,k+1, \dots, n-1} \cdot I_{k,k+1, \dots, n} \quad (7)$$

\* 4 tömegre a determináns kifejtését minden kézikönyvben megtalálhatjuk. 5 tömegre ismerteti a kifejezést HOLZER: Die Berechnung der Drehschwingungen c. könyvében (50. oldal), és 9 tömegre ZIPPERER: Technische Schwingungslehre (Göschel), II kötet 15. oldalán találjuk meg.

A (7) alatti jelölésnek nincs jelentősége, annál kevésbé, mert  $C$  és  $I$  indexeinek utolsó tagja 1-ben különbözik egymástól és amellet ez a jelölés magát a számítást komplikálná.

Ha pedig  $c$  értékek legnagyobb indexét vennők alapul, akkor látszólag egyszerűbb példával lenne dolgunk, de ennek nagy hátránya az, hogy — ha a tömegek számára kívánunk következtetni — tévedés fordulhat elő. Kísérletképpen foglalkoztunk a képletek felállításával erre az esetre is, de végeredményben arra a megállapításra jutottunk, hogy a legkedvezőbb az a jelölési mód, amely a tömegek számán alapszik.

Az itt használt jelölési rendszert egyelőre 5 tömeg példájára az I. és II. táblázatban mutatjuk be.

Az I. táblázatban  $c$  értékeket (Ia) alatt a hatványok szerint csoportosítottuk s mint látható, a karakterisztikus egyenlet 16 tagból áll. Az egyes együtthatókban előforduló tagok számát kombinációval állapíthatjuk meg, mégpedig ismétlés nélkül. Ezen megállapításhoz a tömegek számából 1-et le kell vonni. 5 tömeg példájában tehát a kiindulás: 4.

Ha az (I) táblázatban található és 5 tömegre vonatkozó karakterisztikus egyenletet (Ib) megtekintjük, azt találjuk, hogy egyes kifejezések megismétlődnek. Ez a körülmény az, amely elkerülte a figyelmet, és a kifejezések terjedelme következtében közelítő eljárásokat és az ezzel összefüggő tabelláris módszereket használnak. Az önlengésszámok meghatározásának természetes menete az, hogy  $e$  lengés jellemző szimultán differenciálegyenletrendszert felírjuk, amely csak akkor oldható meg, ha az erre jellemző karakterisztikus determináns 0-val egyenlő. A karakterisztikus egyenlet kifejtése adja a karakterisztikus egyenletet, amelynek gyökeiből az önlengésszámokat ki lehet számítani. Ha tehát van mód arra, hogy  $e$  karakterisztikus egyenletet akárhány tömegű rendszerre felírhatjuk és megoldhatjuk, akkor  $e$  természetes számítási menetnek megvan a jogosultsága, és bármely más, látszólagos kényszerűségből kigondolt módszerrel szemben feltétlenül előnyt kell annak biztosítani.

A karakterisztikus egyenlet felállításának egyik módját ismertettük az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleménye XV. kötet 1—4. számában.

Ez alkalommal a karakterisztikus egyenlet felállításának egy másik módszerét ismertetjük, amelynek lényegét 5 tömegű rendszerre fogjuk kezdetnek bemutatni.

Ha az I. táblázatban az 5 tömegre felírt karakterisztikus egyenletben a (6) alatti jelölést helyettesítjük be, akkor (Ic) egyenletet kapjuk. Ha fokozatosan felhasználjuk a II. táblázatban megadott jelöléseket, akkor az (Id), majd (If) egyenletet kapjuk, amely utóbbi egyébként 5 tömeg példájára a karakterisztikus egyenlet végleges alakja.



A karakterisztikus egyenletet — különösen nagyobb tömegszámánál természetesen — csak azért tudjuk felírni, mert megfelelő jelöléseket használunk és figyelembe véve még azt is, hogy semmit sem hagyunk el, még kevésbé hanyagolunk el és a közelítést teljesen kiküszöböljük. A jelöléseknél az alkalmazott behelyettesítések egymásutánja fontos.

A II. táblázatban foglaltuk össze a jelöléseket 5 tömeg példájára, amelyeket 3 csoportba osztunk:

1. csoportban az  $L$  értékek összege van, az indexek száma ugyanaz és az egymást követő indexek törvényszerűsége minden további nélkül kiolvasható. Ugyancsak látható az összegnek jelölése és azok egyszerűsített számítása.

2. csoportban már szorzatok összege van. Az indexek egymásutánja megállapítható és az eredmények — amelyeket  $\Delta$ -val jelöltünk — kiszámításának egyszerűsítését is megtaláljuk.

3. csoportban az összesített  $L$  és a hozzátartozó  $\Delta$  értékek összege van, amelyeket  $\lambda$ -val jelöltünk. Ezeknek indexe egyszerű törvényszerűséggel alkalmazkodik a tagok indexéhez.

A jelölés e rendszere tovább is folytatható lenne, azonban már csak 10 és ennél nagyobb tömegszámok esetén nyújt némi előnyt, és így erre nem térünk ki.

Megjegyezzük, hogy a szorzatok összegénél, tehát a  $\Delta$  értékek kiszámításánál a tényezők közül a másodiknak indexe csak két számból áll.

A következőkben 8 tömeg példájára vezetjük végig a számítást, mégpedig számpéldával egybekötve.

A számpéldához felhasználjuk az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei XV. kötet 1—4. számában felvett példát. Az ott ismertetett eljárással 8 tömeg esetére a karakterisztikus egyenlet a következő:

$$\begin{aligned} w^{14} - 540 \cdot 10^4 \cdot w^{12} + 108\,279 \cdot 10^8 \cdot w^{10} - 9\,958\,345 \cdot 10^{12} \cdot w^8 + \\ + 417\,632\,310 \cdot 10^{16} \cdot w^6 - 6\,930\,554\,250 \cdot 10^{20} \cdot w^4 + \\ + 34\,106\,031\,250 \cdot 10^{24} \cdot w^2 - 42\,570\,000\,000 \cdot 10^{28} = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

A (8) alatti egyenlet együtthatóit fogjuk az imént ismertetett módszerrel kiszámítani és egyúttal ellenőrizni, ugyanazon kiindulási adatokat véve alapul.\*

\**Megjegyzés.* A (8) egyenletet ebben az alakjában a magas hatványok miatt át kell alakítani, mint azt a fentebb idézett dolgozatban ismertettem is. Az átalakítás olyan, hogy a számítás folyamán az ismeretlennek csak 2-dik hatványára van szükség, ami egyébként minden kézikönyvben is megtalálható.

Az indexeket csak négy számjegy esetén írtuk ki teljesen. Ha az indexeknél a számjegyek száma 4-nél több, egyszerűsítéseket használunk. Erre példát mutatunk be.

$$\text{Példa: } L_{123456} = L_{12..6}, \quad L_{456789-10} = L_{45..9-10}$$

9-nél nagyobb indexszámoknál a következő kétjegyű indexszám előtt vesszőt használtunk, ami egyébként felesleges, tehát el is hagyható. Átmenetileg és kezdetben azonban jó szolgálatot tehet.

$$\text{Példa: } L_{789,10} = L_{78910}, \quad L_{789101112} = L_{78..12}$$

A III. táblázatba felírtuk 8 tömeg esetére részletesen a karakterisztikus egyenletet, amelynél csak (6) alatti jelölést használtuk. A tagok száma 128 és az egyenlet felírása ily rövid terjedelemben csak azért sikerülhetett, mert a jelölések első csoportját vettük igénybe.

A IIIA. táblázatba felírtuk a merevségi tényezők, tehát  $c$  értékek ismétlés nélküli kombinációit. Minden oszlophoz hozzáírtuk az értékek számát, amelyeknek összesítése valóban 128-at ad. Ezen  $c$  értékekhez alakul azután a tehetlenségi nyomatékok csoportja, amelyben a legnagyobb index 1-gyel nagyobb mint a  $c$  értéké.

Ha a IV., V., VI. táblázatban megadott jelöléseket és ehhez még  $\lambda$  jelölést alkalmazunk, akkor a III. táblázatban megadott karakterisztikus egyenlet lényegesen megrövidül és végleges alakja 8 tömeg esetére a VII. táblázatban található. Ezt az egyenletet fogjuk a számpélda kidolgozásához felhasználni.

A következő feladat az, hogy a VII. táblázatban található egyenletben  $L$ -eket,  $\Delta$ -ákat és ezek megfelelő értékeiből alkotott  $\lambda$ -ákat kiszámítsuk.

A VIII. táblázatban 8 tömegre, mégpedig 6 hengerű motort véve alapul, két független tömeggel, megtaláljuk a  $c$  és  $I$  értékeket. Megjegyezzük, hogy a dimenziók a következők:  $c$ -re  $\text{kgcm}$ ,  $I$ -re  $\text{kgcm}^2$ .

E táblázatban sorban kiszámítottuk azokat az  $L$  értékeket, amelyekre a következő számításunknál szükség lesz. Magát a számítást részletesen fogjuk bemutatni azon célból, hogy lássuk azok egyszerűségét, hiszen a számtan négy alaplóműveletét használjuk fel.

A IX. táblázatban fokozatosan kiszámítottuk azokat az  $L$  értékeket, amelyekhez a VIII. táblázat kiszámított adatait használtuk fel. Ennél a számításnál egyszerű összegezésről van szó.

A X. táblázatban  $\Delta$  értékeket számítottuk ki, amelyekben már a szorzatok összege szerepel.

Miután a szükséges  $L$  és  $\Delta$  értékeket ismerjük, kiszámítottuk a XI. táblázatban  $\lambda$  értékeket, amelyeket egyszerű összegezéssel kaptunk.

Ezzel minden adat rendelkezésünkre áll ahhoz, hogy 8 tömeg esetére az együtthatókat kiszámíthassuk. Ezeket a XII. táblázatban találjuk. Az egyes hatványok mellé írtuk az együtthatókat és a zárójelekben azokat az együttható értékeket tüntettük fel, amelyek (8) egyenletben található az azon célból, hogy az eredményeket összehasonlítva, a két számítási eljárás közötti eltéréseket láthassuk, amelyek mindvégig megengedhetők.

Egyes együtthatókat közvetlenül az előző táblázatokból olvashatjuk ki, míg a többiekénél az előző táblázatok adatait felhasználva, kismértékű számítással megkapjuk az együtthatókat. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy az ismétlések következtében a számítás ismét egyszerűsíthető, mint az a XII. táblázatból látható. Példaképpen megemlítjük, hogy az  $L_{45}$   $L_{678}$  több ízben fordul elő és így ennek kiszámítása egyszer elegendő.

Ezzel az együtthatókat számszerűleg megállapítottuk és így a karakterisztikus egyenlet felírható.

Eddigé az 5 és 8 tömegű rendszer karakterisztikus egyenletének felírásával foglalkoztunk, amelyhez az együtthatókat megállapítottuk. A rendszer használhatósága szempontjából szükségesnek láttuk, hogy egyes tömegszámok esetére az együtthatókat felírjuk, amely alkalommal figyelembe vettük az eddig használt jelöléseket. Az együtthatók mellé tényezőként a hozzátartozó  $w$  érték hatványait írtuk.

A XIII. táblázatban megtaláljuk a tömegek számát és ahhoz az együtthatók képletét. Azonnal látható, hogy az együtthatók kiszámításának képlete bizonyos törvényszerűséggel alkalmazkodik a tömegek számához, úgyhogy akárhány tömegre ezeket az együtthatókat fel lehet írni megjegyezvén, hogy ezek előjele ugyanaz, mégpedig a XIII. táblázat esetében negatív.

A XIV. táblázatban a soron következő együtthatókat találjuk, amelyeknek most már az előjelük pozitív. Ebben, de a következő táblázatokban is, többször felírtuk részletesen az együtthatókat, de alkalmaztuk a bevezetett jelöléseket is.

A XV. táblázatban folytattuk az eddigi módszer szerint soronkövetkező együtthatók felírását, és itt is látható az a bizonyos törvényszerűség, amely az egymást követő tömegszámok együtthatói között fennáll. E táblázat együtthatói végesvéig negatívok.

A soronkövetkező együtthatók a XVI. táblázatban találhatók, ahol az előjelek pozitívok. E táblázatban 8 és 9 tömeg esetére felírtuk részletesen az együtthatók képletét és ezt követőleg a jelölések behelyettesítését is.

A XVII. táblázatban az eddigiiek alapján folytattuk az együtthatók képletének felírását, de már 5 tömeg esetére; e sorozatban együttható nincs. Az előjel negatív.

A XVIII. táblázatban folytattuk az együtthatók képletének felírását az eddigi rendszer szerint, de e sorozatban már a 6 tömegnek sincs együtthatója. Az előjel pozitív.

A XIX. táblázatban a soronkövetkező együtthatók képletének felállítását mutatjuk be, mégpedig 10 tömeg esetére részletesen és a jelölések bevezetésével. Itt a 7 tömegű rendszernek már nincs együtthatója. Az előjel negatív.

A XX. táblázatban már az 5, 6, 7 és 8 tömegű rendszernek nincs együtthatója. A többiek előjele pozitív.

Az együtthatók táblázatának felhasználásával 9 tömegű rendszer esetére jelöléseink felhasználásával felírtuk a karakterisztikus egyenletet. Egyes együtthatókat a táblázatokból vettünk át. E rendszernél a tagok száma 256 lenne és mindegyik tag több tényező szorzata, tehát nagyon terjedelmes, és mindezt rövid táblázat formában lehetett felállítani a jelölések felhasználásával. Hangsúlyozzuk azonban, hogy további jelöléseket is lehetne felhasználni, amit azonban a már említett okoknál fogva mellőztünk. Figyelembe kell venni a már

előbb is sokszor említett oly ismétléseket, amelyeknek kiszámítása természetesen egyízben elegendő (XXI. táblázat).

A XXII. táblázatban az együtthatók táblázatainak felhasználásával felírtuk a 10 tömegű rendszer karakterisztikus egyenletét jelöléseink alkalmazásával. Ebben a példában a tagok száma 512 lenne, ami igen terjedelmes helyet foglalna el, ha azt részletesen felírnók.

I. táblázat

5 tömeg

$$\begin{matrix}
 c_1 & c_1 c_2 & c_1 c_2 c_3 & c_1 c_2 c_3 c_4 \\
 c_2 & c_1 c_3 & c_1 c_2 c_4 \\
 c_3 & c_1 c_4 & c_1 c_3 c_4 \\
 c_4 & c_2 c_3 & c_2 c_3 c_4 \\
 & c_2 c_4 \\
 & c_3 c_4
 \end{matrix}
 \quad (4) + (4) + (4) + (4) + (4) = 16 = 2^4 \tag{Ia}$$

$$\begin{aligned}
 w^8 - & \left( c_1 \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} + c_2 \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} + c_3 \frac{I_3 + I_4}{I_3 I_4} + c_4 \frac{I_4 + I_5}{I_4 I_5} \right) w^6 + \left( c_1 c_2 \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3} + \right. \\
 & + c_2 c_3 \frac{I_2 + I_3 + I_4}{I_2 I_3 I_4} + c_3 c_4 \frac{I_3 + I_4 + I_5}{I_3 I_4 I_5} + c_1 \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} c_3 \frac{I_3 + I_4}{I_3 I_4} + \\
 & + c_1 \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} c_4 \frac{I_4 + I_5}{I_4 I_5} + c_2 \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} c_4 \frac{I_4 + I_5}{I_4 I_5} \left. \right) w^4 - \left( c_1 c_2 c_3 \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}{I_1 I_2 I_3 I_4} + \right. \\
 & + c_2 c_3 c_4 \frac{I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{I_2 I_3 I_4 I_5} + c_1 c_2 \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3} c_4 \frac{I_4 + I_5}{I_4 I_5} \\
 & + c_1 \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} c_3 c_4 \frac{I_3 + I_4 + I_5}{I_3 I_4 I_5} \left. \right) \cdot w^2 + c_1 c_2 c_3 c_4 \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{I_1 I_2 I_3 I_4 I_5} = 0
 \end{aligned} \tag{Ib}$$

$$w^8 - (L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45}) w^6 + (L_{123} + L_{234} + L_{345} + L_{12}(L_{34} + L_{45}) + L_{23} L_{45}) w^4 - (L_{1234} + L_{2345} + L_{123} L_{45} + L_{12} L_{345}) w^2 + L_{12 \dots 5} = 0 \tag{Ic}$$

$$w^8 - L_{12-5} w^6 + (L_{123-5} + L_{12} L_{34-5} + L_{23} L_{45}) w^4 - (L_{1234-5} + L_{123} L_{45} + L_{12} L_{345}) \cdot w^2 + L_{12-5} = 0 \tag{Id}$$

$$w^8 - L_{12-5} w^6 + \lambda_{123-5} w^4 - (\lambda_{1234-5} + L_{12} L_{345}) w^2 + L_{12 \dots 5} = 0 \tag{If}$$

## II. táblázat

5 tömeg

## 1. csoport

$$\begin{aligned} L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} &= L_{12-5} \\ L_{23} + L_{34} + L_{45} &= L_{23-5} \\ L_{34} + L_{45} &= L_{34-5} \\ L_{45} &= L_{45} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{45} &= L_{45} \\ L_{34} + L_{45} &= L_{34-5} \\ L_{34-5} + L_{23} &= L_{23-5} \\ L_{23-5} + L_{12} &= L_{12-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{123} + L_{234} + L_{345} &= L_{123-5} \\ L_{234} + L_{345} &= L_{234-5} \\ L_{345} &= L_{345} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{345} + L_{234} &= L_{234-5} \\ L_{234} + L_{345} &= L_{234-5} \\ L_{234-5} + L_{123} &= L_{123-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{1234} + L_{2345} &= L_{1234-5} \\ L_{2345} &= L_{2345} \end{aligned}$$

## 2. csoport

$$\begin{aligned} L_{12} L_{34-5} + L_{23} L_{45} &= \Delta_{12-5} \\ L_{23} L_{45} &= \Delta_{23-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{123} L_{45} &= \Delta_{123-5} \\ L_{12} L_{34-5} + \Delta_{23-5} &= \Delta_{12-5} \end{aligned}$$

## 3. csoport

$$\begin{aligned} L_{123-5} + \Delta_{12-5} &= \lambda_{123-5} \\ L_{1234-5} + L_{123} L_{45} &= L_{1234-5} + \Delta_{123-5} = \lambda_{1234-5} \end{aligned}$$

## III. táblázat

8 tömeg

tagok  
száma

$$\begin{aligned} 12 & w^{14} - (L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78}) w^{12} + \{L_{123} + L_{234} + L_{345} + L_{456} + \\ 11 & + L_{567} + L_{678} + L_{12}(L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78}) + L_{23}(L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78}) + \\ 8 & + L_{34}(L_{56} + L_{67} + L_{78}) + L_{45}(L_{67} + L_{78}) + L_{56} L_{78}\} w^{10} - \{L_{1234} + L_{2345} + \\ 10 & + L_{3456} + L_{4567} + L_{5678} + L_{123}(L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78}) + L_{234}(L_{56} + L_{67} + L_{78}) + \\ 9 & + L_{345}(L_{67} + L_{78}) + L_{456} L_{78} + L_{12}(L_{345} + L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{34}((L_{56} + L_{67} + \\ 8 & + L_{78})) + L_{45}((L_{67} + L_{78})) + L_{56} L_{78}) + L_{23}(L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{45}((L_{67} + \\ 6 & + L_{78})) + L_{56} L_{78}) + L_{34}(L_{567} + L_{678} + L_{56} L_{78}) + L_{45} L_{678}\} w^8 + \\ 8 & + \{L_{12} \cdot 5 + L_{23} \cdot 6 + L_{34} \cdot 7 + L_{45} \cdot 8 + L_{1234}(L_{56} + L_{67} + L_{78}) + L_{2345}(L_{67} + \\ 8 & + L_{78}) + L_{3456} L_{78} + L_{123}(L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{45}((L_{67} + L_{78})) + L_{56} L_{78}) + \\ 7 & + L_{234}(L_{567} + L_{678} + L_{56} L_{78}) + L_{345} L_{678} + L_{12}(L_{3456} + L_{4567} + L_{5678} + \\ 6 & + L_{345}((L_{67} + L_{78})) + L_{456} L_{78} + L_{34}((L_{567} + L_{678} + L_{56} L_{78})) + \\ 6 & + L_{45} L_{678}) + L_{23}(L_{4567} + L_{5678} L_{456} L_{78} + L_{45} L_{678}) + L_{34} L_{5678}\} w^6 - \\ 8 & - \{L_{12} \cdot 6 + L_{23} \cdot 7 + L_{34} \cdot 8 + L_{12} \cdot 5(L_{67} + L_{78}) + L_{1234}(L_{567} + L_{678} + L_{56} L_{78}) + \\ 6 & + L_{123}(L_{4567} + L_{5678} + L_{456} L_{78} + L_{56} L_{678}) + L_{12}(L_{34} \cdot 7 + L_{45} \cdot 8 + \\ 6 & + L_{3456} L_{78} + L_{345} L_{678} + L_{34} L_{5678}) + L_{234} \cdot 6 L_{78} + L_{2345} L_{678} + L_{234} L_{5678} + \\ 6 & + L_{23} L_{45} \cdot 8\} w^4 + \{L_{12} \cdot 7 + L_{23} \cdot 8 + L_{12} \cdot 6 L_{78} + L_{12} \cdot 5 L_{678} + L_{1234} L_{5678} + \\ 3 & + L_{123} L_{45} \cdot 8 + L_{12} L_{34} \cdot 8\} w^2 + L_{12} \cdot 8 = 0 \end{aligned}$$

128 összesen





## V. táblázat

8 tömeg

$$\begin{aligned}
 L_{12} L_{34-8} + L_{23} L_{45-8} + L_{34} L_{56-8} + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78} &= \Delta_{12-8} \\
 L_{23} L_{45-8} + \dots &+ \dots + L_{56} L_{78} = \Delta_{23-8} \\
 L_{34} L_{56-8} + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78} &= \Delta_{34-8} \\
 L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78} &= \Delta_{45-8} \\
 L_{56} L_{78} &= \Delta_{56-8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{56} L_{78} &= \Delta_{56-8} \\
 L_{56-8} + L_{45} L_{67-8} &= \Delta_{45-8} \\
 \Delta_{45-8} + L_{34} L_{56-8} &= \Delta_{34-8} \\
 \Delta_{34-8} + L_{23} L_{45-8} &= \Delta_{23-8} \\
 \Delta_{23-8} + L_{12} L_{34-8} &= \Delta_{12-8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{123} L_{45-8} + L_{234} L_{56-8} + L_{345} L_{67-8} + L_{456} L_{78} &= \Delta_{123-8} & L_{456} L_{78} &= \Delta_{456-8} \\
 L_{234} + L_{56-8} L_{345} L_{67-8} + L_{456} L_{78} &= \Delta_{234-8} & L_{345} L_{67-8} + \Delta_{456-8} &= \Delta_{345-8} \\
 L_{345} L_{67-8} + L_{456} L_{78} &= \Delta_{345-8} & L_{234} L_{56-8} + \Delta_{345-8} &= \Delta_{234-8} \\
 L_{456} L_{78} &= \Delta_{456-8} & L_{123} L_{45-8} + \Delta_{234-8} &= \Delta_{123-8}
 \end{aligned}$$

## VI. táblázat

8 tömeg

$$\begin{aligned}
 L_{1234} + L_{2345} + L_{3456} + L_{4567} + L_{5678} &= L_{1234-8} & L_{5678} &= L_{5678} \\
 L_{2345} + L_{3456} + L_{4567} + L_{5678} &= L_{2345-8} & L_{4567} + L_{5678} &= L_{4567-8} \\
 L_{3456} + L_{4567} + L_{5678} &= L_{3456-8} & L_{4567-8} + L_{3456} &= L_{3456-8} \\
 L_{4567} + L_{5678} &= L_{4567-8} & L_{3456-8} + L_{2345} &= L_{2345-8} \\
 L_{5678} &= L_{5678} & L_{2345-8} + L_{1234} &= L_{1234-8} \\
 L_{1234} L_{56-8} + L_{2345} L_{67-8} + L_{3456} L_{78} &= \Delta_{1234-8} & L_{3456} L_{78} &= \Delta_{3456-8} \\
 L_{2345} L_{67-8} + L_{3456} L_{78} &= \Delta_{2345-8} & \Delta_{3456-8} + L_{2345} L_{67-8} &= \Delta_{2345-8} \\
 L_{3456} L_{78} &= \Delta_{3456-8} & \Delta_{2345-8} + L_{1234} L_{56-8} &= \Delta_{1234-8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{123-8} &= L_{123-8} + \Delta_{12-8} \\
 \lambda_{345-8} &= L_{345-8} + \Delta_{34-8} \\
 \lambda_{456-8} &= L_{456-8} + \Delta_{45-8} \\
 \lambda_{567-8} &= L_{567-8} + \Delta_{56-8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{1234-8} &= L_{1234-8} + \Delta_{123-8} \\
 \lambda_{3456-8} &= L_{3456-8} + \Delta_{345-8} \\
 \lambda_{4567-8} &= L_{4567-8} + \Delta_{456-8}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{12..5-8} &= L_{12..5-8} + \Delta_{1234-8} \\
 \lambda_{34..7-8} &= L_{34..7-8} + \Delta_{3456-8} \\
 \lambda_{12..6-8} &= L_{12..6-8} + \Delta_{12..5-8}
 \end{aligned}$$

## VII. táblázat

8 tömeg

$$\begin{aligned}
 w^{14} - L_{12-8} w^{12} + \lambda_{123-8} w^{10} - (\lambda_{1234-8} + L_{12} \lambda_{345-8} + L_{23} \lambda_{456-8} + \\
 + L_{34} \lambda_{567-8} + L_{45} L_{678}) w^8 + (\lambda_{12..5-8} + L_{123} \lambda_{456-8} + L_{234} \lambda_{567-8} + \\
 + L_{345} L_{678} + L_{12} (\lambda_{3456-8} + L_{34} \lambda_{567-8} + L_{45} L_{678}) + L_{23} (\lambda_{4567-8} + L_{45} L_{678}) + \\
 + L_{34} L_{5678}) w^6 - (\lambda_{12..6-8} + L_{1234} \lambda_{567-8} + L_{123} (\lambda_{4567-8} + L_{45} L_{678}) + \\
 + L_{12} (\lambda_{34..7-8} + L_{345} L_{678} + L_{34} L_{5678}) + L_{2345} L_{678} + L_{234} L_{5678} + L_{23} L_{45..8}) w^4 + \\
 + (\lambda_{12..7-8} + L_{12..5} L_{678} + L_{1234} L_{5678} + L_{123} L_{45..8} + L_{12} L_{34..8}) w^2 - L_{12-8} = 0
 \end{aligned}$$



## IX. táblázat

$$\begin{aligned}
 L_{78} &= 1000 \cdot 10^3 & L_{678} &= 7500 \cdot 10^8 \\
 L_{67-8} &= L_{78} + L_{67} = 2000 \cdot 10^3 & L_{567-8} &= L_{678} + L_{567} = 15000 \cdot 10^8 \\
 L_{56-8} &= L_{67-8} + L_{56} = 3000 \cdot 10^3 & L_{456-8} &= L_{567-8} + L_{45} = 22500 \cdot 10^8 \\
 L_{45-8} &= L_{56-8} + L_{45} = 4000 \cdot 10^3 & L_{345-8} &= L_{456-8} + L_{345} = 30000 \cdot 10^8 \\
 L_{34-8} &= L_{45-8} + L_{34} = 5000 \cdot 10^3 & L_{234-8} &= L_{345-8} + L_{234} = 31975 \cdot 10^8 \\
 L_{23-8} &= L_{34-8} + L_{23} = 5363 \cdot 10^3 & L_{123-8} &= L_{234-8} + L_{123} = 32112,5 \cdot 10^8 \\
 L_{12-8} &= L_{23-8} + L_{12} = 5396 \cdot 10^3 = 539,6 \cdot 10^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{5678} &= 500000 \cdot 10^{12} \\
 L_{4567-8} &= L_{5678} + L_{4567} = 1000000 \cdot 10^{12} \\
 L_{3456-8} &= L_{4567-8} + L_{3456} = 1500000 \cdot 10^{12} \\
 L_{2345-8} &= L_{3456-8} + L_{2345} = 1607500 \cdot 10^{12} \\
 L_{1234-8} &= L_{2345-8} + L_{1234} = 1613450 \cdot 10^{12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{45 \cdot 8} &= 31250000 \cdot 10^{16} \\
 L_{34 \cdot 7-8} &= L_{45 \cdot 8} + L_{34 \cdot 7} = 62500000 \cdot 10^{16} \\
 L_{23 \cdot 6-8} &= L_{34 \cdot 7-8} + L_{23 \cdot 6} = 68270000 \cdot 10^{16} \\
 L_{12 \cdot 5-8} &= L_{23 \cdot 6-8} + L_{12 \cdot 5} = 68300800 \cdot 10^{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{34 \cdot 8} &= 187500000 \cdot 10^{20} \\
 L_{23 \cdot 7-8} &= L_{34 \cdot 8} + L_{23 \cdot 7} = 218400000 \cdot 10^{20} \\
 L_{12 \cdot 6-8} &= L_{23 \cdot 7-8} + L_{12 \cdot 6-8} = 219990000 \cdot 10^{20} \\
 L_{23 \cdot 8} &= 165000000 \cdot 10^{24} \\
 L_{12 \cdot 7-8} &= L_{23 \cdot 8} + L_{12 \cdot 7} = 1732400000 \cdot 10^{24}
 \end{aligned}$$

## X. táblázat

$$\begin{aligned}
 \Delta_{56-8} &= L_{56} L_{78} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 10^3 = 10000 \cdot 10^8 \\
 \Delta_{45-8} &= \Delta_{56-8} + L_{45} L_{67-8} = 10000 \cdot 10^8 + 2000 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 10^3 = 30000 \cdot 10^8 \\
 \Delta_{34-8} &= \Delta_{45-8} + L_{34} L_{56-8} = 30000 \cdot 10^8 + 1000 \cdot 10^3 \cdot 3000 \cdot 10^3 = 60000 \cdot 10^8 \\
 \Delta_{23-8} &= \Delta_{34-8} + L_{23} L_{45-8} = 60000 \cdot 10^8 + 363 \cdot 10^3 \cdot 4000 \cdot 10^3 = 74520 \cdot 10^8 \\
 \Delta_{12-8} &= \Delta_{23-8} + L_{12} L_{34-8} = 74250 \cdot 10^8 + 33,3 \cdot 10^3 \cdot 5000 \cdot 10^3 = 76185 \cdot 10^8 \\
 \Delta_{456-8} &= L_{456} L_{78} = 75000 \cdot 10^7 \cdot 1000 \cdot 10^3 = 750000 \cdot 10^{12} \\
 \Delta_{345-8} &= \Delta_{456-8} + L_{345} L_{67-8} = 75000 \cdot 10^{12} + 75000 \cdot 10^7 \cdot 2000 \cdot 10^3 = 225000 \cdot 10^{12} \\
 \Delta_{234-8} &= \Delta_{345-8} + L_{234} L_{56-8} = 225000 \cdot 10^{12} + 19750 \cdot 10^7 \cdot 3000 \cdot 10^3 = 2842500 \cdot 10^{12} \\
 \Delta_{123-8} &= \Delta_{234-8} + L_{123} L_{45-8} = 2842500 \cdot 10^{12} + 1375 \cdot 10^7 \cdot 4000 \cdot 10^3 = 2897500 \cdot 10^{12} \\
 \Delta_{3456-8} &= L_{3456} L_{78} = 500000 \cdot 10^{12} \cdot 1000 \cdot 10^3 = 50000000 \cdot 10^{16} \\
 \Delta_{2345-8} &= \Delta_{3456-8} + L_{2345} L_{67-8} = 107500 \cdot 10^{12} \cdot 2000 \cdot 10^3 + 50000000 \cdot 10^{16} = \\
 &= 71500000 \cdot 10^{16} \\
 \Delta_{1234-8} &= \Delta_{2345-8} + L_{1234} L_{56-8} = 5950 \cdot 10^{12} \cdot 3000 \cdot 10^3 + 71500000 \cdot 10^{16} = \\
 &= 73285000 \cdot 10^{16} \\
 \Delta_{23 \cdot 6-8} &= L_{23 \cdot 6} L_{78} = 5770000 \cdot 10^{16} \cdot 1000 \cdot 10^3 = 577000000 \cdot 10^{20} \\
 \Delta_{12 \cdot 5-8} &= \Delta_{23 \cdot 6-8} + L_{12 \cdot 5} L_{67-8} = 30800 \cdot 10^{16} \cdot 2000 \cdot 10^3 = 577000000 \cdot 10^{20} = \\
 &= 583160000 \cdot 10^{20}
 \end{aligned}$$

XI. táblázat

$$\begin{aligned} \lambda_{123-8} &= L_{123-8} + A_{12-8} = 32\,112,5 \cdot 10^8 + 76\,185 \cdot 10^8 = 108\,297,5 \cdot 10^8 \\ \lambda_{345-3} &= L_{345-8} + A_{34-8} = 30\,000 \cdot 10^8 + 60\,000 \cdot 10^8 = 90\,000 \cdot 10^8 \\ \lambda_{456-8} &= L_{456-8} + A_{45-8} = 22\,500 \cdot 10^8 + 30\,000 \cdot 10^8 = 52\,500 \cdot 10^8 \\ \lambda_{567-8} &= L_{567-8} + A_{56-8} = 15\,000 \cdot 10^8 + 10\,000 \cdot 10^8 = 25\,000 \cdot 10^8 \\ \lambda_{1234-8} &= L_{1234-8} + A_{123-8} = 1\,613\,450 \cdot 10^{12} + 2\,897\,500 \cdot 10^{12} = 4\,510\,950 \cdot 10^{12} \\ \lambda_{3456-8} &= L_{3456-8} + A_{345-8} = 1\,500\,000 \cdot 10^{12} + 2\,250\,000 \cdot 10^{12} = 3\,750\,000 \cdot 10^{12} \\ \lambda_{4567-8} &= L_{4567-8} + A_{456-8} = (1\,000\,000 + 750\,000) 10^{12} = 1\,750\,000 \cdot 10^{12} \\ \lambda_{12 \cdot 5-8} &= L_{12 \cdot 5-8} + A_{1234-8} = 68\,300\,800 \cdot 10^{16} + 73\,285\,000 \cdot 10^{16} = 141\,585\,800 \cdot 10^{16} \\ \lambda_{34 \cdot 7-8} &= L_{34 \cdot 7-8} + A_{3456-8} = 62\,500\,000 \cdot 10^{16} + 50\,000\,000 \cdot 10^{16} = 112\,500\,000 \cdot 10^{16} \\ \lambda_{12 \cdot 6-8} &= L_{12 \cdot 6-8} + A_{12 \cdot 5-8} = 2\,199\,900\,000 \cdot 10^{20} + 583\,160\,100 \cdot 10^{20} = \\ &= 2\,783\,060\,000 \cdot 10^{20} \end{aligned}$$

XII. táblázat

$w^{12}$  együtthatója :  $L_{12-8} = 539,6 \cdot 10^4 (540 \cdot 10^4)$   
 $w^{10}$  együtthatója :  $\lambda_{123-8} = 108\,297,5 \cdot 10^8 (108\,279 \cdot 10^8)$   
 $w^8$  együtthatója :  $\lambda_{1234-8} = 4\,510\,950 \cdot 10^{12}$

$L_{12} \lambda_{345-8} = 33,310^3 \cdot 90\,000 \cdot 10^8$	$299\,700 \cdot 10^{12}$
$L_{23} \lambda_{456-8} = 363 \cdot 10^3 \cdot 52\,500 \cdot 10^8$	$1\,910\,000 \cdot 10^{12}$
$L_{34} \lambda_{567-8} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 25\,000 \cdot 10^8$	$2\,500\,000 \cdot 10^{12}$
$L_{45} L_{678} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 75\,000 \cdot 10^7$	$750\,000 \cdot 10^{12}$
	$9\,970\,650 \cdot 10^{12}$
	$(9\,958\,345 \cdot 10^{12})$

$w^6$  együtthatója :

$\lambda_{12345-8} =$	$141\,585\,800 \cdot 10^{16}$
$L_{123} \lambda_{456-8} = 1375 \cdot 10^4 \cdot 52\,500 \cdot 10^8$	$7\,220\,000 \cdot 10^{16}$
$L_{234} \lambda_{567-8} = 19\,750 \cdot 10^7 \cdot 25\,000 \cdot 10^8$	$49\,375\,000 \cdot 10^{16}$
$L_{345} L_{678} = 75\,000 \cdot 10^7 \cdot 75\,000 \cdot 10^7$	$56\,250\,000 \cdot 10^{16}$

$L_{12} = 33,3 \cdot 10^3 \cdot$

$\lambda_{3456-8}$	$3\,750\,000 \cdot 10^{12}$
$L_{34} \lambda_{567-8} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 25\,000 \cdot 10^8$	$2\,500\,000 \cdot 10^{12}$
$L_{45} \lambda_{678} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 75\,000 \cdot 10^7$	$750\,000 \cdot 10^{12}$
	$33,3 \cdot 10^3 \cdot 7\,000\,000 \cdot 10^{12}$
	$23\,310\,000 \cdot 10^{16}$

$L_{23} = 363 \cdot 10^3 \cdot$

$L_{45} L_{678} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 75\,000 \cdot 10^7$	$750\,000 \cdot 10^{12}$
	$363 \cdot 10^3 \cdot 2\,500\,000 \cdot 10^{12}$
$L_{34} L_{5678} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 500\,000 \cdot 10^{12}$	$500\,000 \cdot 10^{16}$
	$90\,750\,000 \cdot 10^{16}$
	$50\,000\,000 \cdot 10^{16}$
	$418\,490\,800 \cdot 10^{16}$
	$(417\,632\,310 \cdot 10^{16})$

$w^4$  együtthatója :

$\lambda_{12 \cdot 6-8}$	$2\,783\,060\,000 \cdot 10^{20}$
$L_{1234} \lambda_{5678} = 5950 \cdot 10^{12} \cdot 25\,000 \cdot 10^8$	$148\,750\,000 \cdot 10^{20}$
$L_{123} =$	$\lambda_{4567-3} = 1\,750\,000 \cdot 10^{12}$
$= 1375 \cdot 10^7 \cdot$	$L_{45} L_{678} = 1000 \cdot 10^3 \cdot 75\,000 \cdot 10^7 = 750\,000 \cdot 10^{12}$
$1375 \cdot 10^7 (1\,750\,000 + 750\,000) 10^{12}$	$343\,750\,000 \cdot 10^{20}$

$L_{12} = 33,3 \cdot 10^3 \cdot$

$\lambda_{34 \cdot 7-8}$	$112\,500\,000 \cdot 10^{16}$
$L_{345} L_{678}$	$56\,250\,000 \cdot 10^{16}$
$L_{34} L_{5678}$	$50\,000\,000 \cdot 10^{16}$
	$218\,750\,000 \cdot 10^{16} \cdot 33,3 \cdot 10^3 \dots$
	$728\,437\,500 \cdot 10^{20}$



## XII. táblázat (folytatása)

$L_{2345} L_{678} = 107\,500 \cdot 10^{12} \cdot 75\,000 \cdot 10^7 \dots\dots\dots$	$806\,250\,000 \cdot 10^{20}$
$L_{237} L_{5678} = 19\,750 \cdot 10^7 \cdot 500\,000 \cdot 10^{12} \dots\dots\dots$	$987\,500\,000 \cdot 10^{20}$
$L_{23} L_{45 \cdot \cdot 8} = 363 \cdot 10^3 \cdot 31\,250\,000 \cdot 10^{16} \dots\dots\dots$	$1\,134\,375\,000 \cdot 10^{20}$
	$6\,932\,122\,500 \cdot 10^{20}$
	$(6\,936\,554\,250 \cdot 10^{20})$
<i>w</i> <sup>2</sup> együtthatója :	
$\lambda_{12 \cdot \cdot 7-8} \dots\dots\dots$	$17\,324\,000\,000 \cdot 10^{24}$
$L_{12 \cdot \cdot 6} L_{78} = 15\,900\,000 \cdot 10^{20} \cdot 1000 \cdot 10^3 \dots\dots\dots$	$1\,590\,000\,000 \cdot 10^{24}$
$L_{12 \cdot \cdot 5} L_{678} = 30\,800 \cdot 10^{16} \cdot 75\,000 \cdot 10^7 \dots\dots\dots$	$231\,000\,000 \cdot 10^{24}$
$L_{1234} L_{5678} = 5950 \cdot 10^{12} \cdot 500\,000 \cdot 10^{12} \dots\dots\dots$	$2\,975\,000\,000 \cdot 10^{24}$
$L_{123} L_{45 \cdot \cdot 8} = 1375 \cdot 10^7 \cdot 31\,250\,000 \cdot 10^{16} \dots\dots\dots$	$4\,296\,875\,000 \cdot 10^{24}$
$L_{12} L_{34 \cdot \cdot 8} = 33,3 \cdot 10^3 \cdot 1\,875\,000\,000 \cdot 10^{20} \dots\dots\dots$	$6\,243\,750\,000 \cdot 10^{24}$
	$32\,660\,625\,000 \cdot 10^{24}$
	$(34\,106\,031\,500 \cdot 10^{24})$
<i>w</i> <sup>0</sup> együtthatója :	
$L_{12 \cdot \cdot 8} \dots\dots\dots$	$42\,625\,000\,000 \cdot 10^{28}$
	$(42\,570\,000\,000 \cdot 10^{28})$

## XIII. táblázat

## Együtthatók

Tömegek  
száma

- 5  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45}) w^6 = L_{12-5} w^6$
- 6  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56}) w^8 = L_{12-6} w^8$
- 7  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67}) w^{10} = L_{12-7} w^{10}$
- 8  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78}) w^{12} = L_{12-8} w^{12}$
- 9  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78} + L_{89}) w^{14} = L_{12-9} w^{14}$
- 10  $(L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78} + L_{89} + L_{9,10}) w^{16} = L_{12-10} w^{16}$

Előjel: negatív.

## XIV. táblázat

## Együtthatók

Tömegek  
száma

- 5  $(L_{123-5} + L_{12} L_{34-5} + L_{23} L_{45}) w^4 = \lambda_{123-5} w^4 = (L_{123-5} + \Delta_{12-5}) w^4$
- 6  $(L_{123-6} + L_{12} L_{34-6} + L_{23} L_{45-6} + L_{34} L_{56}) w^6 = \lambda_{123-6} w^6 = (L_{123-6} + \Delta_{12-6}) w^6$
- 7  $(L_{123-7} + L_{12} L_{34-7} + L_{23} L_{45-7} + L_{34} L_{56-7} + L_{45} L_{67}) w^8 = \lambda_{123-7} w^8 =$   
 $= (L_{123-7} + \Delta_{12-7}) w^8$
- 8  $(L_{23-8} + L_{12} L_{34-8} + L_{23} L_{45-8} + L_{34} L_{56-8} + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78}) w^{10} =$   
 $= \lambda_{123-8} w^{10} = (L_{123-8} + \Delta_{12-8}) w^{10}$
- 9  $(L_{123-9} + L_{12} L_{34-9} + L_{23} L_{45-9} + L_{34} L_{56-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} +$   
 $+ L_{67} L_{89}) w^{12} = \lambda_{123-9} w^{12} = (L_{123-9} + \Delta_{12-9}) w^{12}$
- 10  $(L_{123-10} + L_{12} L_{34-10} + L_{23} L_{45-10} + L_{34} L_{56-10} + L_{45} L_{67-10} + L_{56} L_{78-10} +$   
 $+ L_{67} L_{89-10} + L_{78} L_{9,10}) w^{14} = \lambda_{123-10} w^{14} = (L_{123-10} + \Delta_{12-10}) w^{14}$

Előjel: pozitív.

## XV. táblázat

## Együthetők

Tömegek  
száma

- $$5 \quad (L_{1234-5} + L_{123} L_{45} + L_{12} L_{345}) w^2 = (\lambda_{1234-5} + L_{12} L_{345}) w^2$$
- $$6 \quad [L_{1234-6} + L_{123} L_{45-6} + L_{234} L_{56} + L_{12} (L_{345-6} + L_{34} L_{56}) + L_{23} L_{456}] w^4 = \\ = (\lambda_{1234-6} + L_{12} \lambda_{345-6} + L_{23} L_{456}) w^4$$
- $$7 \quad [L_{1234-7} + L_{123} L_{45-7} + L_{234} L_{56-7} + L_{345} L_{67} + L_{12} (L_{345-7} + L_{34} L_{56-7} + \\ + L_{45} L_{67}) + L_{23} (L_{456-7} + L_{45} L_{67}) + L_{34} L_{567}] w^6 = \\ = (\lambda_{1234-7} + L_{12} \lambda_{345-7} + L_{23} \lambda_{456-7} + L_{34} L_{567}) w^6$$
- $$8 \quad [L_{1234-8} + L_{123} L_{45-8} + L_{234} L_{56-8} + L_{345} L_{67-8} + L_{456} L_{78} + \\ + L_{12} (L_{345-8} + L_{34} L_{56-8} + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78}) + \\ + L_{23} (L_{456-8} + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78}) + L_{34} (L_{567-8} + L_{56} L_{78}) + L_{45} L_{678}] w^8 = \\ = (\lambda_{1234-8} + L_{12} \lambda_{345-8} + L_{23} \lambda_{456-8} + L_{34} \lambda_{567-8} + L_{45} L_{678}) w^8$$
- $$9 \quad [L_{1234-9} + L_{123} L_{45-9} + L_{234} L_{56-9} + L_{345} L_{67-9} + L_{456} L_{78-9} + \\ + L_{567} L_{89} + L_{12} (L_{345-9} + L_{39} L_{56-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89} + \\ + L_{23} (L_{456-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89}) + L_{34} (L_{567-9} + L_{56} L_{78-9} + \\ + L_{67} L_{89}) \\ + (L_{45} L_{678-9} + L_{67} L_{89}) + L_{56} L_{789}] w^{10} = \\ = (\lambda_{1234-9} + L_{12} \lambda_{345-9} + L_{23} \lambda_{456-9} + L_{34} \lambda_{567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) w^{10}$$
- $$10 \quad [L_{1234-10} + L_{123} L_{45-10} + L_{234} L_{56-10} + L_{345} L_{67-10} + L_{456} L_{78-10} + \\ + L_{567} L_{89-10} + L_{678} L_{9,10} + L_{12} (L_{345-10} + L_{34} L_{56-10} + L_{45} L_{67-10} + \\ + L_{56} L_{78-10} + L_{67} L_{89-10} + L_{78} L_{9,10}) + L_{23} (L_{456-10} + L_{45} L_{67-10} + \\ + L_{56} L_{78-10} + L_{67} L_{89-10} + L_{78} L_{9,10}) + L_{34} (L_{567-10} + L_{56} L_{78-10} + \\ + L_{67} L_{89-10} + L_{78} L_{9,10}) + L_{45} (L_{678-10} + L_{67} L_{89,10} + L_{78} L_{9,10}) + \\ + L_{56} (L_{789-10} + L_{78} L_{9,10}) + L_{67} L_{89,10}] w^{12} = \\ = (\lambda_{1234-10} + L_{12} \lambda_{345-10} + L_{23} \lambda_{456-10} + L_{34} \lambda_{567-10} + \\ + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89,10}) w^{12}$$

Előjel: negatív.

## XVI. táblázat

## Együthetők

Tömegek  
száma

- $$5 \quad L_{12 \cdot \cdot 5}$$
- $$6 \quad (L_{12 \cdot \cdot 5-6} + L_{1234} L_{56} + L_{123} L_{456} + L_{12} L_{3456}) w^2 = \\ = (\lambda_{12 \cdot \cdot 5-6} + L_{1234} L_{56} + L_{12} L_{3456}) w^2$$
- $$7 \quad [L_{12 \cdot \cdot 5-7} + L_{1234} L_{56-7} + L_{2345} L_{67} + L_{123} (L_{456-7} + L_{45} L_{67}) + \\ + L_{234} L_{567} + L_{12} (L_{3456-7} + L_{345} L_{67} + L_{34} L_{567}) + L_{23} L_{4567}] w^4 = \\ = (\lambda_{12 \cdot \cdot 5-7} + L_{1234} \lambda_{456-7} + L_{234} L_{567} + L_{12} (\lambda_{3456-7} + L_{34} L_{567}) + L_{23} L_{4567}) w^4$$
- $$8 \quad [L_{12 \cdot \cdot 5-8} + L_{1234} L_{56-8} + L_{2345} L_{67-8} + L_{3456} L_{78} + L_{123} (L_{456-8} + \\ + L_{45} L_{67-8} + L_{56} L_{78}) + L_{234} (L_{567-8} + L_{56} L_{78}) + L_{345} L_{678} + \\ + L_{12} (L_{3456-8} + L_{345} L_{67-8} + L_{456} L_{78} + L_{34} (L_{567-8} + L_{56} L_{78})) + \\ + L_{45} L_{678}) + L_{23} (L_{4567-8} + L_{456} L_{78} + L_{45} L_{678}) + L_{34} L_{5678}] w^6 = \\ = (\lambda_{12 \cdot \cdot 5-8} + L_{1234} \lambda_{456-8} + L_{234} \lambda_{567-8} + L_{345} L_{678} + L_{12} (\lambda_{3456-8} + \\ + L_{34} \lambda_{567-8} + L_{45} L_{678}) + L_{23} (\lambda_{4567-8} + L_{45} L_{678}) + L_{34} L_{5678}) w^6$$
- $$9 \quad [L_{12 \cdot \cdot 5-9} + L_{1234} L_{56-9} + L_{2345} L_{67-9} + L_{3456} L_{78-9} + L_{4567} L_{89} + \\ + L_{123} (L_{456-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89}) + L_{234} (L_{567-9} + \\ + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89}) + L_{345} (L_{678-9} + L_{67} L_{89}) + L_{456} L_{789} + \\ + L_{12} (L_{3456-9} + L_{345} L_{67-9} + L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89})]$$

## XVI. táblázat (folytatása)

$$\begin{aligned}
& + L_{34} ((L_{567-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89})) + L_{45} ((L_{6789} + L_{67} L_{89})) + L_{56} L_{789} + \\
& + L_{23} (L_{4567-9} + L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89} + L_{45} ((L_{678-9} + L_{67} L_{89})) + L_{56} L_{789}) + \\
& + L_{34} (L_{5678-9} + L_{567} L_{89} + L_{56} L_{789}) + L_{45} L_{6789}] w^8 = \\
& = (\lambda_{12 \cdot 5-9} + L_{123} \lambda_{456-9} + L_{234} \lambda_{67-9} + L_{345} \lambda_{678-9} + L_{456} L_{789} + \\
& + L_{12} (\lambda_{3456-9} + L_{34} \lambda_{567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{23} (\lambda_{4567-9} + \\
& + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{34} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{45} L_{6789}] w^8 \\
10 \quad & [\lambda_{12 \cdot 5-10} + L_{123} \lambda_{456-10} + L_{234} \lambda_{567-10} + L_{345} \lambda_{678-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + \\
& + L_{567} L_{89, 10} + L_{12} (\lambda_{3456-10} + L_{34} \lambda_{567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + \\
& + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{23} (\lambda_{4567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + \\
& + L_{67} L_{89, 10}) + L_{34} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
& + L_{45} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{56} L_{789, 10}] w^{10}
\end{aligned}$$

Előjel: pozitív.

## XVII. táblázat

Tömegek  
száma

Együthetők

$$\begin{aligned}
5 \quad & - - - \\
6 \quad & L_{12 \cdot 6} \\
7 \quad & (L_{12 \cdot 6-7} + L_{12 \cdot 5} L_{67} + L_{1234} L_{567} + L_{123} L_{4567} + L_{12} L_{34 \cdot 7}) w^2 \\
8 \quad & [L_{12 \cdot 6-8} + L_{12 \cdot 5} L_{67-8} + L_{23 \cdot 6} L_{78} + L_{1234} (L_{567-8} + L_{56} L_{78}) + \\
& + L_{2345} L_{678} + L_{123} (L_{4567-8} + L_{456} L_{78} + L_{45} L_{678}) + L_{234} L_{5678} + \\
& + L_{12} (L_{34 \cdot 7-8} + L_{3456} L_{78} + L_{345} L_{678} + L_{34} L_{5678}) + L_{23} L_{45 \cdot 8}] w^4 = \\
& = [\lambda_{12 \cdot 6-8} + L_{1234} \lambda_{567-8} + L_{2345} L_{678} + L_{123} (\lambda_{4567-8} + L_{45} L_{678}) + L_{234} L_{5678} + \\
& + L_{12} (\lambda_{34 \cdot 7-8} + L_{345} L_{678} + L_{34} L_{5678}) + L_{23} L_{45 \cdot 8}] w^4 \\
9 \quad & [L_{12 \cdot 6-9} + L_{12 \cdot 5} L_{67-9} + L_{23 \cdot 6} L_{78-9} + L_{34 \cdot 7} L_{89} + \\
& + L_{1234} (L_{567-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89}) + L_{2345} (L_{678-9} + L_{67} L_{89}) + \\
& + L_{3456} L_{789} + L_{123} (L_{4567-9} + L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89} + L_{45} ((L_{678-9} + L_{67} L_{89}))) + \\
& + L_{56} L_{789} + L_{234} (L_{5678-9} + L_{567} L_{89} + L_{56} L_{789}) + L_{345} L_{6789} + \\
& + L_{12} (L_{34 \cdot 7-9} + L_{3456} L_{78-9} + L_{4567} L_{89} + L_{345} ((L_{678-9} + L_{67} L_{89}))) + \\
& + L_{456} L_{789} + L_{34} ((L_{5678-9} + L_{567} L_{89} + L_{56} L_{789})) + L_{45} L_{6789} + \\
& + L_{23} (L_{45 \cdot 7-9} + L_{4567} L_{89} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{34} L_{56 \cdot 9}] w^5 \\
& [\lambda_{12 \cdot 6-9} + L_{1234} \lambda_{567-9} + L_{2345} \lambda_{678-9} + L_{3456} L_{789} + \\
& + L_{123} (\lambda_{4567-9} + L_{45} \lambda_{578-9} + L_{56} L_{789}) + L_{234} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) + \\
& + L_{345} L_{6789} + L_{12} (\lambda_{34 \cdot 7-9} + L_{345} \lambda_{678-9} + L_{34} ((\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}))) + \\
& + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789} + L_{23} (\lambda_{45 \cdot 8-9} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{34} L_{56 \cdot 9}] w^5 \\
10 \quad & [\lambda_{12 \cdot 6-10} + L_{1234} \lambda_{567-10} + L_{2345} \lambda_{678-10} + L_{3456} \lambda_{789-10} + L_{4567} L_{89, 10} + \\
& + L_{123} (\lambda_{4567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
& + L_{234} (\lambda_{5678-10} + L_{56} L_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
& + L_{345} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{456} L_{789, 10} + \\
& + L_{12} (\lambda_{34 \cdot 7-10} + L_{345} \lambda_{678-10} + L_{34} ((\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + \\
& + L_{67} L_{89, 10})) + L_{456} \lambda_{789-10} + L_{567} L_{89, 10} + L_{45} ((L_{6789-10} + \\
& + L_{67} L_{89, 10})) + L_{56} L_{789, 10}) + \\
& + L_{23} (\lambda_{45 \cdot 8-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + L_{45} \lambda_{6789-10} + L_{56} L_{789, 10} + \\
& + L_{34} (\lambda_{56 \cdot 9-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{45} L_{6789, 10}] w^8
\end{aligned}$$

Előjel: negatív.

XVIII. táblázat

Tömegek száma

Együtthatók

- 5 — — —  
 6 — — —  
 7  $L_{12 \cdot \cdot 7}$   
 8  $(L_{12 \cdot \cdot 7-8} + L_{12 \cdot \cdot 6} L_{78} + L_{12 \cdot \cdot 5} L_{678} + L_{1234} L_{5678} + L_{123} L_{45 \cdot \cdot 8} + L_{12} L_{34 \cdot \cdot 8}) w^2$   
 9  $[L_{12 \cdot \cdot 7} + L_{23 \cdot \cdot 8} + L_{34 \cdot \cdot 9} + L_{12 \cdot \cdot 6} (L_{78} + L_{89}) + L_{23 \cdot \cdot 7} L_{89} +$   
 $+ L_{12 \cdot \cdot 5} + (L_{678} + L_{789} + L_{67} L_{89}) + L_{23 \cdot \cdot 6} L_{789} +$   
 $+ L_{1234} (L_{5678} + L_{6789} + L_{567} L_{89} + L_{56} L_{789}) + L_{2345} L_{6789} +$   
 $+ L_{123} (L_{45 \cdot \cdot 8} + L_{56 \cdot \cdot 9} + L_{4567} L_{89} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{234} L_{56 \cdot \cdot 9} +$   
 $+ L_{12} (L_{34 \cdot \cdot 8} + L_{45 \cdot \cdot 9} + L_{34567} L_{89} + L_{3456} L_{789} + L_{345} L_{6789} + L_{34} L_{56 \cdot \cdot 9}) +$   
 $+ L_{23} L_{45 \cdot \cdot 9}] w^4 =$   
 $= [L_{12 \cdot \cdot 7-9} + L_{12 \cdot \cdot 6} L_{78-9} + L_{23 \cdot \cdot 7} L_{89} + L_{12 \cdot \cdot 5} L_{678-9} + L_{23 \cdot \cdot 6} L_{789} +$   
 $+ L_{1234} (L_{5678-9} + L_{567} L_{89} + L_{56} L_{789}) + L_{2345} L_{6789} +$   
 $+ L_{123} (L_{45 \cdot \cdot 8-9} + L_{4567} L_{89} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{234} L_{56 \cdot \cdot 9} +$   
 $+ L_{12} (L_{34 \cdot \cdot 8-9} + L_{34 \cdot \cdot 7} L_{89} + L_{3456} L_{789} + L_{345} L_{6789}) + L_{23} L_{45 \cdot \cdot 9}] w^4 =$   
 $= [\lambda_{12 \cdot \cdot 7-9} + L_{12 \cdot \cdot 5} L_{678-9} + L_{23 \cdot \cdot 6} L_{789} + L_{1234} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) +$   
 $+ L_{2345} L_{6789} + L_{123} (\lambda_{45 \cdot \cdot 8-9} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) +$   
 $+ L_{234} L_{56 \cdot \cdot 9} + L_{12} (\lambda_{34 \cdot \cdot 8-9} + L_{3456} L_{789} + L_{345} L_{6789} + L_{34} L_{56 \cdot \cdot 9}) +$   
 $+ L_{23} L_{45 \cdot \cdot 9}] w^4$   
 10  $[\lambda_{12 \cdot \cdot 7-10} + L_{12 \cdot \cdot 5} (\lambda_{678-10} + L_{78} L_{89-10}) + L_{23 \cdot \cdot 6} \lambda_{789-10} + L_{34 \cdot \cdot 7} L_{89 \cdot 10} +$   
 $+ L_{1234} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{2345} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89 \cdot 10}) + L_{3456} L_{789 \cdot 10} +$   
 $+ L_{123} (\lambda_{45 \cdot \cdot 8-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + L_{567} L_{89 \cdot 10} + L_{45} ((\lambda_{6789-10} +$   
 $+ L_{67} L_{789 \cdot 10})) + L_{56} L_{789 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{234} (\lambda_{56 \cdot \cdot 9-10} + L_{567} L_{89 \cdot 10} + L_{56} L_{789 \cdot 10}) + L_{345} L_{6789 \cdot 10} +$   
 $+ L_{12} (\lambda_{34 \cdot \cdot 8-10} + L_{3456} \lambda_{789-10} + L_{4567} L_{89 \cdot 10} + L_{345} ((\lambda_{6789-10} +$   
 $+ L_{67} L_{89 \cdot 10})) + L_{456} L_{789 \cdot 10} + L_{34} ((\lambda_{56 \cdot \cdot 9-10} +$   
 $+ L_{567} L_{89 \cdot 10} + L_{56} L_{789 \cdot 10})) + L_{45} L_{67 \cdot \cdot 9-10}) +$   
 $+ L_{23} (\lambda_{45 \cdot \cdot 9-10} + L_{4567} L_{89 \cdot 10} + L_{456} L_{789 \cdot 10} + L_{45} L_{6789 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{34} L_{56 \cdot \cdot 9 \cdot 10}] w^6$

Előjel: pozitív.

XIX. táblázat

Tömegek száma

Együtthatók

- 5 — — —  
 6 — — —  
 7 — — —  
 8  $L_{12 \cdot \cdot 8}$   
 9  $(L_{12 \cdot \cdot 8-9} + L_{12 \cdot \cdot 7} L_{89} + L_{12 \cdot \cdot 6} L_{789} + L_{12 \cdot \cdot 5} L_{6789} + L_{1234} L_{56 \cdot \cdot 9} +$   
 $+ L_{123} L_{45 \cdot \cdot 9} + L_{12} L_{34 \cdot \cdot 9}) w^2$   
 10  $[L_{12 \cdot \cdot 8-10} + L_{12 \cdot \cdot 7} (L_{89} + L_{9 \cdot 10}) + L_{12 \cdot \cdot 6} (L_{789-10} + L_{78} L_{9 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{12 \cdot \cdot 5} (L_{6789-10} + L_{678} L_{9 \cdot 10} + L_{67} L_{89 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{1234} (L_{56 \cdot \cdot 9-10} + L_{5678} L_{9 \cdot 10} + L_{567} L_{89 \cdot 10} + L_{56} L_{789 \cdot 10}) +$   
 $+ L_{123} (L_{45 \cdot \cdot 9-10} + L_{45 \cdot \cdot 8} L_{9 \cdot 10} + L_{4567} L_{89 \cdot 10} + L_{456} L_{789 \cdot 10} +$   
 $+ L_{45} L_{6789 \cdot 10}) +$

## XIX. táblázat (folytatása)

$$\begin{aligned}
& + L_{12}(L_{34} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{34} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + L_{34} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + L_{3456} L_{789, 10} + \\
& + L_{345} L_{67} \cdot \cdot 10 + L_{34} L_{56} \cdot \cdot 10) + \\
& + L_{23} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + L_{23} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + L_{23} \cdot \cdot 6 L_{789, 10} + L_{2345} L_{67} \cdot \cdot 10 + \\
& + L_{234} L_{56} \cdot \cdot 10 + L_{23} L_{45} \cdot \cdot 10] w^4 = \\
10 = & [L_{12} \cdot \cdot 8 - 10 + L_{12} \cdot \cdot 7 (L_{89} + L_{9, 10}) + L_{23} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + \\
& + L_{12} \cdot \cdot 6 (L_{789} - 10 + L_{78} L_{9, 10}) + L_{23} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + \\
& + L_{12} \cdot \cdot 5 (L_{6789} - 10 + L_{678} L_{9, 10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{23} \cdot \cdot 6 L_{789, 10} + \\
& + L_{1234} (L_{56} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{5678} L_{9, 10} + L_{567} L_{89, 10} + L_{56} L_{789, 10}) + \\
& + L_{2345} L_{67} \cdot \cdot 10 + L_{123} (L_{45} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{45} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + L_{4567} L_{89, 10} + \\
& + L_{456} L_{789, 10} + L_{45} L_{67} \cdot \cdot 10) + L_{234} L_{56} \cdot \cdot 10 + \\
& + L_{12} (L_{34} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{34} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + L_{34} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + L_{3456} L_{789, 10} + \\
& + L_{345} L_{67} \cdot \cdot 10 + L_{34} L_{56} \cdot \cdot 10) + L_{23} L_{45} \cdot \cdot 10] w^4 = \\
& = [\lambda_{12} \cdot \cdot 8 - 10 + L_{12} \cdot \cdot 6 \lambda_{789} - 10 + L_{23} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + \\
& + L_{12} \cdot \cdot 5 (\lambda_{6789} - 10 + L_{67} L_{89, 10}) + L_{23} \cdot \cdot 6 L_{789, 10} + \\
& + L_{1234} (\lambda_{56} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{567} L_{89, 10} + L_{56} L_{789, 10}) + L_{2345} L_{67} \cdot \cdot 10 + \\
& + L_{123} (\lambda_{45} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{4567} L_{89, 10} + L_{456} L_{789, 10} L_{45} L_{67} \cdot \cdot 10) + \\
& + L_{234} L_{56} \cdot \cdot 10 + \\
& + L_{12} (\lambda_{34} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{34} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + L_{3456} L_{789, 10} + L_{345} L_{67} \cdot \cdot 10 + \\
& + L_{34} L_{56} \cdot \cdot 10) + L_{23} L_{45} \cdot \cdot 10] w^4
\end{aligned}$$

Előjel: negatív.

## XX. táblázat

Tömegek  
száma

Együththatók

5	—	—	—
6	—	—	—
7	—	—	—
8	—	—	—
9	$L_{12} \cdot \cdot 9$		
10	$(L_{12} \cdot \cdot 9 - 10 + L_{12} \cdot \cdot 8 L_{9, 10} + L_{12} \cdot \cdot 7 L_{89, 10} + L_{12} \cdot \cdot 6 L_{789, 10} +$ $+ L_{12} \cdot \cdot 5 L_{67} \cdot \cdot 10 + L_{1234} L_{56} \cdot \cdot 10 + L_{123} L_{45} \cdot \cdot 10 +$ $+ L_{12} L_{34} \cdot \cdot 10) w^2$		

Előjel: pozitív.

## XXI. táblázat

9 tömeg

$$\begin{aligned}
w^{16} - & L_{12-9} w^{14} + \lambda_{123-9} w^{12} - \\
& - (\lambda_{1234-9} + L_{12} \lambda_{345-9} + L_{23} \lambda_{456-9} + L_{34} \lambda_{567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) w^{10} + \\
& + [\lambda_{12} \cdot \cdot 5 - 9 + L_{123} \lambda_{456-9} + L_{234} \lambda_{567-9} + L_{345} \lambda_{678-9} + L_{456} L_{789} + \\
& + L_{12} (\lambda_{3456-9} + L_{34} \lambda_{567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) + \\
& + L_{23} (\lambda_{4567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{34} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) + \\
& + L_{45} L_{6789}] w^8 - \\
& - [L_{12} \cdot \cdot 6 - 9 + L_{1234} \lambda_{567-9} + L_{2345} \lambda_{678-9} + L_{3456} L_{789} + \\
& + L_{123} (\lambda_{4567-9} + L_{45} \lambda_{678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{234} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) + L_{345} L_{6789} + \\
& + L_{12} (\lambda_{34} \cdot \cdot 7 - 9 + L_{345} \lambda_{678-9} + L_{456} L_{789} + L_{34} [(\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789})] +
\end{aligned}$$



XXI. táblázat (folytatása)

$$\begin{aligned}
 &+ L_{45} L_{6789} + L_{23} (\lambda_{45 \cdot 8-9} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{34} L_{56 \cdot 9} w^6 + \\
 &+ [\lambda_{12 \cdot 7-9} + L_{12 \cdot 5} L_{678-9} + L_{23 \cdot 6} L_{789} + L_{1234} (\lambda_{5678-9} + L_{56} L_{789}) + \\
 &+ L_{2345} L_{6789} + L_{123} (\lambda_{45 \cdot 8-9} + L_{456} L_{789} + L_{45} L_{6789}) + L_{234} L_{56 \cdot 9} + \\
 &+ L_{12} (\lambda_{34 \cdot 8-9} + L_{3456} L_{789} + L_{345} L_{6789} + L_{34} L_{56 \cdot 9}) + L_{23} L_{45 \cdot 9} w^4 - \\
 &+ (L_{12 \cdot 8-9} + L_{12 \cdot 7} L_{89} + L_{12 \cdot 6} L_{789} + L_{12 \cdot 5} L_{6789} + L_{1234} L_{56 \cdot 9} + \\
 &+ L_{123} L_{45-9} + L_{12} L_{34 \cdot 9}) w^2 + L_{12 \cdot 9} = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78} + L_{89} &= L_{12-9} \\
 L_{23} + L_{34} + \dots + L_{89} &= L_{23-9} \\
 L_{34} + L_{45} + \dots + L_{89} &= L_{34-9} \\
 L_{45} + L_{56} + L_{67} + L_{78} + L_{89} &= L_{45-9} \\
 L_{56} + L_{67} + L_{78} + L_{89} &= L_{56-9} \\
 L_{67} + L_{78} + L_{89} &= L_{67-9} \\
 L_{78} + L_{89} &= L_{78-9} \\
 L_{89} &= L_{89}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{89} &= L_{89} \\
 L_{78-9} &= L_{89} + L_{78} \\
 L_{67-9} &= L_{78-9} + L_{67} \\
 L_{56-9} &= L_{67-9} + L_{56} \\
 L_{45-9} &= L_{56-9} + L_{45} \\
 L_{34-9} &= L_{45-9} + L_{34} \\
 L_{23-9} &= L_{34-9} + L_{23} \\
 L_{12-9} &= L_{23-9} + L_{12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{123} + L_{234} + L_{345} + L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{789} &= L_{123-9} \\
 L_{234} + L_{345} + \dots + L_{789} &= L_{234-9} \\
 L_{345} + L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{789} &= L_{345-9} \\
 L_{456} + L_{567} + L_{678} + L_{789} &= L_{456-9} \\
 L_{567} + L_{678} + L_{789} &= L_{567-9} \\
 L_{678} + L_{789} &= L_{678-9} \\
 L_{789} &= L_{789}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{789} &= L_{789} \\
 L_{678-9} &= L_{678} + L_{789} \\
 L_{567-9} &= L_{678-9} + L_{567} \\
 L_{456-9} &= L_{567-9} + L_{456} \\
 L_{345-9} &= L_{456-9} + L_{345} \\
 L_{234-9} &= L_{345-9} + L_{234} \\
 L_{123-9} &= L_{234-9} + L_{123}
 \end{aligned}$$

$$L_{6789} = L_{6789}$$

$$L_{5678-9} = L_{5678} + L_{6789}$$

$$L_{4567-9} = L_{5678-9} + L_{4567}$$

$$L_{3456-9} = L_{4567-9} + L_{3456}$$

$$L_{2345-9} = L_{3456-9} = 3456-9 + L_{2345}$$

$$L_{1234-9} = L_{2345-9} + L_{1234}$$

$$L_{56 \cdot 9} = L_{56 \cdot 9}$$

$$L_{45 \cdot 8-9} = L_{56 \cdot 9} + L_{45 \cdot 8}$$

$$L_{34 \cdot 7-9} = L_{45 \cdot 8-9} + L_{34 \cdot 7}$$

$$L_{23 \cdot 6-9} = L_{34 \cdot 7-9} + L_{23 \cdot 6}$$

$$L_{12 \cdot 5-9} = L_{23 \cdot 6-9} + L_{12 \cdot 5}$$

$$L_{45 \cdot 9} = L_{45 \cdot 9}$$

$$L_{34 \cdot 8-9} = L_{45 \cdot 9} + L_{34 \cdot 8}$$

$$L_{23 \cdot 7-9} = L_{34 \cdot 8-9} + L_{23 \cdot 7}$$

$$L_{12 \cdot 6-9} = L_{23 \cdot 7-9} + L_{12 \cdot 6}$$

$$L_{12} L_{34-9} + L_{23} L_{45-9} + L_{34} L_{56-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89} = \Delta_{12-9}$$

$$L_{23} L_{45-9} + \dots + L_{67} L_{89} = \Delta_{23-9}$$

$$L_{34} L_{56-9} + L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89} = \Delta_{34-9}$$

$$L_{45} L_{67-9} + L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89} = \Delta_{45-9}$$

$$L_{56} L_{78-9} + L_{67} L_{89} = \Delta_{56-9}$$

$$L_{67} L_{89} = \Delta_{67-9}$$

$$L_{67} L_{89} = \Delta_{67-9}$$

$$\Delta_{67-9} + L_{56} L_{78-9} = \Delta_{56-9}$$

$$\Delta_{56-9} + L_{45} L_{67-9} = \Delta_{45-9}$$

$$\Delta_{45-9} + L_{34} L_{56-9} = \Delta_{34-9}$$

$$\Delta_{34-9} + L_{23} L_{45-9} = \Delta_{23-9}$$

$$\Delta_{23-9} + L_{12} L_{34-9} = \Delta_{12-9}$$

$$L_{123} L_{45-9} + L_{234} L_{56-9} + L_{345} L_{67-9} + L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89} = \Delta_{123-9}$$

$$L_{234} L_{56-9} + \dots + L_{567} L_{89} = \Delta_{234-9}$$

$$L_{345} L_{67-9} + L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89} = \Delta_{345-9}$$

$$L_{456} L_{78-9} + L_{567} L_{89} = \Delta_{456-9}$$

$$L_{567} L_{89} = \Delta_{567-9}$$

## XXI. táblázat (folytatása)

$$\begin{aligned}
L_{567} L_{89} &= \Delta_{567-9} \\
\Delta_{567-9} + L_{456} L_{789} &= \Delta_{456-9} & L_{1234} L_{56-9} + L_{2345} L_{67-9} + L_{3456} L_{78-9} + \\
& & + L_{4567} L_{89} = \Delta_{1234-9} \\
\Delta_{456-9} + L_{345} L_{67-9} &= \Delta_{345-9} & L_{2345} L_{67-9} + L_{3456} L_{78-9} + L_{4567} L_{89} = \Delta_{2345-9} \\
\Delta_{345-9} + L_{234} L_{56-9} &= \Delta_{234-9} & L_{3456} L_{78-9} + L_{4567} L_{89} = \Delta_{3456-9} \\
\Delta_{234-9} + L_{123} L_{45-9} &= \Delta_{123-9} & L_{4567} L_{89} = \Delta_{4567-9} \\
\\
L_{4567} L_{89} &= \Delta_{4567-9} \\
\Delta_{4567-9} + L_{3456} L_{78-9} &= \Delta_{3456-9} \\
\Delta_{3456-9} + L_{2345} L_{67-9} &= \Delta_{2345-9} \\
\Delta_{2345-9} + L_{1234} L_{56-9} &= \Delta_{1234-9}
\end{aligned}$$

## XXII. táblázat

10 tömeg

$$\begin{aligned}
w^{18} - L_{12-10} w^{16} + \lambda_{123-10} w^{14} - (\lambda_{1234-10} + L_{12} \lambda_{345-10} + L_{23} \lambda_{456-10} + \\
+ L_{34} \lambda_{567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) w^{12} + \\
+ [\lambda_{12 \cdot 5-10} + L_{123} \lambda_{456-10} + L_{234} \lambda_{567-10} + L_{345} \lambda_{678-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + \\
+ L_{567} L_{89, 10} + L_{12} (\lambda_{3456-10} + L_{34} \lambda_{567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + \\
+ L_{67} L_{89, 10}) + L_{23} (\lambda_{4567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
+ L_{34} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{45} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
+ L_{56} L_{789, 10}] w^{10} - \\
- [\lambda_{12 \cdot 6-10} + L_{1234} \lambda_{567-10} + L_{2345} \lambda_{678-10} + L_{3456} \lambda_{789-10} + L_{4567} L_{89, 10} + \\
+ L_{123} (\lambda_{4567-10} + L_{45} \lambda_{678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
+ L_{234} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
+ L_{345} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{456} L_{789, 10} + \\
+ L_{12} (\lambda_{34 \cdot 7-10} + L_{345} \lambda_{678-10} + L_{34} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + \\
+ L_{67} L_{89, 10})) + L_{45} ((\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10})) + L_{56} L_{789, 10} + \\
+ L_{456} \lambda_{789, 10} + L_{567} L_{89, 10} + \\
+ L_{23} (\lambda_{45 \cdot 8-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + L_{45} \lambda_{6789-10} + L_{56} L_{789, 10}) + \\
+ L_{34} (\lambda_{56 \cdot 9-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{45} L_{6789, 10}] w^8 + \\
+ [\lambda_{12 \cdot 7-10} + L_{12 \cdot 5} (\lambda_{678-10} + L_{78} L_{89-10}) + L_{23 \cdot 6} \lambda_{789-10} + L_{34 \cdot 7} L_{89, 10} + \\
+ L_{1234} (\lambda_{5678-10} + L_{56} \lambda_{789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{2345} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + \\
+ L_{3456} L_{789, 10} + L_{123} (\lambda_{45 \cdot 8-10} + L_{456} \lambda_{789-10} + L_{567} L_{89, 10} + \\
+ L_{45} ((\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{789, 10})) + L_{56} L_{789, 10}) + \\
+ L_{234} (\lambda_{56 \cdot 9-10} + L_{567} L_{89, 10} + L_{56} L_{789, 10}) + L_{345} L_{6789, 10} + \epsilon \\
+ L_{12} (\lambda_{34 \cdot 8-10} + L_{3456} L_{789-10} + L_{4567} L_{89, 10} + L_{345} ((\lambda_{6789-10} + \\
+ L_{67} L_{89, 10})) + L_{456} L_{789, 10} + L_{34} ((\lambda_{56 \cdot 9-10} + L_{567} L_{89, 10} + L_{56} L_{789, 10})) + \\
+ L_{45} L_{67 \cdot 9-10}) + \\
+ L_{23} (\lambda_{45 \cdot 9-10} + L_{4567} L_{89, 10} + L_{456} L_{789, 10} + L_{45} L_{6789, 10}) + L_{34} L_{56 \cdot 9-10}] w^6 - \\
- [\lambda_{12 \cdot 8-10} + L_{12 \cdot 6} \lambda_{789-10} + L_{23 \cdot 7} L_{89, 10} + L_{1234} (\lambda_{56 \cdot 9-10} + \\
+ L_{567} L_{89, 10} + L_{56} L_{789, 10}) + L_{2345} L_{67 \cdot 10} + \\
+ L_{123} (\lambda_{45 \cdot 9-10} + L_{4567} L_{89, 10} + L_{45} L_{67 \cdot 10} + L_{456} L_{789, 10}) + \\
+ L_{234} L_{56 \cdot 10} + L_{12 \cdot 5} (\lambda_{6789-10} + L_{67} L_{89, 10}) + L_{23 \cdot 6} L_{789, 10} + \\
+ L_{12} (\lambda_{34 \cdot 9-10} + L_{34 \cdot 7} L_{89, 10} + L_{3456} L_{789, 10} + L_{345} L_{67 \cdot 10} + \\
+ L_{34} L_{56 \cdot 10}) + L_{23} L_{45 \cdot 10}] w^4 + \\
+ [L_{12 \cdot 9-10} + L_{12 \cdot 8} L_{9, 10} + L_{12 \cdot 7} L_{89, 10} + L_{12 \cdot 6} L_{789, 10} + \\
+ L_{12 \cdot 5} L_{67 \cdot 10} + L_{1234} L_{56 \cdot 10} + L_{123} L_{45 \cdot 10} + L_{12} L_{34 \cdot 10}] w^3 - L_{12 \cdot 10} = 0
\end{aligned}$$

## Függelék

## Az amplitudók kiszámítása

Az önlengésszámokhoz tartozó körfrekvenciákat az algebrai egyenlet megoldásával ismerjük és így az amplitudók *végleges* értékét kiszámíthatjuk. A próbálkozások beiktatása elmarad.

A számításához számos módszer ismeretes, és mi azt fogjuk felhasználni, amely az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleménye XVIII. kötete 2–4. számában jelent meg: „A torziólengek önlengésszámának kiszámítása új eljárás alapján”. Ezt az eljárást megtalálhatjuk még a VDI-Z 1955 II 23. számában is.

E számításnak az az előnye, hogy az eredményeket azonnal ellenőrizhetjük, mégpedig olyképpen, hogy a tömegek számozását egyszer az egyik, másszor a másik végén kezdjük el. Természetesen jól vezetett számításnál az eredményeknek egyezniük kell, ami éppen ellenőrzést jelent.

(1) táblázatban a számítást 5 tömegre vezetjük végig. Jelölésre nézve:

$$u_{ik} = \frac{c_i}{I_k}.$$

(1a) alatt találjuk az  $u$  számértékeit és pedig az egyik végről elindulva: (egyenes eljárás)

$$u_{11} = 1,03 \cdot 10^4 \dots u_{45} = 1,86 \cdot 10^4.$$

Ha a másik végről kezdjük el a tömegek számozását, ez a reciprok eljárás, akkor ismét ugyanazokat a jelöléseket használva:

$$u_{11} = 1,86 \cdot 10^4 \dots u_{45} = 1,03 \cdot 10^4$$

(1b) alatt az önlengésszámokhoz tartozó körfrekvenciákat találjuk, amelyeket bár más módszerrel számítottunk ki, az eredmény helyességét mégis ellenőrizzük. Az e célból elvégzett számítások eredményeit (1c) alatt találjuk és miután az eredmény 1-hez igen közel fekszik, a felhasznált körfrekvencia értéke helyes.

(1d) alatt kiszámítottuk az amplitudók viszonyszámát és ha  $p_1 = 1$ , akkor kiszámíthatjuk az amplitudókat: (1e).

(1f) alatt a reciprok eljárás számítását kezdtük el és mint látható, (1g) alatt az eredmény igen közel lévén 1-hez, az eddigi eredmény helyességét igazolhattuk. (1h) alatt megtaláljuk az amplitudók viszonyszámait és ha erre az esetre is  $p_1 = 1$ , akkor (1m) alatt találjuk az amplitudók többi értékét.

Az egyenes eljárásnál  $p_5 = 10,1$  és ugyanaz reciprok eljárásnál  $p_1 = 1$ . Ha tehát (1m) értékeinek kerekben tízszeresét vesszük, akkor (1e) értékeit kell kapnunk, amiről könnyen meggyőződhetünk.

(1n) hasonló módon, de az egyenes eljárással, kiszámítottuk a többi körfrekvenciákhoz tartozó amplitudókat, ismét felvéve azt, hogy  $p_1 = 1$ . Ily módon megállapíthatjuk a csomópontok számát felrajzolással és egyúttal a lengés alakját is.

Az amplitudók kiszámításához a képleteket e módszer keretében a szükséghez mérten, részletesen adtuk meg és így a megadott számértékek behelyettesítésével megkapjuk a keresett értékeket.

E számítás menete, tehát az amplitudók megállapítása, azért gyors, mert e célra a végleges önlengésszámokat használjuk fel és mint láttuk, ilyenképpen minden próbálgatás elmarad. Mint már jeleztük, az amplitudókra mindjárt a végleges eredményt kapjuk.

A következőkben még egy példán mutatjuk be, ugyane módszer felhasználásával, az amplitudók kiszámítását, de 8 tömegű rendszerre, amikor az önlengésszámok ismét ismertek.

A számításához szükséges adatokat (2) táblázatba foglaltuk. (2a) alatt megtaláljuk azokat az  $u$  értékeket, amelyeket az egyenes eljárásához és (2b) alatt a reciprok eljárásához felhasználható  $u$  értékeket.

A körfrekvencia helyességét, amelyet a számításhoz felhasználunk, ellenőrizzük és (2c) alatt ezen érték megfelelő voltát igazoljuk.

(2d) mutatja az amplitudók viszonyszámának kiszámítását és  $p_1 = 1$ -nek felvéve, (2e) alatt kapjuk az amplitudókat.

Reciprok eljárással is elvégeztük a számítást és (2f) igazolja a helyes körfrekvencia választást, tehát (2g) alatt elvégeztük az amplitudók viszonyszámának kiszámítását és ha  $p_1 = 1$ -gyel, akkor (2h) alatt kapjuk az amplitudókat. Ha pedig (2e) értékeket megszorozzuk  $-125$ -el, akkor (2h) értékeit fogjuk kapni.

Ugyanerre az esetre egy másik körfrekvenciával is elvégeztük a számításokat és az amplitudók viszonzyszámait ( $2m$ ) alatt megtalálhatjuk azokat és ha  $p_1 = 1$ -gyel, akkor ( $2n$ ) alatt megtaláljuk az amplitudók értékeit.

Az amplitudók ismeretével a lengésalakot felrajzolhatjuk és a csomópontok számát és helyét is megállapíthatjuk.

## I. táblázat

Példa:\*

$$\left. \begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{11} = 1,03 \cdot 10^4, \\ \underline{u}_{45} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{12} = 0,127 \cdot 10^4, \\ \underline{u}_{44} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{22} = 0,42 \cdot 10^4 \\ \underline{u}_{34} \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{23} = 2,43 \cdot 10^4, \\ \underline{u}_{33} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{33} = 1,71 \cdot 10^4, \\ \underline{u}_{23} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{34} = 0,82 \cdot 10^4 \\ \underline{u}_{22} \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{44} = 1,37 \cdot 10^4, \\ \underline{u}_{12} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \underline{u}_{45} = 1,86 \cdot 10^4 \\ \underline{u}_{11} \end{array} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (1a)$$

$$\begin{aligned} w_1^2 = 5,045 \cdot 10^4, w_2^2 = 3,145 \cdot 10^4, w_3^2 = 1,172 \cdot 10^4, w_4^2 = 0,39 \cdot 10^4 \\ w_5^2 = 5,045 \cdot 10^4 \end{aligned} \quad (1b)$$

$$1 - U_{445} = 1 - \frac{u_{44}}{w^2 - u_{45}} = 1 - \frac{1,37}{5,045 - 1,86} = 0,57$$

$$A_5 = \frac{u_{33}(1 - U_{445})}{w_1^2(1 - U_{445}) - u_{34}} = \frac{1,71 \cdot 0,57}{5,045 \cdot 0,57 - 0,82} = 0,526$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{u_{22} \cdot A_5}{w_1^2 \cdot A_5 - u_{33}} = \frac{0,42 \cdot 0,526}{5,045 \cdot 0,526 - 2,43} = 0,987 \\ \frac{u_{12}}{w_1^2 - u_{11}} = \frac{0,127}{5,045 - 1,03} = \frac{0,0316}{+1,0186} \end{aligned} \right\} \quad (1c)$$

$$\frac{p_4}{p_5} = 1 - w_1^2 \frac{I_5}{c_4} = 1 - \frac{w_1}{u_{45}} = 1 - \frac{5,045}{1,86} = -1,7 \quad (1d)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{p_3}{p_4} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{34}}(1 - U_{445}) = 1 - \frac{5,045}{0,82} \cdot 0,57 = -2,5 \\ \frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{23}} A_5 = 1 - \frac{5,045}{2,43} \cdot 0,526 = -0,09 \\ \frac{p_2}{p_1} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{11}} = 1 - \frac{5,045}{1,03} = -3,9 \end{aligned} \right\} \quad (1d)$$

$$\boxed{p_1 = 1, p_2 = -3,9, p_3 = 43,3, p_4 = -17,3, p_5 = 10,1} \quad (1e)$$

\* E példa kidolgozása ill. az önlengésszámok kiszámítása megtalálható a szerző következő című dolgozatában: „Torzióslengés önlengésszámainak számítása karakterisztikus egyenlettel”, az MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei XV. kötet 1–4. sz. 101. és 103. oldalain.

Az aláhúzott  $u$  értékeket a reciprok eljáráshoz használjuk fel.

Reciprok eljárás (ezen adatokkal).

$$1 - U_{445} = 1 - \frac{0,127}{5,045 - 1,03} = 0,9684$$

$$A_5 = 1 - \frac{u_{33}(1 - U_{445})}{w_1^2(1 - U_{445}) - u_{34}} = 1 - \frac{2,43 \cdot 0,9684}{5,045 \cdot 0,9684 - 0,42} = 0,473 \quad (1f)$$

$$\frac{u_{22} \cdot A_{55}}{w_1^2 A_2 - u_{23}} = \frac{0,82 \cdot 0,473}{5,045 \cdot 0,473 - 1,71} = 0,573$$

$$\frac{u_{12}}{w_1^2 - u_{11}} = \frac{1,37}{5,045 - 1,80} = \frac{0,43}{+ 1,003} \quad (1g)$$

$$\frac{p_4}{p_5} = 1 - \frac{5,045}{1,03} = -3,9, \quad \frac{p_3}{p_4} = 1 - \frac{5,045}{0,42} \cdot 0,9684 = -10,3 \quad (1h)$$

$$\frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{5,045}{1,71} \cdot 0,473 = -0,4, \quad \frac{p_2}{p_1} = 1 - \frac{5,045}{1,86} = -1,7 \quad (1h)$$

$$p_1 = 1, p_2 = -1,7, p_3 = \frac{-1,7}{-0,4} = 4,3, p_4 = \frac{4,3}{-10,3} = -0,416$$

$$p_5 = \frac{-0,416}{-3,9} = 0,102 \quad (1m)$$

$$w_2^2 = 3,145 \cdot 10^4$$

$$p_1 = 1, p_2 = -2,05, p_3 = 12,4, p_4 = 10, p_5 = -1,43$$

$$w_3^2 = 1,172 \cdot 10^4$$

$$p_1 = 1, p_2 = -0,14, p_3 = -0,097, p_4 = 0,031, p_5 = 0,084$$

$$w_4^2 = 0,39 \cdot 10^4$$

$$p_1 = 1, p_2 = 0,07, p_3 = -0,89, p_4 = -10, p_5 = -13,3 \quad (1n)$$

2. táblázat

Példa: \*

$$u_{11} = \dots = u_{56} = 30,95 \cdot 10^5$$

$$u_{66} = 28,13 \cdot 10^5, u_{67} = 0,654 \cdot 10^6, u_{77} = 1,8 \cdot 10^5, u_{78} = 2,73 \cdot 10^5 \quad (2a)$$

\* E példa kidolgozása, ill. az önlengésszámok kiszámítása megtalálható a szerző következő dolgozatában: „A torzióslengés önlengésszámainak kiszámítása új eljárás alapján”, az MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei XVIII. kötet 1-4. száma 183. oldalán. Az aláhúzott u értékeket a reciprok eljáráshoz használjuk fel, amit egyébként címként is megadtunk.



## Reciprok eljáráshoz

$$\left. \begin{aligned} u_{11} &= 2,73 \cdot 10^5, u_{12} = 1,8 \cdot 10^5, u_{22} = 0,654 \cdot 10^5, u_{23} = 28,13 \cdot 10^5 \\ u_{33} &= \dots \dots \dots = u_{78} = 30,95 \cdot 10^5 \end{aligned} \right\} (2b)$$

$$w_1^2 = 15,4 \cdot 10^5$$

$$\frac{u_{77}}{w_1^2 - u_{78}} = U_{778} = \frac{1,8}{15,4 - 2,73} = 0,142, 1 - U_{778} = 0,858$$

$$U_{6678} = 1 - \frac{u_{66}(1 - U_{778})}{w_1^2(1 - U_{778}) - u_{67}} = 1 - \frac{28,13 \cdot 0,858}{15,4 \cdot 0,858 - 0,654} = 0,926$$

$$U_{55-8} = 1 - \frac{u_{55} U_{6678}}{w_1^2 U_{6678} - u_{56}} = 1 - \frac{30,96 \cdot 0,926}{-15,4 \cdot 0,926 - 30,96} = 0,369$$

$$U_{44-8} = 1 - \frac{u_{44} \cdot U_{55-8}}{w_1^2 \cdot U_{55-8} - u_{45}} = 1 - \frac{30,96 \cdot 0,369}{15,4 \cdot 0,369 - 30,96} = 1,451$$

$$A_8 = 1 - \frac{u_{33} \cdot U_{44-8}}{w_1^2 \cdot U_{44-8} - u_{34}} = 1 - \frac{30,96 \cdot 1,451}{15,4 \cdot 1,451 - 30,96} = 6,19$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{u_{12}}{w_1^2 - u_{11}} + \frac{u_{22} \cdot A_8}{w_1^2 \cdot A_8 - u_{23}} &= \frac{30,96}{15,4 - 30,96} + \frac{30,96 \cdot 6,19}{15,4 \cdot 6,19 - 30,96} = \\ &= -1,989 + 2,984 = 0,995 \end{aligned} \right\} (2c)$$

$$\frac{p_7}{p_8} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{78}} = 1 - \frac{15,4}{2,73} = -4,62$$

$$\frac{p_6}{p_7} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{67}} (1 - U_{778}) = 1 - \frac{15,4 \cdot 0,858}{0,654} = -19,2$$

$$\frac{p_5}{p_6} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{56}} U_{66-8} = 1 + \frac{15,4 \cdot 0,926}{30,95} = 1,456$$

$$\frac{p_4}{p_5} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{45}} U_{55-8} = 1 - \frac{15,4 \cdot 0,369}{30,95} = 0,814$$

$$\frac{p_3}{p_4} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{34}} U_{44-8} = 1 - \frac{15,4 \cdot 1,451}{30,95} = 0,285$$

$$\frac{p_2}{p_3} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{23}} = A_8 = 1 - \frac{15,4 \cdot 6,19}{30,95} = -2,05$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 1 - \frac{w_1^2}{u_{23}} = 1 - \frac{15,4}{30,95} = 0,5$$

(2d)

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= 1, p_2 = 0,5, p_3 = \frac{0,5}{-2,05} = -0,245, p_4 = -\frac{0,245}{0,285} = -0,86 \\ p_5 &= \frac{-0,86}{0,814} = -1,06, p_6 = \frac{-1,06}{1,456} = -0,73, p_7 = \frac{-0,73}{-19,2} = 0,038 \\ p_8 &= \frac{0,038}{-4,62} = -0,082 \end{aligned} \right\} (2e)$$

## Reciprok eljárással

$$U_{778} = \frac{30,96}{15,4 - 30,96} = -1,989, \quad 1 - U_{778} = 2,989$$

$$U_{66-8} = 1 - \frac{30,96 \cdot 2,989}{15,42 \cdot 2,989 - 30,96} = -5,14$$

$$U_{55-8} = 1 - \frac{-30,96 \cdot 5,14}{-15,4 \cdot 5,14 - 30,96} = -0,445$$

$$U_{448} = 1 - \frac{-30,96 \cdot 0,445}{-15,4 \cdot 0,445 - 30,96} = 0,634$$

$$A_8 = 1 - \frac{30,96 \cdot 0,634}{15,4 \cdot 0,634 - 30,96} = 1,925$$

$$\left. \frac{1,8}{15,4 - 2,73} + \frac{0,654 \cdot 1,925}{15,4 \cdot 1,925 - 28,13} = 0,143 + 0,86 = 1,003 \right\} \quad (2f)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{p_7}{p_8} &= 1 - \frac{15,4}{30,96} = 1 - 0,496 = 0,504 \\ \frac{p_6}{p_7} &= 1 - \frac{15,4}{30,96} \cdot 2,989 = -0,49 \\ \frac{p_5}{p_6} &= 1 + \frac{15,4}{30,96} \cdot 5,145 = 3,54 \\ \frac{p_4}{p_5} &= 1 + \frac{15,4}{30,96} = 0,445 = 1,22 \\ \frac{p_3}{p_4} &= 1 - \frac{15,4}{30,96} \cdot 0,634 = 0,686 \\ \frac{p_2}{p_3} &= 1 - \frac{15,4}{28,13} \cdot 1,925 = -0,05 \\ \frac{p_2}{p_1} &= 1 - \frac{15,4}{2,73} = -4,6 \end{aligned} \right\} \quad (2g)$$

$$\left. \begin{aligned} p_1 = 1, \quad p_2 = -4,6, \quad p_3 = \frac{-4,6}{-0,05} = 92, \quad p_4 = \frac{92}{0,686} = 134, \quad p_5 = \frac{134}{1,22} = 109,5 \\ p_6 = \frac{109,5}{3,54} = 30,8, \quad p_7 = \frac{30,8}{-0,49} = -63, \quad p_8 = \frac{-63}{0,504} = -125 \end{aligned} \right\} \quad (2h)$$

$$w_2^2 = 39,3 \cdot 10^5$$

$$\begin{array}{l}
 1 - U_{778} = 0,9508 \\
 U_{66-8} = 0,272 \\
 U_{55-8} = 1,415 \\
 U_{44-8} = -0,27 \\
 A_8 = -6,11
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 \frac{p_7}{p_8} = 1 - \frac{39,3}{2,73} = -11,6 \\
 \frac{p_6}{p_7} = 1 - \frac{39,3}{0,654} \cdot 0,9508 = -52,4 \\
 \frac{p_5}{p_6} = 1 - \frac{39,3}{30,95} \cdot 0,272 = 0,654 \\
 \frac{p_4}{p_5} = 1 - \frac{30,93}{30,95} \cdot 1,415 = -0,6 \\
 \frac{p_3}{p_4} = 1 + \frac{39,3}{30,95} \cdot 0,77 = 1,87 \\
 \frac{p_2}{p_3} = 1 + \frac{39,3}{30,95} \cdot 6,11 = 7,93 \\
 \frac{p_2}{p_1} = 1 - \frac{39,3}{30,95} = -0,26
 \end{array}
 \right\} (2m)$$

$$\begin{array}{l}
 p_1 = 1, p_2 = -0,26, p_3 = \frac{-0,26}{7,93} = -0,0328, p_4 = -\frac{0,0328}{1,87} = -0,0175 \\
 p_5 = \frac{-0,0175}{-0,6} = 0,0292, p_6 = \frac{0,0292}{0,654} = 0,04, p_7 = \frac{0,04}{-52,4} = -0,000764 \\
 p_8 = \frac{-0,000764}{-11,6} = 0,000058
 \end{array} (2n)$$

### ÖSSZEFOGLALÁS

A torzióslengés önlengésszámainak kiszámítására szolgál a karakterisztikus egyenlet, amely kontinuáns determináns kifejtésével írható fel. Ez az egyenlet azonban terjedelme miatt gyakorlati számításokhoz nem volt használható. Ha azonban figyelemmel vagyunk ezen egyenletekben mutatkozó gyakori ismétlődésekre, akkor megfelelő jelölésekkel a karakterisztikus egyenlet még igen nagy tömegszámok esetében is annyira megrövidül, hogy az — néhány előzetes számítás után — a gyakorlati számolás céljaira mindenképpen alkalmassá válik. Magát az egyenletet — a bevezetett jelölések felhasználásával — tetszőleges tömegszámok esetére is azonnal fel lehet írni. Ennek megkönnyítésére és tekintettel az újszerű jelölésekre, táblázatokat állítottunk fel, ahol a tömegszámok függvényében az egyenletek együttthatóinak képletét ismertetjük, és az ezekből levont szabályszerűségek felhasználásával tetszőleges tömegszámhoz tartozó egyenlet együttthatóit fel lehet írni és ki lehet számítani. Ezzel vissza lehetett térni arra az egyetlen helyes útra, amellyel torzióslengések esetén az önlengésszámokat meg lehet állapítani, és amelyről azért kellett letérni, mert nem ismerték fel azokat a lehető könnyítéseket, amelyek e kérdést kedvező mederbe terelheték. Egyébként jellemző erre az eljárásra az, hogy minden próbálgatástól mentes.

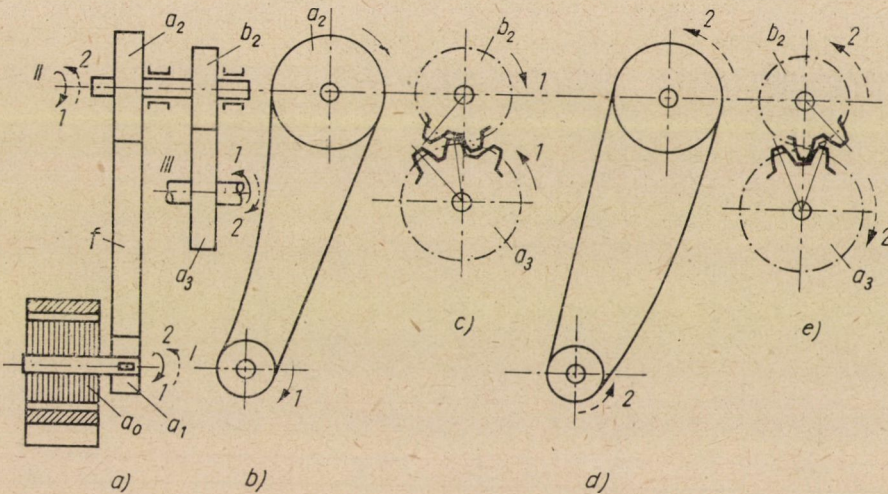
# MOTOROS IRÁNYVÁLTÁSNÁL KELETKEZŐ ÜTÉSEK A HAJTÁS HÉZAGGAL BÍRÓ ELEMPÁRJAIBAN

SZÓKE BÉLA

[Beérkezett 1959. november 13-án]

## 1. Fő működésbeli különbség a motoros és tengelykapcsolós irányváltás között

Kisebb és közepes lóerőtjeljesítményű gépeknél az irányváltást, a rövidre-  
zárt villamosmotor közvetlen reverzálásával, vagy kettős súrlódókapcsolóval  
oldják meg [1]. Alig szokták azonban számításba venni, hogy milyen óriási  
működésbeli különbség van e két szerkezeti megoldás között, és olyankor is  
lemondanak a tetszőleges fordulatszámfokozatban elhelyezhető irányváltó  
tengelykapcsolóról, amikor a motoros irányváltásnál a merev kapcsolási



1. ábra. Elektromos irányváltás

a) Hajtás, b) A szíj „előre” forgásban. c) A fogaskerék-hajtás „előre” forgásban. d) A szíj  
„hátra” forgásban. e) A fogaskerék „hátra” forgásban (a működő fogoldal átváltódott)

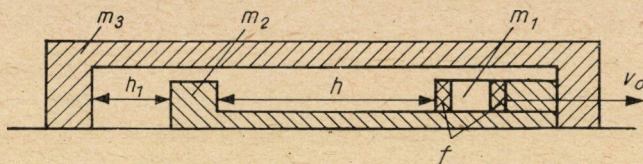
helyeken, (ék [2], fogaskerék [3]), gyakran kellemetlen ütközési jelenségek  
mutatkoznak, amikre szerző már korábban rámutatott [4].

Az 1. ábrából, mely az elektromotoros irányváltás „előre” és „hátra”  
forgásállapotokat szemlélteti, megállapítható, hogy az *I* hajtós és *II* közvetítő  
tengelyek között arra az időre megszűnik a kapcsolat, míg a laza szíjág újból  
feszessé válik, továbbá a *II* tengely és a *III* hajtott tengelyek között ugyancsak



megszűnik a kapcsolat arra az időre, amíg az eddig nem működő fogdialak egymással érintkezésbe jutnak.

A forgó mozgásnál előforduló tömegeket a motortengelyre redukálva, ezt az irányváltást olyan haladó mozgású [5] modellen (2. ábra) szemléltethetjük, melynél  $m_1$  a I tengellyel,  $m_2$  a II tengellyel,  $m_3$  a III tengellyel együtt

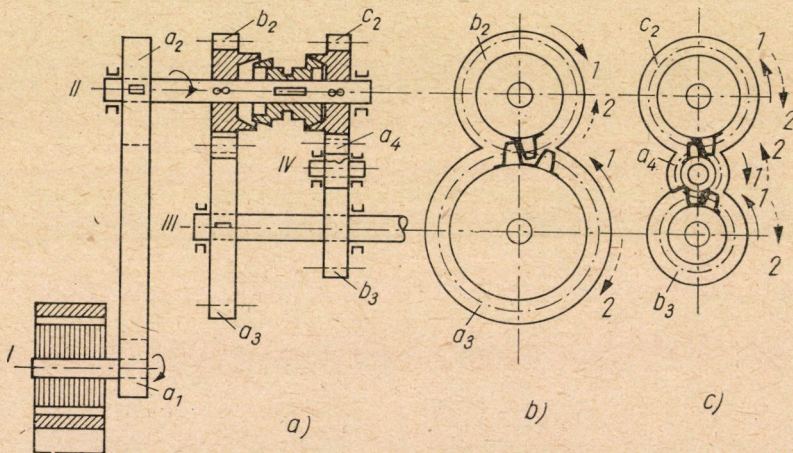


2. ábra. Az irányváltást jelképező modell

$m_1$  jelképezi az  $a_0$  és  $a_1$ ,  $m_2$  jelképezi az  $a_2$  és  $b_2$ ,  $m_3$  jelképezi az  $a_3$  és a vele kapcsolt összes forgó részek redukált tömegét. Az  $f$  lágyan rugalmas réteg jelképezi a szíjat,  $h$  az átváltás közben megtett szíjutat,  $h_1$  pedig a foghézagot

forgó tömegeket jelképezi,  $f$  lágyan rugalmas réteg a szíjat,  $h$  az átváltás közben megtett üres szíjutat,  $h_1$  pedig a foghézag levegős részét jelenti.

A 2. ábra  $m_1$  hajtó tömegének  $v_0$  irányból történő visszafordulása érzékelhető az ilyen irányváltás csattogásban megnyilvánuló kísérő jelenségét. Ez egyszerűen magyarázat arra, hogy egyszerű formájában az ilyen irány-



3. ábra. Tengelykapcsolós irányváltás

a) Hosszmetszet, b) „előre”-, c) „hátra”-hajtás. Mivel „hátra” kapcsolásnál az eddig hajtott  $c_2$  fogaskerék hajtóvá válik, mindegyik fogaskeréknél érintkezésben maradnak a fogdialak

váltás csak mellékajtásokban és egész kis teljesítményű főhajtásokban megbízható.

Ezzel szemben a tengelykapcsolós irányváltáskor (3. ábra) nemcsak a kettős súrlódókapcsoló előtt levő gépelemknél, hanem maguknál az irány-



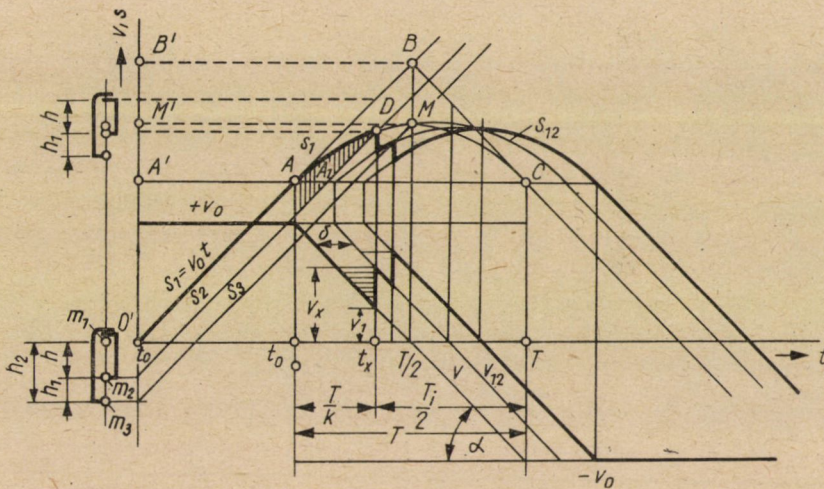
váltó fogaskerekeknél is érintkezésben maradnak irányváltás alatt a hajtó és hajtott felületek. Mindaddig ugyanis, amíg a kettős tengelykapcsoló valamelyik fogaskereke üresen jár, mint „hajtott” kerék forog, amint azonban átkapcsolódik „hajtóvá”, megváltozik a forgás értelme, és így továbbra is *ugyanaz a fogoldal marad hordozó.*

A motoros irányváltás lökészerű jelenségeit olykor elektromos késleltetéssel, olykor flexibilis, legjobb esetben pedig centrifugális tengelykapcsoló közbeiktatásával igyekeznek mérsékelni. Leggyakoribb azonban az 1. ábrában feltüntetett megoldás, melynél a rugalmas tag szíj, vagy ékszíj, azért helyénvaló lesz az itt mutatkozó jelenségek közelebbi vizsgálata.

### 2. Az ütközési adatok grafikus meghatározása

Pusztán mozgástani (foronómiai) szempontból a 2. ábrán vázolt modellnél vizsgáljuk előbb azt az egyszerűbb esetet, amidőn  $h_1$  hézag és  $m_3$  tömeg hiányzik.

A 4. ábrán az abszcissa tengelyre az időt, az ordináta tengelyre a sebes-



4. ábra. Sebesség és útdiagram az idő függvényében

séget és az utat felmérve, valamely  $t_0$  időpontban az együttmozgó  $m_1 + m_2$  tömegek sebessége

$$v_0 = \text{const};$$

az út függvénye pedig  $m_1$  tömegnél

$$s_1 = v_0 t;$$

$m_2$  tömegnél

$$s_2 = v_0 t - h$$

pozitív iránytangensű egyenes.

Tegyük fel, hogy az átkapcsolás  $t_0$  időpontjától kezdve  $m_1$  hajtó tömeg  $v_0$  sebessége egyenletesen csökken nulláig, majd  $T/2$  időponttól kezdve ellenkező irányban egyenletesen növekedik és a  $-v_0$  értéket  $T$  időpontban éri el, ha eddig teljesen magára van hagyva. (A grafikus vizsgálatnál az sem okoz nehézséget, ha a sebesség változása a lineáristól eltérő.)

Az  $m_2$  tömeg útgörbéje a  $t_0$ -hoz tartozó  $A$  ponttól kezdve továbbra is az  $s_2$  egyenes (feltételezve, hogy az átváltás elhanyagolható munkájú üresjáratban történik, mint pl. fémforgácsoló gépeknél); az  $m_1$  tömegé pedig az  $s_1$  egyeneshez érintőlegesen csatlakozó  $AMC$  parabola ív.

A parabola  $M$  csúcspontja abból a megfontolásból szerkeszthető, hogy  $m_1$  eredeti  $v_0$  sebességével  $T/2$  időpontban a  $B$  pontnak megfelelő  $O' B'$  távolságra jutott volna, de a lassulási idő alatt érvényesülő  $v_0/2$  közepes sebességével csak

$$\frac{A'B'}{2} = A'M'$$

utat tehette meg.

Azt a  $t_x$  időpontot, melyben a visszafordult  $m_1$  tömeg a változatlanul tovább haladó  $m_2$  tömeghez ütközik, most már könnyen meghatározhatjuk. A két tömeg eddigi érintkezési helyén ugyanis *hézag támad* és ez csak addig növekedhetik, amíg a régi hátsó  $h$  hézag el nem tűnik. Ennélfogva az  $s_1$  egyenesnek önmagával párhuzamosan függőleges irányban  $h$  távolsággal eltolt helyzetű  $s_2$  egyenes a parabolát az ütközés  $D$  pontjában metszi. Ehhez a ponthoz az abszcisszán a  $t_x$  ütközési időpont, az  $m_1$  tömeg  $v$  egyenesén pedig az  $m_1$  tömeg  $v_1$  ütközési sebessége tartozik.

A szíj lágy rugalmasságára való tekintettel az ütközést egyelőre nem rugalmasnak tekintve, az ütközés utáni közös sebesség

$$v_x = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_0}{m_1 + m_2}. \quad (1)$$

A 4. ábrából kitűnik, hogy  $D$  metszéspont helye és ezzel együtt  $v_1$  ütközési sebesség a  $h$  hézagtól függ. Ezt az összefüggést kell tehát kifejeznünk, hogy az ütközés utáni  $v_x$  közös sebességre is használható képletet nyerjünk.

A 4. ábrában az út koordináta rendszerének  $A$  kezdő pontját  $t_0$ -ba helyezve az ábra jelöléseivel felírhatjuk  $m_2$  tömeg sebessége

$$v_0;$$

$m_2$  tömeg útja

$$s_2 = v_0 t - h. \quad (2)$$

Az  $m_1$  tömeg átváltási idejét  $T$ -vel jelölve, az egyenletesen lassuló  $v$  sebességének iránytangense

$$\operatorname{tg} \alpha = - \frac{2v_0}{T};$$

és

$$v = v_0 - \frac{2v_0 t}{T}. \quad (3)$$

Az  $m_1$  útgörbéje, tekintettel arra, hogy  $t = 0$  értéknél  $s_1 = 0$

$$s_1 = \int \left( v_0 - \frac{2v_0 t}{T} \right) dt = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{T}. \quad (4)$$

A 4. ábrában függélyes vonalkázással feltüntetett ( $s_1 - s_2$ ) útkülönbség kezdeti  $h$  értéke  $t_x$  időpontban tűnik el

$$s_1 - s_2 = v_0 t_x - \frac{v_0 t_x^2}{T} - v_0 t_x + h = 0,$$

ahonnan

$$h = \frac{v_0 t_x^2}{T} \quad (5)$$

és

$$t_x = \sqrt{\frac{hT}{v_0}}. \quad (6)$$

Ezt az értéket (3)-ba helyettesítve, az  $m_1$  tömeg ütközési sebességére nyerjük

$$v_1 = v_0 \left( 1 - 2 \sqrt{\frac{h}{v_0 T}} \right). \quad (7)$$

Végül ezzel az értékkel az ütközés utáni közös sebesség lesz

$$v_x = \frac{m_1 v_0 \left( 1 - 2 \sqrt{\frac{h}{v_0 T}} \right) + m_2 v_0}{m_1 + m_2}. \quad (8)$$

A (7) és (8)-ból a következő összetartozó értékek adódnak

$h$	$v_1$	$v_x$
0	$v_0$	$v_0$
$\frac{v_0 T}{4}$	0	$v_0 \frac{m_2}{m_1 + m_2}$
$v_0 T$	$-v_0$	$v_0 \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$

### 3. Az ütközési energiák mennyiségi összefüggése

Az  $m_1$  tömeg sebességnövekedése (7) és (8) szerint

$$v_x - v_1 = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{hv_0}{T}}. \quad (9)$$

Az  $m_2$  tömeg sebességcsökkenése

$$v_0 - v_x = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{hv_0}{T}}. \quad (10)$$

A mozgásmennyiség változása, melyből az ütközésnél keletkező erőhatásra következtetés vonható  $m_1$  tömegnél természetesen ugyanaz, mint  $m_2$ -nél, mégpedig

$$\int_0^{\Delta t} P_x dt = P \Delta t = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{hv_0}{T}},$$

ahol  $P$  az erőhatás,  $\Delta t$  pedig az ütközés időtartama, melyről a következőkben még szólni fogunk.

Az eddigi összefüggéseket  $h$  hézag helyett érdemes

$$k = \frac{T}{t_x}$$

arányszám függvényében is felírni. Ezzel (5)-ből

$$h = \frac{v_0 \left( \frac{T}{k} \right)^2}{T} = \frac{v_0 T}{k^2}; \quad (5a)$$

$$t_x = \frac{T}{k} \quad (6a)$$

$h$  (5a)-beli értékével (7)-ből

$$v_1 = v_0 \left( 1 - \frac{2}{k} \right). \quad (7a)$$

Továbbá

$$v_x = \frac{m_1 v_0 \left(1 - \frac{2}{k}\right) + m_2 v_0}{m_1 + m_2} \quad (8a)$$

$$v_x - v_1 = -\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{v_0}{k}\right); \quad (9a)$$

$$v_0 - v_x = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \left(\frac{v_0}{k}\right); \quad (10a)$$

$$P\Delta t = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{v_0}{k}\right). \quad (11a)$$

Érdemes ezeket az összefüggéseket

$$i = \left(\frac{T}{2} - t_x\right) : \frac{T}{2} = 1 - \frac{2t_x}{T} = \left(1 - \frac{2}{k}\right) \quad (12)$$

arányszám függvényében is felírni

$$k = \frac{2}{1 - i} \quad (12a)$$

értéket helyettesítve

$$h = v_0 T \left(\frac{1 - i}{2}\right)^2 \quad (5b)$$

$$t_x = \frac{T}{2} (1 - i); \quad (6b)$$

$$v_1 = v_0 i; \quad (7b)$$

$$v_x = \frac{m_1 v_0 i + m_2 v_0}{m_1 + m_2}; \quad (8b)$$

$$v_x - v_1 = \frac{2m_2 v_0 (1 - i)}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_2 v_0}{m_1 + m_2} (1 - i); \quad (9b)$$

$$v_0 - v_x = \frac{m_1 v_0}{m_1 + m_2} (1 - i); \quad (10b)$$

$$P\Delta t = \frac{m_1 m_2 v_0}{m_1 + m_2} (1 - i). \quad (11b)$$



A mozgási energiák összege az ütközés előtti időpontban

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_0^2}{2} = \frac{m_1 (v_0 i)^2 + m_2 v_0^2}{2},$$

az ütközés után pedig (8b) tekintetbevételével

$$E_2 = \frac{(m_1 + m_2) v_x^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)(m_1 v_0 i + m_2 v_0)^2}{2(m_1 + m_2)^2} = \frac{(m_1 v_0 i + m_2 v_0)^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

Energiaveszteség az ütközés alatt

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{m_1 (v_0 i)^2 + m_2 v_0^2}{2} - \frac{(m_1 v_0 i + m_2 v_0)^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

A műveletek elvégzése után

$$\Delta E = \frac{m_1 m_2 (v_0 - v_0 i)^2}{2(m_1 + m_2)}. \quad (13b)$$

Továbbá (12a) tekintetbevételével felírható

$$(v_0 - v_0 i)^2 = [v_0 (1 - i)]^2 = \frac{4v_0^2}{k^2},$$

és így  $k$  arányszáma függvényében

$$\Delta E = \frac{2m_1 m_2 v_0^2}{k^2(m_1 + m_2)}. \quad (13a)$$

Továbbá (5a) figyelembevételével,  $h$  hézag függvényében

$$\Delta E = \frac{2m_1 m_2 v_0 h}{T(m_1 + m_2)}. \quad (13)$$

Legnagyobb az ütközési energiaveszteség, amikor a  $v_0$  sebességgel mozgó  $m_2$  tömeg már a  $-v_0$  sebességet elért  $m_1$  tömeggel találkozik, ami  $T$  idő után következhetik be. Az ennek megfelelő arányszám (6a) szerint  $k = 1$ , tehát (13a)-ból ebben az esetben

$$\Delta E_{\max} = \frac{2m_1 m_2 v_0^2}{m_1 + m_2}.$$

Nincs ütközési veszteség  $h = 0$  esetben, ilyenkor (13)-ból

$$\Delta E_{\min} = 0.$$

#### 4. Az irányváltás hatásfoka

A (13) egyenletben kifejezett ütközési energiaveszteség nem foglalja magában sem az  $m_1$  tömeg  $v_0$  sebességéről  $v_1$  sebességre való fékezésekor meleggé vált energiát, sem pedig azt, ami  $(m_1 + m_2)$  tömegeknek az ütközés utáni  $v_x$  sebességéről  $-v_0$  sebességre való felgyorsításához szükséges. Ha tehát az egész átváltás energiafogyasztását akarjuk ismerni, akkor számításba kell vennünk, hogy ütközési veszteség nélkül is szükséges a mozgási energia lefékezése és az ellenkező értelmű sebességgel bíró mozgási energia betáplálása, az átváltás tehát

$$A_0 = \frac{m_1 + m_2}{2} [v_0^2 - (-v_0^2)] = (m_1 + m_2) v_0^2 \quad (14)$$

energiafelhasználással jár, ütközési veszteséggel együtt pedig az átváltás energiaszükséglete

$$A = A_0 + \Delta E,$$

vagyis (13b) tekintetbevételével

$$A = (m_1 + m_2) v_0^2 + \frac{m_1 m_2 (v_0 - v_0 i)^2}{2(m_1 + m_2)},$$

azaz

$$A = \frac{2(m_1 + m_2)^2 v_0^2 + m_1 m_2 (v_0 - v_0 i)^2}{2(m_1 + m_2)}. \quad (15)$$

Az átváltás után jelenlevő energia

$$\frac{A_0}{2} = (m_1 + m_2) \frac{v_0^2}{2},$$

és így az irányváltás hatásfoka

$$\eta = \frac{A_0}{2A} = \frac{(m_1 + m_2)^2 v_0^2}{2(m_1 + m_2)^2 v_0^2 + m_1 m_2 (v_0 - v_0 i)^2},$$

azaz

$$\eta = \frac{1}{2 + \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} (1 - 2i + i^2)}, \quad (16b)$$

továbbá (12) tekintetbevételével

$$\eta = \frac{1}{2 + \frac{4m_1 m_2}{k^2(m_1 + m_2)^2}}, \quad (16a)$$

és  $k^2$  értékét (5a)-ból behelyettesítve

$$\eta = \frac{1}{2 + \frac{4h m_1 m_2}{v_0 T(m_1 + m_2)^2}}. \quad (16)$$

Eszerint a hatásokra vonatkozólag a következő összetartozó értékek adódnak (5a), (12) és (16) szerint

$i$	$k$	$h$	$\eta$
+ 1	$\infty$	0	$\frac{1}{2}$
0	2	$\frac{v_0 T}{4}$	$\frac{1}{2 + \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}}$
- 1	1	$v_0 T$	$\frac{1}{2 + \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}}$

Kitűnik tehát, hogy ütközés szempontjából túl laza szíjnál ( $k = 1$ ) a hatások

$$\eta_{\min} = \frac{1}{2 + \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}} \quad (17)$$

értékig romolhat, ami ismétlődő szíjváltásnál esetleg nemcsak a kellemetlen ütési erőhatások, hanem az energiafogyasztás tekintetéből is káros lehet.

Összehasonlításképp megemlítjük, hogy a súrlódó tengelykapcsolós irányváltásnál előbb le kell fékezniük azoknak a tömegeknek a mozgási energiáját, melyek a gép kinematikai láncában a *kapcsoló után* következnek, és az ellenkező értelmű fordulatirányba való bekapcsolás alkalmával *ugyanílyen nagyságú* energiamentiség *kapcsolási hő* formájában megy veszendőbe.

A (16) összefüggésből levezetett hatások táblázat tehát a súrlódó tengelykapcsolóra is vonatkozik azzal a megjegyzéssel, hogy csupán a kapcsoló

után levő tömegek redukált tehetetlenségi nyomatéka veendő figyelembe a hézaggal bíró elem pároknál.

Súrlódó tengelykapcsolónál az energiaveszteséget kifejező (13) összefüggés tehát a kapcsoló elhelyezésétől függően lényegesen kisebb értéket szolgáltat, különösen akkor, ha a kapcsoló előtt nagy fordulatszámú tömegek vannak.

### 5. Az ütközés erőhatásának meghatározása

Az ütközésnél átalakult  $\Delta E$  energiának a (13) egyenletcsoportban előforduló kifejezései alkalmasak arra, hogy velük a keletkező erőhatásokat bizonyos megszorítások feltételezésével kiszámíthassuk.\* Ez az eltűnt mozgási energia ugyanis a hirtelen megnyújtott szíjágban mint helyzeti energia halmozódott fel s a rugalmassági tartományban egyszerűen ki is fejezhető.

Jelöljük  $c$ -vel az 1 kg terhelés hatására mutatkozó szíjnyúlást, akkor az ütközés tartama alatti teljes megnyúlás

$$y = P_{x\max} c. \quad (18)$$

Az  $y$  út mentén érvényesülő közepes erő azonban csak

$$P = \frac{P_{x\max}}{2} = \frac{y}{2c}$$

volt és így a  $\Delta E$  értékű végzett munka (13a)-val

$$\Delta E = \frac{y^2}{2c} = \frac{2m_1 m_2 v_0^2}{k^2 (m_1 + m_2)},$$

honnan

$$y = \frac{2v_0}{k} \sqrt{c \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}}. \quad (19)$$

A  $c$  rugóállandó a szíj anyaga (bőr, gumi, textil, poliamiddal kombinált bőr, vagy gumi stb.) szerint változik; kísérlettel meghatározható és kifejezhető a szíj méreteivel.

A húzási diagram alapján (5. ábra)

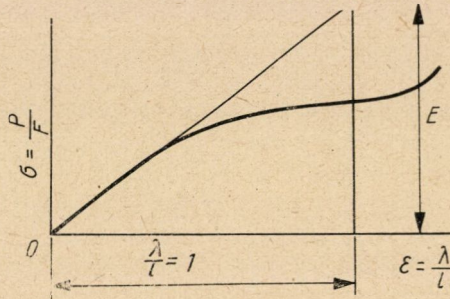
$$\sigma = \frac{P}{F} = E\varepsilon = E \frac{\lambda}{l}$$

\* A számítás arra az esetre korlátozódik, amikor feltételezzük a rugalmas deformációt és az ütközési idő alatt az idővel arányosan növekedő erőt.

$P = 1$  kg terhelés esetén a  $\lambda$  megnyúlás értéke a  $c$  rugóállandót adja, tehát

$$c = \frac{l}{FE}, \quad (20)$$

ahol  $l$  a szíj hossza,  $F$  keresztmetszete,  $E$  rugalmassági tényezője. Ezt az

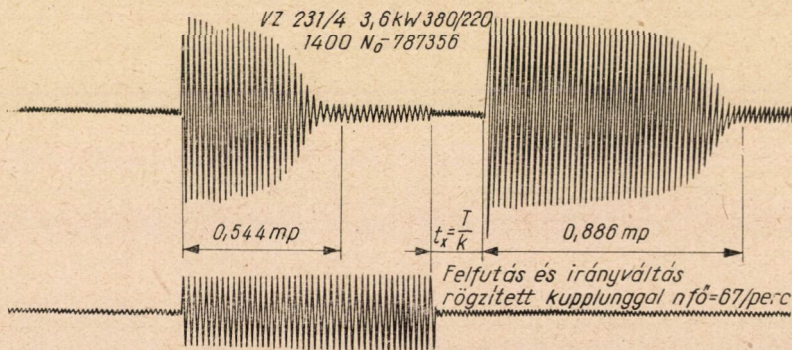


5. ábra. Húzási diagram a szíj  $c = \frac{1}{FE}$  „rugóállandójának” a meghatározásához

értéket (19)-be helyettesítve

$$y = \frac{2v_0}{k} \sqrt{\frac{l}{FE} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}}. \quad (21)$$

Figyelemre méltó, hogy  $y$  megnyúlást két időméréssel meghatározhatjuk: Először ledobott szíj mellett oszcillogramból a  $T$  időt, másodszer pedig az



6. ábra. Indítás és irányváltás oszcillogramja ékszíjhajtásnál. A motor és a szíjkerék között mérev tengelykapcsoló. (Erősáramú Gyártmányfejlesztési Intézet felvétele)

átkapcsolás pillanatától az ütközésig eltelt a diagramon (6. ábra) nagyon élesen jelentkező  $t_x$  időt, illetve

$$k = \frac{T}{t_x}$$



értéket vesszük tekintetbe és (21) összefüggésből számíthatjuk  $y$  értékét akkor is, ha a  $P$  erőhatást nem ismernénk.

A keletkező erőhatás (19), (20), és (21) szerint

$$2P = P_{x\max} = \frac{y}{c} = \frac{2v_0}{k} \sqrt{\frac{m_1 m_2}{c(m_1 + m_2)}} = \frac{2v_0}{k} \sqrt{\frac{FE}{l} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}} \quad (22)$$

Miután  $k_{\min} = 1$  túl laza szíjnál a legnagyobb erőhatás

$$\bar{P}_{x\max} = 2v_0 \sqrt{\frac{FE}{l} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}} \quad (23)$$

A (22)-ben kifejezett  $P$  erő értékét a (11a)-ba helyettesítve, kiszámítható az ütközés időtartama

$$\Delta t = 2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{l}{FE} \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}} = 2 \sqrt{\frac{l}{FE} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}} \quad (24)$$

Ebből kitűnik, hogy az ütközés időtartama teljesen független a  $k$  arányszámtól és így a  $h$  hézagtól is. Ez összhangban van a rezgőmozgás azon sajátosságával, hogy egyenes rugókarakterisztika esetén a lengési idő független az amplitudótól. Esetünkben  $\Delta t$  a fél lengésidőnek felel meg és így a rezgőmozgást származtató forgás szögsebességét („körfrekvenciáját”)  $\omega$ -val jelölve, felírható az ismert összefüggés szerint

$$\Delta t = \frac{\pi}{\omega} = \pi \sqrt{mc} = 2 \sqrt{\frac{l}{FE} \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}},$$

és a rezgés hullámszáma (frekvenciája)

$$\nu = \frac{30}{\pi} \omega = 60 \sqrt{\frac{FE}{l} \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}} \quad (25)$$

Az ütközés következtében keletkező rezgés nem játszódhatik le szabadon, mert közben a szíj felgöngyölődik a motortárcsára, elképzelhető azonban az is, hogy az 1. ábrabeli  $b_2$  és  $a_3$  fogaskerek fogoldalai éppen a szíjösszehúzóds periódusában ütköznek. Ekkor II. tengely 2 nyíl irányában fokozott gyorsulással forog és a fogak ütközése erőteljesebbé válik.

## 6. Mozgásállapot ütközés után

Visszatérve a 4. ábrához, kövessük figyelemmel az irányváltásnak azt a további szakaszát, melynél  $h$  hézag eltűnése után  $(m_1 + m_2)$  tömegek már együtt haladnak. Két határesetet tárgyalunk:

a) Az irányváltás *gyorsulása* ugyanaz marad ütközés után is, amikor már az  $m_2$  tömeg  $m_1$ -hez kapcsolódik, vagyis a mozgató erő a tömeggel arányosan nagyobbodik.

b) Az *erő* nagysága változatlan.

### a) *A gyorsulás állandó*

Ebben az esetben a  $v_x$  ütközési sebességgel induló  $(m_1 + m_2)$  tömegek  $v_{12}$  közös sebességvonalára párhuzamosan halad  $m_1$  tömeg  $v$  sebességvonalával.

A  $v_{12}$  sebességvonal  $t$  tengelymenti  $\delta$  eltolódása a vízszintesen vonalkázott háromszögből kiszámítható

$$\delta : (v_x - v_1) = T : 2v_0,$$

tehát

$$\delta = (v_x - v_1) \frac{T}{2v_0}.$$

(9a) tekintetbevételével

$$\delta = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \frac{T}{k}. \quad (26)$$

Mivel feltételezésünk szerint a gyorsulás ütközés után sem változott, az  $(m_1 + m_2)$  együtt mozgó tömegek útgörbéje az  $s_{12}$ -el egybeeső,  $t$  tengely irányában  $\delta$  értékkel eltolt  $s_{12}$  parabola.

A szíjhajtás útgörbéje e parabola leszálló ágához a 4. ábra szerint érintőlegesen csatlakozó egyenesben folytatódnék, ha több laza kapcsolat nem lenne. Ha a III tengely fogaskerekénél (1. ábra) akkora a fogoldalak közötti hézag, hogy e tengely forgó tömegeit nem lehet a II tengelyre redukálni, akkor a további összefüggések felírásánál az előzőekhez hasonlóan járhatunk el és a 4. ábrába berajzoltuk az  $m_3$  tömeggel történt ütközés utáni állapotokat is.

### b) *Az erő állandó*

Az  $m_1$  tömeg gyorsulása átváltáskor (3)-ból

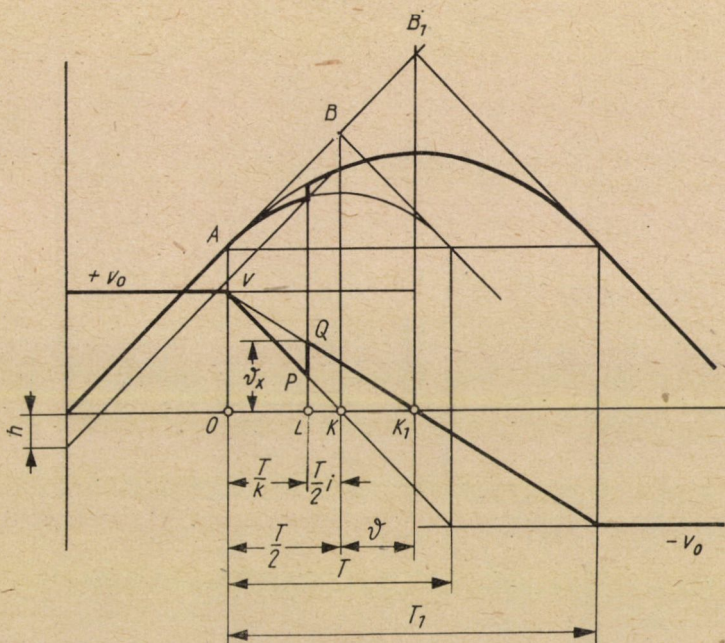
$$\frac{dv}{dt} = - \frac{2v_0}{T},$$

tehát az  $m_1$ -re ható erő

$$P = -\frac{2v_0}{T} m_1. \quad (27)$$

Feltevésünk szerint ez az erő változatlan az  $m_2$ -vel történt ütközés után is, ami csak  $T_1 > T$  esetén lehetséges

$$P = -\frac{2v_0(m_1 + m_2)}{T_1}. \quad (28)$$



7. ábra. Irányváltás változatlan forgató nyomaték mellett

Ennélfogva (27) és (28) összehasonlításából következik, hogy

$$T_1 = \frac{(m_1 + m_2)T}{m_1}. \quad (29)$$

Erre a példára a 7. ábra tünteti fel az irányváltás grafikonját.

Az ütközés utáni közös sebesség keresztülmegy a  $V$  ponton, a közös út megnyúlt parabola íve pedig az  $A$  ponton. Az ábra jelöléseivel ugyanis  $LK_1QA$ -ből (29) tekintetbevételével

$$LK_1 = LQ \frac{T_1}{2v_0} = \frac{v_x(m_1 + m_2)T}{2v_0 m_1},$$

és (8b)-vel

$$LK_1 = \frac{(m_1 v_0 i + m_2 v_0) T}{2v_0 m_1} = \frac{(m_1 i + m_2) T}{2m_1};$$

$$LK = \frac{T}{2} - \frac{T}{k} = \frac{T}{2} \left(1 - \frac{2}{k}\right) = \frac{T}{2} i,$$

és

$$KK_1 = \vartheta = LK_1 - LK,$$

$$\vartheta = \frac{(m_1 i + m_2) T}{2m_1} - \frac{Ti}{2} \frac{m_1}{m_1} = \frac{Tm_2}{2m_1}. \quad (30)$$

$K_1$  pont távolsága az  $O$  kezdőponttól

$$OK_1 = \vartheta + \frac{T}{2} = \frac{T}{2} \frac{m_2}{m_1} + \frac{T}{2} \frac{m_1}{m_1} = \frac{T}{2} \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} = \frac{T_1}{2},$$

ami megegyezik az erő állandóságából következtetett (29) értékkel.

Az erő állandósága forgó mozgáskor a nyomaték állandóságát jelenti. A 7. ábrából kitűnik, hogy ekkor hosszabb ideig tart az irányváltás, mint növekvő erőhatás (forgó rendszerben növekvő forgató nyomaték) mellett.

## 7. A bevezetett egyszerűsítések jelentősége

Az előzőekben feltételeztük, hogy az irányváltás elhanyagolható kis üresjáratú munka mellett történik, és az áram megszakítása és az ellenáram bekapcsolása között nagyon kis idő telik el.

Ha ezek a feltételek esetleg nem teljesülnének, akkor három lehetőséget különböztethetünk meg aszerint, hogy az  $m_1$  súrlódási tényezője milyen nagyságú  $m_2$ -éhez képest.

1. Ha  $\mu_2 = \mu_1$ , akkor nincs útkülönbség, vagyis a szíjban újabb feszültség nem támadhat, amíg az ellenáram be nem kapcsolódik, ezután az átváltás a leírt módon történik.

2. Ha  $\mu_2 > \mu_1$ , akkor a hajtott tag el akar maradni. Az 1b. ábrában a feszes szíjág tovább feszül és csak az ellenáram bekapcsolása után, irányváltáskor cserélődik fel a két szíjág szerepe.

3. Ha  $\mu_2 < \mu_1$ , akkor az áram kikapcsolása után az eddig hajtott  $m_2$  tömeg hajtóvá válik, vagyis az 1b. ábrában jelzett forgási értelem megmarad, ellenben a szíjágak feszültségi állapota felcserélődik. Az ellenáram bekapcsolása után, illetve a forgás értelem megváltozásakor tehát a motor hajtó kereke már húzott szíjágat talál maga előtt. Ez simább szíjátváltást eredményez.

Az egyszerűbb tárgyalhatóság kedvéért haladó mozgású modellekre levezetett eredmények forgó mozgásra történő átirásánál tekintetbe kell venni, hogy az  $\omega_0$  szögsebességű  $n_0$  fordulatszámú I tengellyel forgó tömegek  $I_1$  tehetetlenségi nyomatékát az  $a_1$  átmérőjű hajtó kerék (1a. ábra) koszorújára redukált

$$m_1 = \frac{4I_1}{a_1^2}$$

tömeggel, az  $\omega_2$  szögsebességű II tengellyel forgó tömegek  $I_2$  tehetetlenségi nyomatékát pedig

$$m_2 = \frac{4I_2}{a_1^2} \left( \frac{\omega_2}{\omega_0} \right)^2 = \frac{4I_2}{a_1^2} \left( \frac{n_2}{n_0} \right)^2 = \frac{4I_2}{a_2^2}$$

tömeggel, az  $\omega_3$  szögsebességű III tengellyel forgó tömegek  $I_3$  tehetetlenségi nyomatékát pedig

$$m_3 = \frac{4I_3}{a_1^2} \left( \frac{\omega_3}{\omega_0} \right)^2 = \frac{4I_3}{a_1^2} \left( \frac{n_3}{n_0} \right)^2$$

tömeggel fejezzük ki.

A szíj kerületi sebessége pedig

$$v_0 = \frac{a_1 \pi n_0}{60}$$

Megjegyezzük végül, hogy a levezetett összefüggések nemcsak szíjhajtásra, hanem hézaggal bíró rugalmas tengelykapcsolókra is értelemszerűen alkalmazhatók.

#### IRODALOM

1. SCHLESINGER GEORG: Die Werkzeugmaschinen. Julius Springer, Berlin 1936.
2. SZŐKE BÉLA: A retesz lehetséges terhelései GÉP Budapest, 1958. 4. füzet 144. o.
3. SZŐKE BÉLA: The Dynamics of Gears with Feather Keys Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae Tom. XXI. Fasc. 1—2 Budapest 1958.  
Engineers' Digest Vol. XIX. No. 8. London 1958.  
Erőjáték retesz fogaskerekekénél GÉP Budapest 1959. 5. füzet 189. o.
4. SZŐKE BÉLA: Esztergáláskor fellépő rezgések. Népszava könyvkiadó Budapest 1953.
5. ERNST ADOLF: Ausrückbare Kupplungen für Wellen und Räderwerke Julius Springer, Berlin 1890.



## ÖSSZEFOGLALÁS

Az irányváltó kettős surlódókapcsoló fogaskerekeinél irányváltás közben is érintkezésben maradnak ugyanazok a hordozó fogoldalak, ellenben a közvetlen motoros irányváltásnál a hajtómű lazán kapcsolódó tagjainál ütések keletkeznek. Ilyen lazán kapcsolódó tagnak tekinthető a lágyan rugalmas szíj. Szerző mozgástanilag, majd pedig az energia átalakulások figyelembevételével is egyszerű mechanikai modellen végig kíséri azokat a jelenségeket, melyek a szíjhajtás motoros irányváltása alatt sorra következnek.

Az irányváltás hatásfoka a szíj lazaságával romlik, de elérhet egy minimális értéket is. Ugyancsak a szíj lazaságától függ az irányváltáskor keletkező ütő erő, mely túl laza szíjnál elérhet egy maximális értéket. A levezetett összefüggések szerint azonban a szíj hosszrezgési ideje független a lazaság fokától.

A levezetett összefüggések szerint az oscillogram alapján nemcsak az erőhatások, hanem az időbeli lefolyás alapján is megállapítható az irányváltási szíjnyúlás értéke.

Diagram tünteti fel az irányváltás lefolyását és a szíjhajtás után sorba kapcsolt laza fogaskerék ütését növekvő forgatónyomaték esetén, továbbá a szíjhajtás irányváltását állandó nyomaték esetén.

A levezetett összefüggések értelemszerűen hézaggal bíró flexibilis tengelykapcsolókra is alkalmazhatók.

# A FINOM SZÉN MOSÁSA HIDROCIKLONBAN

LOA I-CAN

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM ÁSVÁNYELŐKÉSZÍTÉSTANI TANSZÉK, MISKOLC

[Beérkezett 1959. november 30-án]

A nyers szénben levő finomszén mennyisége függ a szén szilárdsági tulajdonságaitól (ridegség, keménység, levegőn való szétporlódás stb.), valamint a szénbányában alkalmazott jövesztési módtól és végül a geológiai kortól is. A szénpor mennyiségének növekedése együtt jár a bányászat fokozott gépesítésével. A szénmosás alkalmával is keletkezik több-kevesebb iszap. A szénporra, illetőleg az iszapra alkalmazott gravitációs eljárásokkal nem értek el megfelelő szeparálási eredményt, ezért flotálással választják szét a széniszapot. A flotálás azonban nagyon költséges, és viszonylag nagy beruházást igénylő eljárás. Az előkészítés hiánya miatt a kokszolható szénvagyonban nagy veszteségek keletkeznek. Ezért érdekes a finom szén szeparálása terén feltűnt új eljárás, a hidrociklonos dúsítás, amelynél a nehézségi erőnél százszor, sőt ezerszer nagyobb erő, a centrifugális erő működik.

A hidrociklon szerkezete nagyon egyszerű, hengeres-kúpos tartály, amelynek hengeres részén tangenciálisan vezetjük be nagy sebességgel a zagyot. A zagy a hidrociklonba való belépése után a tengely körül spirális mozgást végez. A közegáramlás a hidrociklonban nagyon bonyolult. A külső örvénypályán áramló közegnek három sebességkomponense van: tangenciális sebesség  $= v_t$ , axiális sebesség  $= v_a$  és radiális sebesség  $= v_r$ . (1) A  $v_t$  tangenciális sebességnek az  $r$  függvényében való változására a következő összefüggés érvényes:

$$v_t \cdot r^n = \text{konst.}$$

$n$  értéke a gyakorlatban 0,8. De a hidrociklonban  $n$  nem állandó, különböző feltételek mellett más és más értékekhez jutunk. Az  $n$  kitevő és a hidrociklonban keletkező nyomásesés között a következő összefüggés vezethető le: (2)

$$\left( \frac{r_1}{r_0} \right)^{2n} = \frac{2g\Delta H}{v_{t1}^2} n + 1,$$

ahol  $\Delta H$  — nyomásesés a ciklonban  $m$ , (zagyoszlop)

$r_1$  — cm, a ciklon sugara

$r_0$  — cm, a ciklon felső nyílásának sugara

$v_{t1}$  — m/sec, a közegáramlás tangenciális komponense  $r_1$  helyen,

$g$  — 9,81 m/sec<sup>2</sup>, a nehézségi gyorsulás.

A finom szemcsék szeparálásának nehézsége abban van, hogy az ülepítő erő és a közegnek az adott folyadékfajsúlyhoz tartozó viszkozitásától függő közegellenállás a finom szemcsékre nézve annyira közel kerülnek egymáshoz, hogy hiányzik az elmozdulásokhoz szükséges süllyedési végsebesség, illetőleg annak a különböző fajsúlyú szemeknél mutatkozó különbsége. Ezt szemlélteti a süllyedési végsebesség Stokes-képlete is, amelynek érvényességi tartománya felé közeledünk a legfinomabb szemcsékkel,

$$v_0 = \frac{d^2(\delta - \gamma)}{18\eta}$$

azt mutatva, hogy igen kicsiny  $d$  szemcseméret esetén egy bizonyos minimálisan szükséges süllyedési végsebesség eléréséhez vagy az  $\eta$  viszkozitást kellene csökkenteni, vagy a  $(\delta - \gamma)$ -t, a szemcséknek a folyadékban mért fajsúlyát kellene növelni. Előbbi csak szűk határok között lenne lehetséges — a viszkozitásról egyébként később lesz szó —, ellenben  $(\delta - \gamma)$  szinte korlátlanul növelhető, ha a nehézségi erő helyett, amire a képlet vonatkozott, a centrifugális erőt alkalmazzuk ülepítőerőnek, ahogy ezt a centrifugák és a ciklonok teszik. Ugyanis

$$(\delta - \gamma) = (m_s - m_f) g$$

ahol  $m_s$  a szilárd szemcse,  $m_f$  a folyadék fajlagos tömege. Ha tehát  $g$  nehézségi gyorsulás helyébe a centrifugális gyorsulás  $v_t^2/r$  értéke lép, akkor a centrifugális erőterben

$$(\delta_c - \gamma_c) = (m_s - m_f) \frac{v_t^2}{r} = \frac{v_t^2}{rg} (\delta - \gamma) = ST \cdot (\delta - \gamma),$$

vagyis annyszor nagyobb lesz a szeparáló hatás a nehézségi erőterben levő szeparáló hatáshoz képest, ahányszor nagyobb a  $v_t^2/r$  centrifugális gyorsulás  $g$  nehézségi gyorsulásnál. Ezt az ST összehasonlító szorzót, melyet szeparálási tényezőnek nevezünk, számítjuk ki különböző keringési sugarakra a példaképpen felvett viszonyok között (1. táblázat).

$$v_t = v_{t1} \left( \frac{r_1}{r} \right)^n \quad n = 0,8 \quad r_1 = 8 \text{ cm.}$$

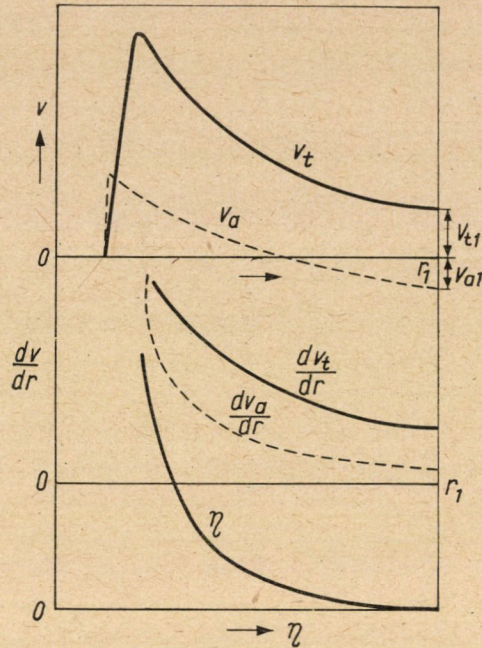
I. táblázat

$v_{t1}$ m/sec	$r_1/r$								
	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	4	6
4	20,4	32,8	49	69,5	123	221	353	755	2140
6	45,7	73,8	111	156	280	496	795	1690	4850
8	81,5	131	197	278	500	890	1410	3010	8550
10	127	204	252	434	776	1370	2210	4680	13300
12	184	294	440	625	1122	1980	3300	6310	20500

Az I. táblázatból látható, hogy a hidrociklonban működő centrifugális erővel létrehozott  $v_c$  süllyedési végsebesség százszor vagy ezerszer nagyobb, mint a nehézségi erő okozta  $v_0$  süllyedési végsebesség.

Mint ismeretes, a hidrociklonban nagyobb sugáron nagyobb szemcsék keringenek egyensúlyban, a kisebb szemcsékhez viszont kisebb  $r$  sugár tartozik. Meghatározott  $v_{t1}$  tangenciális sebesség mellett azonban kisebb sugáron nagyobb az „ST” értéke, azaz kisebb sugáron növekszik a centrifugális erő okozta süllyedési végsebesség és a nehézségi erőterben létrejövő süllyedési végsebesség viszonya. Itt mutatkozik meg tehát a hidrociklonnak az a nagy előnye, hogy a nehézségi erőterben igen nehezen, vagy gyakorlatilag egyáltalán nem szeparálható kis szemcséket, amelyek éppen a kis sugáron keringenek és nagy „ST” értékkel rendelkeznek, könnyűszerrel szét tudja választani. Így azok a hidrociklonban majdnem ugyanolyan jól szeparálódnak, mint a nagyobb szemek.

A hidrociklonban levő közeg nem Newton-féle folyadékként viselkedik, mivel viszkozitása a sebességgradienssel, vagyis a nyíróerővel fordítva arányosan változik. Éppen ebben rejlik a hidrociklon előnye, hogy a hidrociklonban levő közeg viszkozitása a sebességgradienstől függően csökken a sztatikus rendszerben mért viszkozitáshoz képest (1. ábra). A kis sugáron keringő kis szemcsékre azonban a közeg viszkozitáscsökkenése jelentősebb, mint a nagyobb sugáron keringő nagyobb szemcséknél, mivel a kis sugáron nagyobb a sebességgradiens, mint nagyobb sugáron. Ezt a tényt még az a körülmény is befolyásolja, hogy nagy sugár mellett a másik sebesség komponens, az axiális sebességgradiens  $\frac{dv_a}{dr}$  elhanyagolható a tangenciális  $\frac{dv_t}{dr}$  sebességgradienshez képest, míg kis sugárnál már az axiális sebességgradiens is jelentős (3), nagyságrendileg a tangenciális sebességgradienssel egyenlő. Tehát a kis szemcsék szeparálhatósága éppen a jelentősebb viszkozitáscsökkenés miatt jobb. Hasonlítsuk össze példaképpen egy angol szén flotálásának és ciklonnal való szeparálásának eredményeit (2. és 3. táblázat). Amint a táblázatokból is látható, a ciklonozás a flotálással egyenértékű volt, sőt az adatokból arra következtethetünk, hogy a  $60\mu$ -nál durvább szemcsékre a ciklon adott jobb eredményeket (4).



1. ábra

2. táblázat

Ciklonozás

Szemmagyság	Mosott szén		Meddő		Nyerszén	
	S%	H%	S%	H%	S%	H%
+500	11,9	2,6	27,7	76,1	14,6	26,3
350-500	16,6	2,6	26,9	71,8	18,4	19,8
210-350	15,4	2,9	19,2	70,6	16,0	16,7
105-210	17,6	4,7	17,0	73,9	17,5	15,6
60-105	9,3	7,6	7,0	76,0	8,9	16,7
-60	29,2	33,9	2,2	74,5	24,6	34,5
Összesen	100,0	12,5	100,0	73,4	100,0	22,9
Súlykihozatal %	83,0		17,0		100,0	

A Bányászati Kutató Intézetben pécsi  $-0,5$  mm porszénen „saját levében” végzett ciklonozási kísérletek is nagyon jó eredményt adtak. A  $0,06-0,2$  mm illetve  $0,2-0,5$  mm szemmagyságra elért  $E_p$  értéke  $0,14$  és  $0,095$  volt, ( $\delta_p = 1,62$  és  $1,93$ ); a  $-0,06$  mm alatti szemeséknél alig történt elválasztás. A  $-0,5$  mm porszén esetében ciklonmosással viszonylag egészen jó meddőt kaptak, de kis hamutartalmú mosott terméket nem kaptak (5).



3. táblázat

## Flotálás

	Súly- kihozatal %	Hamu %
Flotátum	81,2	12,3
Meddő	18,8	68,65
Összesen	100,0	22,9

A Bányászati Kutató Intézetben pécsi — 0,5 mm porszénnel (hamu 31,9%) végzett flotálási kísérletek alapján kiszámított Tromp-görbék szerint a kisebb fajsúlyoknál nagyobb az  $E_p$  érték, mint a nagyobb fajsúlyoknál: 1,3—1,4—1,5—1,6 elválasztási fajsúlynál  $E_p$  értéke sorban 0,25—0,22—0,14—0,11. Az imperfekció értéke még erősebben változik a szeparálási fajsúllyal, mint  $E_p$ , az  $\left(I = \frac{E_p}{\delta - 1}\right)$  értéke sorban 0,83—0,55—0,28—0,18. ( $E_p(\delta - 1) = 0,075—0,088—0,070—0,066 = \text{konst!}$ ) A nagy fajsúlyoknál sem csökken 0-ra a Trompszázalék, hanem a Tromp-görbe a nagy fajsúlyoknál az abszcisszával kb. párhuzamosan halad. Ennek a magyarázata az, hogy flotálás során a vízben lebegő nagy fajsúlyú, nagy hamutartalmú finom iszapnak bizonyos konstans hányada a habbal távozik el, és rontja a flotátum minőségét, ugyanis minél több agyagos iszapot tartalmaz a hab, annál nagyobb a hamutartalma. Így 12%-os hamutartalmú flotátum sem volt kapható. Látható tehát, hogy flotálással sem lehetett sokkal jobb eredményt elérni a finom iszap zavaró hatása miatt.

A pécsi szén flotálásánál a finom iszapot, annak zavaró hatása miatt célszerű eltávolítani. Erre a célra a flotálási folyamat elé osztályozó hidrociklon beépítése lenne kedvező, amelyik a finom iszapot eltávolítaná. A finom iszap eltávolítása nemcsak a flotátum hamutartalmát csökkentené, hanem a flotáló berendezés relatív teljesítőképességét is növelné.

Térjünk vissza az előbb említett nyomásesés egyenletére:

$$\Delta H = H_1 - H = \frac{v_{i1}^2}{2gn} \left[ \left( \frac{r_1}{r} \right)^{2n} - 1 \right].$$

A hidrociklonban a nyomás a kerülettől a ciklon belseje felé csökken. A megadott  $v_{i1}$ ,  $n$ ,  $\frac{r_1}{r}$  értékből  $H_1 - H$  kiszámítható, amit a 4. táblázat tartalmaz.

A hidrociklonba bevezetett zagy nyomása a tengely felé haladva tehát csökken, ennek következtében a bevezetett zagyban abszorbeált gáz a nyomás csökkenésével fokozatosan felszabadul.

4. táblázat

$v_{11}$ m/sec	$n = 0,5 \ r_{1/1}$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
4	0	1,63	3,3	4,9	6,5	8,2	9,8	11,4	
6	0	3,7	7,3	11,0	14,7	18,3	22,1	25,7	
8	0	6,5	13,0	19,6	26,1	32,6	39,2	45,6	
10	0	10,2	20,4	30,6	40,8	51,6	61,2	71,4	
12	0	14,7	29,3	41,1	58,6	73,4	88,0	103,0	
				$n = 0,6$					
4	0	1,8	3,7	5,8	8,0	10,3	12,7	15,1	
6	0	4,8	8,1	13,0	18,1	23,0	28,6	34,0	
8	0	8,5	14,9	23,2	32,1	41,3	50,7	60,4	
10	0	11,1	23,3	36,2	50,1	64,5	79,5	94,3	
12	0	15,7	33,4	52,0	72,0	92,8	114,0	135,0	
				$n = 0,7$					
4	0	1,9	4,2	6,9	9,9	13,1	16,6	20,1	
6	0	4,3	9,6	15,6	22,2	29,9	37,5	45,4	
8	0	7,6	17,0	27,6	39,5	53,0	67,0	85,1	
10	0	12,8	26,7	43,4	62,0	83,1	104,0	126,0	
12	0	17,0	38,4	62,5	88,1	120,0	160,0	192,0	
				$n = 0,8$					
4	0	2,1	4,8	8,4	12,3	16,9	21,9	27,4	
6	0	4,7	10,8	18,8	27,7	38,0	49,3	62,9	
8	0	8,3	19,2	33,4	49,4	71,7	87,5	113,0	
10	0	12,9	30,0	52,1	77,0	105,0	137,0	171,0	
12	0	18,7	43,1	75,1	111,0	152,0	197,0	246,0	
				$n = 0,9$					
4	0	2,3	5,6	10,0	15,4	22,2	29,0	37,1	
6	0	5,1	11,4	22,6	34,7	50,0	65,4	83,6	
8	0	9,1	22,4	42,0	61,5	88,5	116,0	148,0	
10	0	14,1	35,0	62,6	96,0	138,0	181,0	232,0	
12	0	20,4	50,5	90,5	139,0	200,0	261,0	334,0	

A Henry-törvény szerint valamely gáz oldhatósága valamilyen oldószerben és adott hőmérsékleten a gáz nyomásával arányos. A hidrociklonban a gáz oldhatósága nem nagy, és a gáz és oldószer között sem mutatkozik kémiai reakció, tehát ez a törvény itt is érvényes. A fent említettek szerint kisebb sugár felé a nyomás csökken, tehát a gázok, esetünkben a levegő, fokozatosan felszabadul a folyadékból. A nyomás csökkenésével arányosan mind több és több levegőbuborék jelenik meg a rendszerben.

Pl. vezessük be a zagyot  $P = 2,2$  atm nyomáson. Tételezzük fel azt az ideális esetet, hogy a zagy a 2,2 atm nyomásnak megfelelő levegőt tartalmazza. (Ez a gyakorlatban nincs meg, viszont az előtérbe kerülő légemelő és levegő-bevezetéses ciklonoknál majdnem megvalósul.) A zagyban abszorbeált levegő mennyisége a következő képletek segítségével számítható ki (6)

$$x = \frac{P}{H_1},$$

ahol  $P$  — az oldott anyag parciális nyomása, atmoszférában

$X$  — az oldott gáz moltörtje a folyadékfázisban

$H_L$  — konstans; 20 C°-nál  $H_L = 6,64 \cdot 10^4$ .

Az 1000 g vízben oldott levegő súlyának számítása a következő:

$$G_1 = \frac{x}{1-x} \frac{M_l}{M_v} 1000$$

$M_l$  (=29) a levegő átlag „molekulasúlya”

$M_v$  (=18) a víz molekulasúlya.

Tehát

$$G_1 = 53,4 \text{ mg/liter.}$$

Ugyanúgy kiszámíthatjuk a majdnem 1 atm nyomású kilépő folyadékban levő levegő mennyiségét:  $G'_1 = 24,3$  mg/liter. Tehát a nyomásnövekedés folyamán  $53,4 - 24,3 = 29,1$  mg/liter, azaz  $\frac{29,1}{1,29} = 22,6$  ml/liter levegő szabadul fel (a levegő fajsúlya  $1,29 \text{ mg/cm}^3$ ).

Hasonlóképpen kiszámíthatjuk az oldott oxigén mennyiségét is. ( $p_0 = YP = H_0 X_0$ .  $H_0 = 4,04 \cdot 10^4$ ,  $y$  — az oxigén moltörtje a gázfázisban.)

Ezzel a módszerrel és a (4) táblázat segítségével ki tudjuk számítani különböző helyeken a zagy levegőtartalmát ( $G_1$ ) és oxigéntartalmát ( $G_0$ ), illetőleg a felszabadult levegő mennyiségét (5. táblázat).

5. táblázat

$r_1/r$	1	2	3	4	5	6	7
$P$ atm	2,20	2,11	1,99	1,83	1,60	1,46	1,20
$G_1$ mg/l	53,4	51,2	48,3	44,5	40,30	35,4	30,1
$G_0$ mg/l	20,2	19,3	18,3	16,8	14,7	13,4	10,1

A kiszámított eredmények elég jó közelítéssel egyeznek PLAKSINE és munkatársainak (7) a hidrociklon kúpos részén közvetlen méréssel meghatározott gázmennyiségi adataival. (A hidrociklonban levő oxigén koncentrációját falhoz közel (18 mg/l), középrészén (14 mg/l), a ciklon belső részén (11 mg/l) mérték meg. A ciklon hengeres részében az oxigénkoncentráció valamivel nagyobb, az átlag kb. 20 mg/l. A zagy belépő nyomása 2,2 atm volt.)

A vízből felszabadult levegő nagyon finom mikroszkópi buborék alakjában szabadul fel. Valószínű, hogy ezeknek a levegőbuborékoknak felszabadulása a fázishatáron, szilárd szem felületén történik. Amint ismeretes, a szén

hidrofób természetű, így a vízmolekulákhoz való vonzóerő kicsi, a szén felülete vízzel könnyen nem nedvesíthető. Ezért a levegőbuborékok könnyen tapadnak a szénszemecskék felületére. A meddő szemek ellenben hidrofilok, nagyon erősen vonzzák a vízmolekulát, könnyen nedvesednek. A körülöttük levő vízmolekulákból vékony hártya alakul, a vízmolekulák igen stabilisan helyezkednek el a szemcsék körül levő elektromos mezőben. Ez a vékony hártya akadályozza meg a meddő szemecskéknek a buborékhoz való tapadását.

Természetesen ezeknek a nagyon finom buborékoknak a szénszemek felületéhez való tapadása nem eredményezi a flotálás jelenségét, s nem tudja felemelni a szénszemeket, ehhez a buborékok túl kicsinyek, és mennyiségük kevés. Ez a jelenség a hidrociklonban nem mutatkozik. Ezeknek a mikroszkopikus buborékoknak a szénhez való tapadása folytán azonban még jobban megnövekszik a tiszta szénszemek és a meddő szemek fajsúlya közti különbség. A durva szemeknél ez a jelenség nem feltűnő, de a nagy fajlagos felülettel bíró finom szemecskéknél már jelentősebb. Ezért a centrifugális erő hatása következtében a szén és a meddő szemecskék szeparálhatósága jobb lesz.

A hidrociklonban a szénszemecske — a rátapadt levegő miatt csökkentett — „fajsúlyának” pontos számítása nagyon nehéz és lehetetlennek látszik. Egyrészt a hidrociklonban különböző helyeken a felszabadult levegő mennyisége nem azonos. Másrészt a különböző szénfajták nem egyformán hidrofóbbok, sőt a hidrofóbia még egy szénfajtán belül sem azonos minden szénszemecskére, így a különböző szemecskékre tapadt levegő mennyisége nem egyforma.

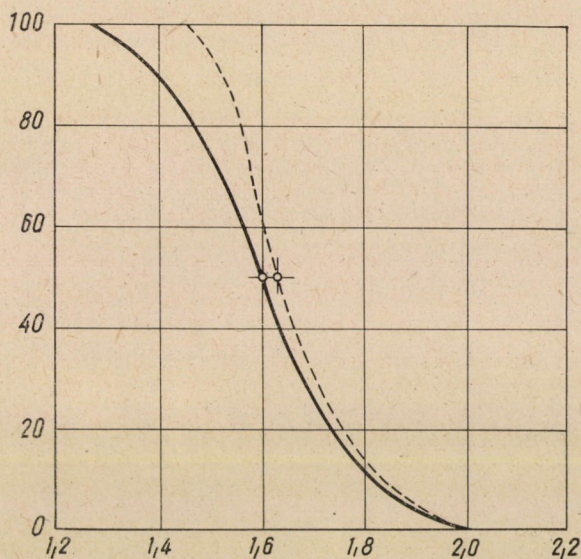
Általában a Tromp-görbéről tudjuk, hogy az elválasztási fajsúlytól ( $\delta_p$ ) távoleső fajsúlyú szén- és meddőszemecskék majdnem teljesen a mosott szénbe, illetve a meddőbe jutnak. Az elválasztási  $\delta_p$  fajsúlyhoz közeleső és annál nagyobb fajsúlyú szemecskék egy része a mosott szénbe kerül. Ezeket nevezzük „hibás szemeknek”. Az elválasztás fajsúlyához közeledve nő a hibás szemek százaléka. Ha a levegőtapadás jelensége nem mutatkoznék, akkor az elválasztási fajsúlynál kisebb fajsúlyú szemek hasonló valószínűséggel jutnának a hibás termékbe, mint az elválasztás fajsúlyánál éppen annyival nagyobb fajsúlyúak. A levegőtapadás következtében a szénszemecske fajsúlya viszont csökken, így fajsúlya eltávolodik az elválasztási fajsúly értékétől, és kisebb lesz annak a valószínűsége, hogy meddőbe kerüljön. A  $\delta_p$ -nél nagyobb fajsúlyú szemek felületén hidrofiliájuk miatt kevesebb levegő szabadul fel, kevesebb levegő is tapad rájuk. Ezért nem lesz oly jelentős fajsúlyuk csökkenése, mint a  $\delta_p$ -nél kisebb fajsúlyú szemeké.

A levegőtapadás folytán a hidrociklon Tromp-görbéje a következőképpen módosul: a görbének az elválasztás fajsúlyától jobbra eső része lényegében változatlan marad, míg a  $\delta_p$ -től balra eső szakasza meredekebbé válik, így az egyébként meddőbe kerülő szemeket a levegő a mosott szénbe „húzza”. Ennek folytán a szénvesztesség kisebb, a szeparálás élessége nagyobb lesz.



Az egész Tromp-görbe jobbra kissé eltolódik (2. ábra). A folyamatosan kihúzott görbe a levegőtapadás nélküli, a szaggatottan ábrázolt görbe a levegőtapadásos Tromp-görbe.

A 3. és 3a. ábrán a Bányászati Kutató Intézetben a pécsi —0,5 mm-es porszénnel végzett flotálások Tromp-görbéit látjuk. Látható ezekből, hogy az  $E'_p$  és  $E''_p$  értékek között nincs nagy eltérés. A hidrociklon Tromp-görbéjének  $E'_p$  értéke ellenben kisebb, mint az  $E''_p$  (4. ábra). Ennek oka a már előbb is



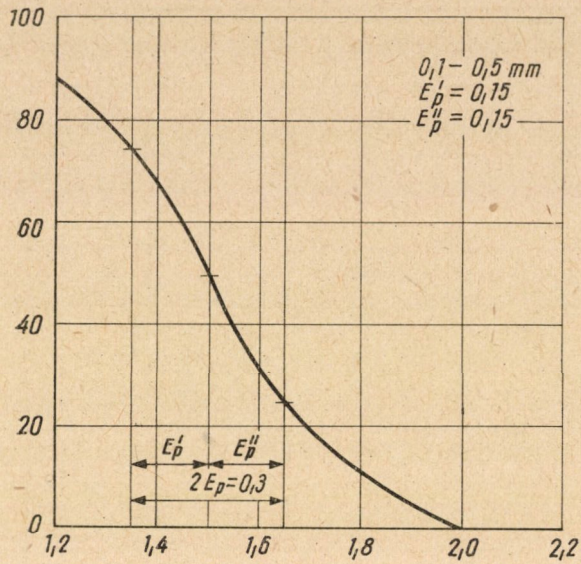
2. ábra

említett levegőtapadás, a másik oka különösen az 5. ábrán látható tényekben rejlik, mert a nagyon finom szemecskék területén csak kismértékben történt elválasztás, ennek nagyobb része ugyanis a felső nyíláson távozik el, a nagyfajsúlyú igen finom szemek zöme is vele tart. Így a nagyobb fajsúlyú finom szemekre nagyobb lesz a „hibás” szemek százaléka. A Tromp-görbe a nagyobb fajsúly felé ellaposul. Még azt is látjuk, hogy a durva szemek (0,4–1,2 mm) esetén  $E'_p = E''_p = 0,05$ , míg a finom (0,15–0,2 mm) szemeknél  $E'_p < E''_p$  ( $E'_p = 0,12$ ,  $E''_p = 0,25$ ).

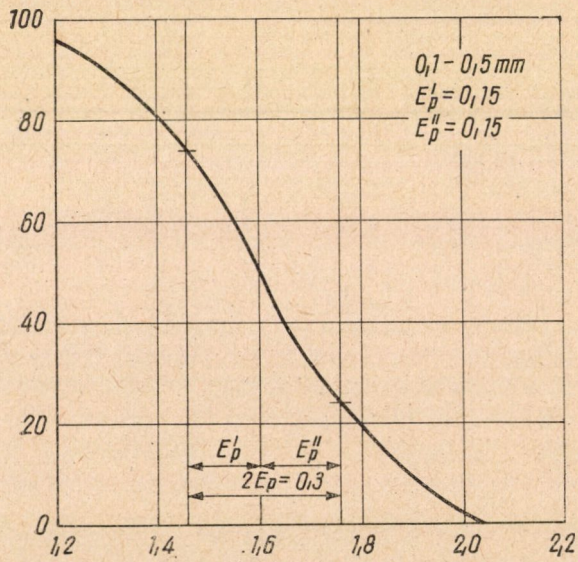
Bár a levegőbuborékok által csökkentett szénfajsúly pontosan nem számítható ki, mégis durván érzékelhető a következő képlet segítségével. Tekintve, hogy a levegő fajsúlya a szénéhez képest elhanyagolható:

$$\delta' = \frac{V_s \delta}{V_s + V_L T},$$



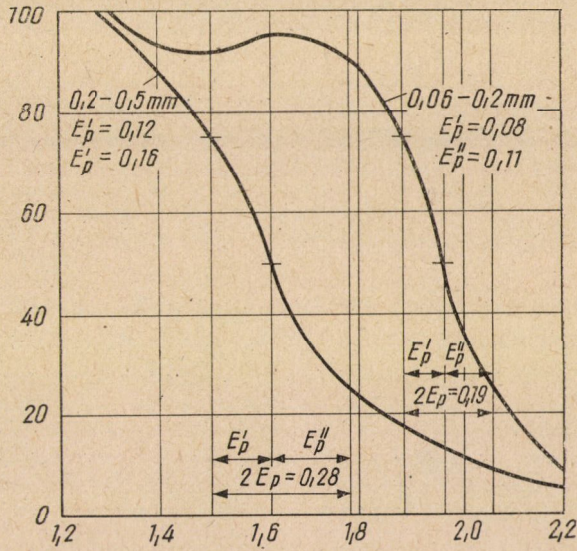


3. ábra

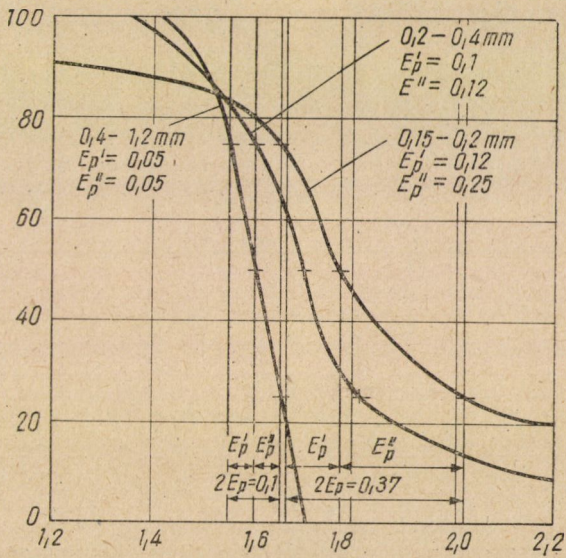


3a. ábra





4. ábra



5. ábra

ahol  $\delta'$  — a szén felületére tapadt levegőbuborékok által csökkentett „új átlag fajsúlya”

$\delta$  — a szén átlag fajsúlya

$V_s$  — egy liter vízben levő szénszemeknek a térfogata, az alsó nyíláson távozó meddő szemek nélkül,  $\text{cm}^3$

$V_L$  — egy liter vízből felszabadult levegő térfogata,  $\text{cm}^3$

$T$  — levegő tapadási százaléka.

Pl.: Legyen a belépő nyomás 2,2 atm, a folyadék: szilárd anyag, térfogatarány = 10 : 1, tehát egy liter vízre  $100 \text{ cm}^3$  szilárd anyag jut, a szén feltételezett súlykihozatala  $70\% = 70 \text{ cm}^3$ , a kinyert szén átlagfajsúlya  $1,6 \text{ g/cm}^3$ . A hidrociklonban a nyomás csökkenése folyamán egy liter vízből felszabadult levegő mennyisége az előbbi számítás szerint  $22,6 \text{ cm}^3/\text{lit}$ . Feltételezve, hogy a tapadás  $100\%$ -os a szénszemecskék felületére, akkor a „buborékos” szénszemecskék „új fajsúlya”  $\delta' = \frac{70 \times 1,6}{70 + 22,6 \times 1} = 1,21$  lenne. Ha csak  $20\%$  levegő tapad a szén felületére, akkor is 1,50-re csökken a szén „új fajsúlya”.

A 6. táblázatban feltüntettük a különböző zagysűrűség és különböző tapadási százalék mellett a szénnek a felületére tapadt levegőbuborékok által kapott „új fajsúlyát”:

6. táblázat

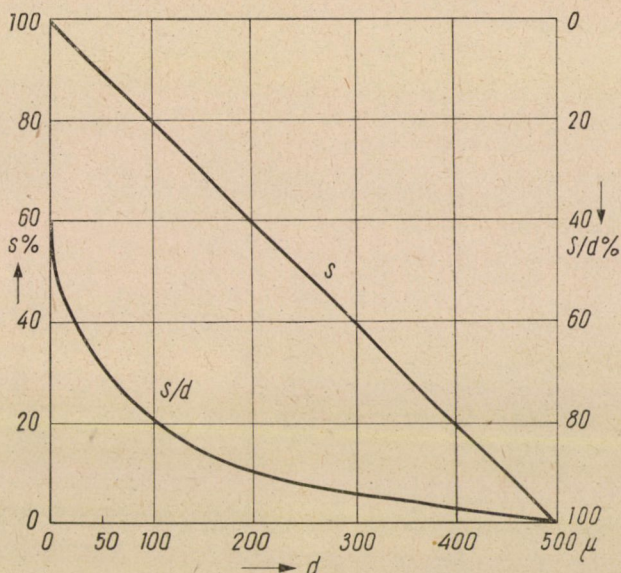
F : S	Tapadási százalék										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
10 : 1	1,21	1,24	1,27	1,32	1,34	1,40	1,42	1,46	1,50	1,56	1,60
9 : 1	1,23	1,27	1,29	1,32	1,35	1,41	1,43	1,47	1,51	1,56	1,60
8 : 1	1,27	1,29	1,32	1,34	1,38	1,42	1,45	1,48	1,51	1,56	1,60
7 : 1	1,30	1,32	1,35	1,38	1,41	1,43	1,46	1,49	1,52	1,57	1,60
6 : 1	1,33	1,35	1,38	1,41	1,43	1,45	1,48	1,51	1,53	1,57	1,60
5 : 1	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60
4 : 1	1,42	1,43	1,44	1,46	1,48	1,49	1,51	1,53	1,56	1,58	1,60

A fenti számítás a teljes szemcsefrakcióra vonatkozik, tehát az egyes szemcsefrakciók fajsúlycsökkenését együttesen egyformának veszi. Viszont az egyes szemcsefrakciók fajlagos felülete a szemcse nagyságtól függ. Mennél kisebb a szemcsefrakció átlagos szem nagysága, annál nagyobb a fajlagos felülete. A levegő tapadása azonban a fajlagos felülettel arányos, mennél nagyobb a felület, annál több levegő tapad. A fajsúlycsökkenés pedig a felületre tapadt levegőmennyiségtől függ. Tehát a kisebb szem nagyságú szemcseosztlályok fajsúlycsökkenése a nagyobb fajlagos felület, illetve a nagyobb mennyiségű levegő megtapadása következtében nagyobb.

Feltételezzük, hogy a szemcseeloszlás a 6. ábra szerinti, úgyhogy egyenlete  $d = 1 + \frac{499}{100} s$ . Az egyes szemcsefrakciók átlagos szem nagyságát az egyes



szemcsefrakciók  $1/d$  görbéjének területkiegyenlítésével kapjuk. (Pl. a 100–200 $\mu$ -os frakció átlagos szemnagysága 144 $\mu$ .) A szemcsekék fajlagos felülete szemnagyságukkal fordítva arányos ( $f = \frac{s}{d}$ ). A felszabadult levegő az egyes szemcsefrakciók fajlagos felületével arányosan oszlik meg, vagyis mennél több az egész felületből az egyik szemcsefrakcióra eső rész, annál több levegő tapad meg azon a szemcsefrakción. Ha 1 liter vízben 200 g szén ( $\delta$  átl. = = 1,6 g/cm<sup>3</sup>) van, akkor a különböző szemcsefrakciók fajlagos felületét, a



6. ábra

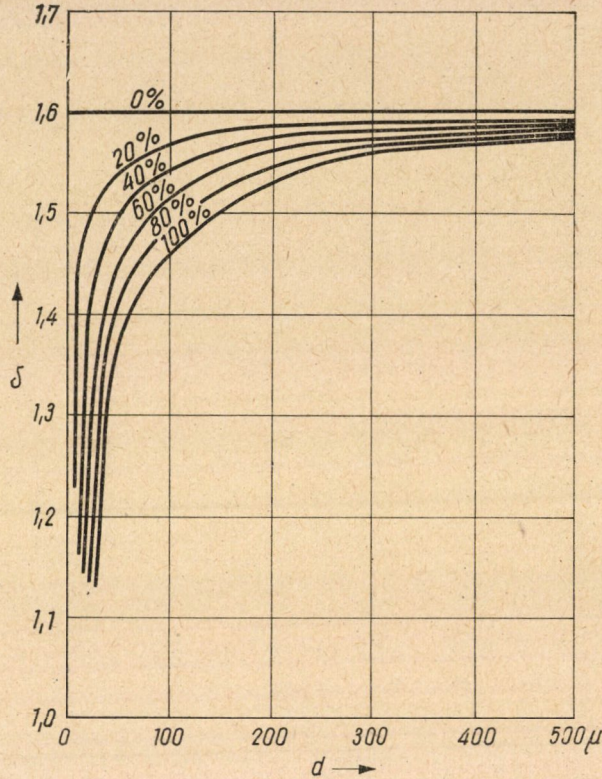
felület %-os eloszlását, a kicsapódó levegő evvel arányos megoszlását és az egyes frakciók „új” fajsúlyát mutatja be a 7. táblázat.

7. táblázat

s	d	d <sub>át</sub>	S	S/d	S/d%	lev. cm <sup>3</sup> /l	Szilárd		Szil.+ lev. cm <sup>3</sup> /l	Fajsúly $\delta'$					
							cm <sup>3</sup> /l	g/l		tapadási %					
										100	80	60	40	20	
0	1														
5	26	7,3	5	0,685	53,2	12,2	10	16	22,2	0,72	0,81	0,93	1,07	12,9	
10	51	36,0	5	0,139	10,8	2,5	10	16	12,5	1,28	1,33	1,39	1,45	1,52	
20	100	69,0	10	0,145	11,2	2,6	20	32	22,6	1,41	1,45	1,48	1,52	1,56	
40	200	144	20	0,139	10,8	2,5	40	64	42,5	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	
60	300	250	20	0,080	6,2	1,4	40	64	41,4	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	
80	400	350	20	0,059	4,4	1,0	40	64	41,0	1,56	1,57	1,58	1,59	1,59	
100	500	450	20	0,044	3,4	0,8	40	64	40,8	1,57	1,58	1,58	1,59	1,59	
				1,289	100,0	23,0	200	320	223,0	1,43	1,46	1,50	1,53	1,56	



A 7. ábra mutatja be különböző tapadási százalékok mellett a fajsúlynak a szemnagysággal való változását. Amint látható, a finom szemek fajsúlycsökkenése sokkal jelentősebb, mint a durvább szemeké. Tehát a jelentős fajsúlycsökkenés következtében a nehezen, vagy alig szeparálható, finom szemeket a hidrociklon aránylag jól szeparálja. A fajsúlycsökkenésnek a



7. ábra

szemnagyságtól való függésével magyarázható az 5. ábrán észlelt jelenség, hogy a durvább szemeknél  $E'_p = E''_p$ ; ezeknél a levegőtapadás következtében jelentős fajsúlycsökkenés nincs. Ezzel szemben a finom szemeknél a jelentősebb levegőtapadás miatt a fajsúlycsökkenés nagyobb, aminek következtében az egyébként meddőbe kerülő szén szemek mintegy „áthúzódnak” a mosott szénbe, ezért az  $E'_p$  is kisebb lesz, mint  $E''_p$ .

Mennél több levegő tapad a szénre, annál kisebb lesz a szén szemecske „új fajsúlya”, annál jobban nő a szén- és meddőszemcskék közötti fajsúlykülönbség. A tapadás mértékét azonban a szén felületi tulajdonságai is meghatározzák. Amikor a levegő felszabadul az oldatból, buborékok képződnek a szemek felületén. Mennél inkább hidrofób a felület, annál nagyobb a buborék-



kok képződésének mérve. Célszerű tehát a szénszemek felületét hidrofóbbá tenni, ami kis mennyiségű határszögnövelő reagens beadagolásával érhető el. Ilyen reagens lehet pl. valamilyen kátrányolajfrakció. A reagens-adagolás hatására mutatkozó eredményjavulást mutatják a PLAKSINE és munkatársai által végzett kísérletek (8. táblázat).

8. táblázat

Reagens g/T	0		41		60		86		210		650	
	s%	h%	s%	h%	s%	h%	s%	h%	s%	h%	s%	h%
Mosott szén	67,0	6,4	80,8	6,86	92,8	9,0	92,4	7,42	90,3	7,60	90,5	8,0
Meddő	33,0	35,6	19,2	53,3	7,2	60,0	7,6	53,1	9,7	58,9	9,5	60,8
Összesen	100	15,8	100	15,8	100	12,7	100	10,9	100	12,5	100	13,0
$\eta_s$	70		94		70		65		62		75	

40 g/t szén reagens adagolással érték el a legjobb eredményeket, nagyobb reagensmennyiség esetén változatlan súlykihozatal mellett növekszik a mosott szén hamuja, tehát a szeparálási hatások,  $\eta_s$  csökken.

$$\left( \eta_s = \frac{S}{S_{elm}} \frac{H_n - H}{H_n - H_{elm}} \right),$$

ahol  $S$  — a mosott szén súlykihozatala;

$S_{elm}$  — a mosott szén hamutartalma alapján a moshatósági görbéből leolvasható elméleti súlykihozatal;

$H$  — a mosott szén hamuja;

$H_{elm}$  — a mosott szén súlykihozatala alapján a moshatósági görbéből leolvasható hamuszázalék;

$H_n$  — a nyers szén hamuja.)

A reagens mennyiségének növelésével a szeparálás eredménye romlik. A levegőtapadás figyelembevételével ennek az egyik oka valószínűleg a következő: flotálásnál pl. a flotálhatóság javul bizonyos mennyiségű olaj adagolásával, a túl sok olaj azonban zavarja a folyamatot, mert SMITH és munkatársai (8) szerint az olajjal tökéletesen simává tett hidrofób szénfelületre nem tapad a levegő. Sok olaj adagolásával a zagyban levő felesleges olaj mintegy kénytelen a meddőszemek felületére tapadni. Ennek folytán azok kismértékben hidrofóbbok lesznek, s így kis mennyiségű levegő tapadhat rájuk. Ennek következtében a meddőszemek fajsúlya viszonylag kisebb lesz, tehát nagyobb valószínűséggel iutnak a mosott szénbe, mint részleges olajtapadás nélkül.

## IRODALOM

1. TARJÁN, G.: Contribution to the Kinematics of the Hydrocyclone. Acta Techn. Ac. Sc. Hung. XVIII. Fasc. 3—4. 1957.
2. TARJÁN, G.: A hidrociklon tangenciális közegáramlását kifejező  $Vr^n = C$  képlet  $n$  kitevőjének meghatározása. MTA Közleményei XXII. kötet 1—3. sz. 1958.
3. TARJÁN, G.: On the Heavy Suspension Developing in the Hydrocyclone. Acta Techn. Ac. Sc. Hung. XXI. Fasc. 3—4. 1958.
4. KRIJGSMAN, C.: The Dutch State Mines Cyclone Washer. Symposium on Coal Preparation, Leeds Nov. 1952.
5. GOMBÓCZ, K.—KOVÁCS Ö.: Ciklonmosás a hazai szénélőkészítésben. Bányászati Lapok 1959. 6. szám.
6. PERRY, J. H.: Chemical Engineers Handbook 1941. New York, p. 1123.
7. PLAKSINE, I. N., KLASSEN, V. I., AKOPOV, M. G., The Action of Reagents on Treatment of Smalls in Hydrocyclone. Int. Coal Prep. Cong. Brussels—Liege, 1958.
8. SMITH, H. G., ABBOTT, J., FRANGISKOS, A.: Particles-Bubble Attachment in Coal Flotation. II. Symp. on Coal Prep. — Leeds, 1957. Paper No. 12.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A ciklonmosás jó hatásfokú, éles elválasztási eredményeivel tűnt ki, különösen előnyös eszköz a hidrociklon a finom szemek dúsító szeparálására. Ebből a szempontból megvizsgáltuk a hidrociklonban mutatkozó három jellegzetes körülményt, nevezetesen hogy

1. a nehézségi erőt a hidrociklonban helyettesítő centrifugális ülepítő erő nagysága a sugár csökkenésével növekszik, tehát ott ér el kedvezőbb értéket, ahol a finom szemek keringenek.

2. a közeg (látszólagos szerkezeti) viszkozitása a keringési sugár kisebbedésével csökken, ami szintén a finom szemek szeparálására nézve kedvező, végül

3. a ciklon íngelye felé bekövetkező nyomáscsökkenés révén a folyadékban elnyelt gázok (levegő) egy része kiszabadul a közegből és adhéziós levegőhártya alakjában a szemcsékre tapad. Ez a szén- és a meddőszemcsék különböző hidrofóbiája (aerofiliája) következtében növeli a fajsúlykülönbséget és pedig éppen a finom szemcsék keringési zónájában, egyrészt azért, mert itt mutatkozik a hatásos nyomáscsökkenés, másrészt pedig, mert a finom szemcsék nagyobb fajlagos felülete folytán a fajsúlykülönbségek megnövekedése is inkább itt jelentkezik.

A hidrociklonban kis mennyiségű reagensadagolás és esetleges levegő bevezetés hatására javul a szeparálási eredmény.

# A FOTOGRAMMETRIA ALKALMAZÁSA AZ 1 : 10 000 ÉS NAGYOBB MÉRETARÁNYÚ TÉRKÉPEZÉSEKNÉL A HAZAI VISZONYOK KÖZÖTT\*

HANKÓ GÉZA

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

ÁLLAMI FÖLDMÉRÉSI ÉS TÉRKÉPÉSZETI HIVATAL, BUDAPEST

[Beérkezett 1960. január 11-én]

## Előzmények

Hazánk területén térképezés fotogrammetriával — a megfelelő előtanulmányok után — már 1927 óta folyik. Felszabadulásunk előtt a térképezés célja az 1 : 25 000 és 1 : 50 000 méretarányú topográfiai térképek készítése volt. Ezek a térképek mind a sík-, mind a dombvidékről 1 : 10 000, illetőleg 1 : 25 000 méretarányban készültek. 1927 és a felszabadulás közötti idő a fotogrammetriai térképezés kifejlődéséhez vezetett. Megismertük a fotogrammetriai térképezéshez szükséges légifényképezés módszereit a méretarány-szabta pontosság és gazdaságosság figyelembevételével; az erre a célra szolgáló repülőgépeket és mérőkamarákat. Kidolgoztuk Magyarország sajátos területének legjobban megfelelő egyképes- és sztereofotogrammetriai mérőeljárásokat és beszereztük az ehhez szükséges műszereket. A munkálatok azonban — egyes eseteket nem tekintve, az akkori követelményeknek megfelelően — csak a közepes méretarányú topográfiai térképek készítését ölelték fel. Így nagyon hasznos előtanulmányai voltak a mai követelmények által meghatározott térképezésnek.

A térképezéssel szemben támasztott kívánalmakat népgazdaságunk mindenkori fejlettségi foka, továbbfejlesztésének iránya és üteme határozzák meg. Térképezni azonban a klasszikus földi felmérési eljárásokkal csak akkor célszerű és gazdaságos, ha nagyobb pontosságot kívánunk meg térképeinktől, s kisebb terület felméréséről van szó. Nagyobb területek felmérésénél, még nagyobb pontossági követelményeknél is, valamilyen módon a fotogrammetria is bekapcsolható a térképezésbe.

## Fotogrammetriai eljárások

A fotogrammetria fényképekkel dolgozik. Ezzel nemcsak a távolabbi célok (például adókataszter) ismeretében való térképezés, hanem rövidebb időtartamú állapot, vagy helyzet rögzítése is lehetséges. A fénykép a terület pillanatképe. A légifénykép, ha közel függőleges kamaratengellyel készül,

\* Akadémiai pályázaton prémiumban részesült tanulmány.

térképszerű benyomást kelt. Helyettesítheti a klasszikus földi felmérési eljárással készült vonalas térképet, amikor a talajjal annak víz és szél okozta változásai, a talajt borító növényzettel, művelésével, a vetésterületekkel, a talaj szerkezetével és egyéb régebbi vagy újabb műszaki létesítményekkel összefüggő kérdések tanulmányozása a feladat. Ugyanazon területről készült két fénykép — a képpár — a terep domborzatának szemlélését is lehetővé teszi.

A légifénykép felvételi adatait csak közelítően ismerjük, így a fényképen közvetlenül végzett mérések csak korlátozott pontosságú eredményt nyújtanak. Szabatosabb eredményhez jutunk, ha koordinátákkal megadott ellenőrző-pontjaink vannak vagy illesztőpontok alapján a képeket a szükséges méretarányra átalakítjuk. Mindkét esetben az elérhető pontosságot — a technikai állása mellett — a terep magasságkülönbségei lényegesen befolyásolják. A fényképpel való terepábrázolás előnye a gyorsaság, emellett szemléltető és olcsó.

A terep ábrázolásában a következő lépés a fénykép vonalainak értelem-szerű átrajzolása. Ez a művelet azonban már munka- és költségdöbbltet jelent. A fénykép átrajzolásánál a tartalom helyes értelmezése fokozható a sztereoszkópia felhasználásával. Transzformált fényképpárok sztereoszkópi szemlélésénél a kisebb síkraírajzi részletek és kisebb terepalakulatok jobban felismerhetők. A fényképtartalom végleges értelmezése a terep bejárásával oldható meg.

A térképszerűséglet gyorsabb kielégítése céljából újabban kísérletek folynak, hogy a területet ábrázoló légifényképeket, mint térképeket alkalmazzák. A légifényképeknek ahhoz, hogy térképként felhasználhatók legyenek, két követelményt kell kielégíteniük.

Először, a képi ábrázolásnak olyannak kell lennie, melyen a perspektív és a terep magasságkülönbségeiből eredő fényképtorzulások egyformán ki lettek küszöbölve, illetve a méretaránynak megfelelően a megengedett értékre csökkentve.

Másodszor, a fénykép egyes fontosabb vonalait, tereptárgyait jelkules-szerű átrajzolással általánosan olvashatóvá kell tenni. Megtartja a képi ábrázolás — különösen a terepet borító növényzetnél, esetleg a vizeknél és a talajnál — a fénykép jellegzetes tónusos kifejezési módját.

Az első követelmény síkvidéken a képek transzformálásával megoldható. A terep magasságkülönbségének növekedésével azonban a centrális vetítéshől eredő helyzeti eltolódás mind nagyobb lesz. A megengedett hibával mind kisebb és kisebb fényképdarab dolgozható csak fel. Ez a körülmény vezetett a Szovjetunióban megszerkesztett FTScs-I réses kép-transzformátorhoz. Lényege, hogy a vetítő a fényérzékeny papírt elméletileg pontonként, gyakorlatilag a megengedett helyzeti hibának megfelelő nagyságú résen át világítja meg. A rés helyzetét a vetítő asztalán a vetítővel összekapcsolt

sztereo-kiértékelő készülék szabályozza. A mérőjelnek a térmodellen való vezetésével tolódik el a rés a vetítő asztalán. A fényérzékeny papír megvilágításához szükséges idő is a negatív fedettsége szerint, önműködően, elektromos úton szabályozható [1]. A készülék végleges példányát még szerkesztik.

A második követelménnyel kapcsolatban is különböző kísérletek történtek. Kisebb méretarányú (1 : 25 000) térképeket készítettek oly módon, hogy a térkép hátlapján a fototérkép raszternyomása van. Ilyen az Egyesült Államokbeli Beltsville 1 : 25 000 méretarányú térképe, melyen a magasságkülönbség mintegy 250 m. 1 : 10 000 méretarányú gazdasági térképeknél Svédországban a talajt borító növényzetnek megfelelő színű rányomást alkalmaztak. Németországban kísérletképpen a fototérképeket finom szabálytalan raszterrel — mely szerkezetileg a fényérzékeny réteg szemcse eloszlásához hasonlít — a talajt borító növényzetnek megfelelő színben nyomták [2]. Mindkettőnél a fontosabb tereptárgyakat jelkulcsszerű rányomással tüntették fel, azonkívül megadták a fontosabb pontok magasságát és a térképhálózatot is.

Mindenesetre nagy kartográfiai szaktudással kell eljárni, nehogy az átrajzolásnál a fototérkép értékes képrészai eltűnjenek. Ugyancsak nagy nyomdatechnikai ismeretet kíván, hogy a fotografiai féltónusok heterogén ábrázolási formája, az átrajzolás és a felületi színezés zárt egységbe olvadjon össze.

A terep képszerű ábrázolása kétségtelenül a leggyorsabb térképezési mód, de előnyösen csak ott alkalmazható, ahol a síkrajzi elemek részbeni jelkulcsszerű kifejezésével megelégszünk (pl. 1 : 5000—1 : 25 000 méretarányú topográfiai térképeket helyettesítő gazdasági térképeknél). Ha nagyobb pontosságra törekszünk, akkor a fényképen jól azonosítható síkrajzi elemekhez (útkereszteződések, műtárgyak jól látható részei, pontszerűen jelentkező kis bokrok, talajfoltok stb.) mérjük be földi eljárással a még ábrázolandó tereptárgyakat és tereprészeket. Az elérhető pontosság ezzel már korlátozott, mert függvénye a fénykép méretarányának és a fényérzékeny anyag (emulzió) szétválasztóképeségének, mely utóbbinak értéke a légifényképezésnél használt negatívoknál mintegy 0,03 mm. A tárgyaknak a légifényképeken való felismerésénél evvel az értékkel, mint középphibával számolhatunk. Az 1 : 5000—1 : 25 000-ig terjedő fényképméretarányoknál ez az érték  $\mu_{sz} = \pm (0,15—0,75)$  m. A külföldi irodalom szerint meg nem jelölt parcellahatárok egymástól független földi bemérésénél is 20—60 cm-ig terjedő eltéréseket találtak, melyek a bemérők különböző azonosítási felfogásából eredtek [3]. Ennek megfelelő azonosítási középhiba mintegy  $\pm 20$  cm. Nagyobb pontosságot az előrejelölés nélküli fotogrammetriai munkáktól sem várhatunk.

A fotogrammetria egy másik eljárásánál nem a terep térképszerű ábrázolására törekszünk, hanem a terep egyes pontjainak helyzetmeghatározása a feladatunk. A pontok helyzetmeghatározási módjának mindenkor a cél által megszabott pontossághoz kell igazodni.



Ha a légifotogrammetria fejlődését tekintjük, az első feladatokat az 1914–1918. évi világháború alatt katonai szempontok határozták meg. Ezeknél az egyes pontok (a célok) helyzetmeghatározásához szükséges pontosságot az egyes fényképek illetve a képpárok grafikus feldolgozásával is el lehetett érni. A feldolgozás a fényképek egymásközi, illetve a fényképek és a terep közötti geometriai vonatkozások alapján történt.

A fejlődés későbbi folyamán főleg a kisméretarányú térképezéshez szükséges illesztőpontokat grafikusán, numerikusan, mechanikaiúton (műszerek segítségével) határozták meg. Ez vezetett a radiális háromszögelés és a térbeli légi háromszögelés eljárásaihoz, melyekhez azonban már fényképsorok szükségesek.

Ugyancsak ehhez az eljárási csoporthoz sorolható a ferde kamaratengellyel készült fényképek grafikus feldolgozása, melyet az Amerikai Egyesült Államokban és Kanadában használnak kiterjedt mértékben kisméretarányú térképezéshez. Ide tartozik a tükörsztereoszkoópna és az egyszerű sztereométernek alkalmazása is, mellyel a pontok magasságát lehet meghatározni. Ezen alapszik az angol birodalomban szintén a kisméretarányú térképezésnél használt Arundel-eljárás és ennek egyik változata az Indiai-eljárás.

Fejlettebb alakja a tükörsztereoszkoópos munkamódszernek a Szovjetunióban kialakított Drobisev-eljárás, melyet nagy, szabályos, fejlett formájú, főleg dombos terepen alkalmaznak [4].

Újabban kísérletek folynak a légi háromszögeléshez és a nagyméretarányú pontosabb térképek készítéséhez szükséges pontok koordinátáinak számszerű meghatározására is. Ez azonban a negatívok, objektívok, a fényképező- és mérőkészülékek, továbbá a számítógépek megfelelő kialakításával válik csak elérhetővé.

A tisztán számítógépes eljárást Angliában alkalmazták először a légi háromszögeléshez és az 1:2500 méretarányú térképek felújításához szükséges pontok koordinátáinak kiszámítására. A méréseket sztereokomparátorral végezték és a térbeli koordinátákat az analitikai képleteknek számítógépen való megoldásával határozták meg. Ez az analitikai fotogrammetria, mely a fényképeken rögzített különböző tárgyak, terepelemek vagy rövid idő alatt lefolyó jelenségek számszerű adatokkal való relatív helyzetmeghatározására alkalmas. A szélső pontossággal való térképezés tehát szintén elvégezhető analitikai fotogrammetriával a technika mai állása mellett.

Az analitikai fotogrammetria alkalmazhatóságának feltételei:

- a) a minimális torzulású üvegnegatív;
- b) néhány ezredmilliméter elrajzolást kitevő gyakorlatilag elrajzolásmentes objektív, mint a Szovjetunióban szerkesztett russar, a Wild gyártotta aviotar s a Zeiss készítette topar;
- c) a lemeztárolóval felszerelt, pontosan működő mérőkamara;

d) mérőműszere a sztereokomparátor, melyek közül megemlítjük a Szovjetunióban gyártott ferdeállású sztereokomparátort, mely  $30 \times 30$  cm képméretre is alkalmazható és az indexeket a beosztásokon egy mikron élességgel ugyanazon mikroszkóppal olvashatjuk le; a Wild gyártotta SzTKI sztereokomparátort, mely  $23 \times 23$  cm képméretre készül s két mikron pontosságú leolvasást tesz lehetővé; a Hilger és Watts angol cég gyártotta sztereokomparátort, mely egy elektromos regisztráló berendezéssel van összeépítve.

Az analitikai fotogrammetria eljárásai és műszerei még kialakulóban vannak, azonban megállapíthatjuk, hogy ma a fotogrammetriában a legnagyobb pontosság ezekkel érhető el.

Az eddig ismertetett fotogrammetriai eljárások közül a képi eljárás teljes részletességgel tárja fel a terep síkrajzát. Ha azonban teljes értékű topográfiai térképet akarunk szerkeszteni, akkor a fényképi vonalak minősítésén kívül a magasságokat földi eljárással kell bemérni. Innen származik az elnevezés is „kombinált eljárás”. Megfelelő eredményre csak közel sík terepen számíthatunk.

A szerkesztéssel való pontmeghatározások hosszadalmas és kevésbé pontos volta miatt ez a munkamódszer térképek készítésére nem alkalmas, legfeljebb azok kiegészítésére. Egyes pontok, mint például a fényképpillesztőpontok meghatározására mind a grafikus, mind a numerikus és mechanikai eljárások egyaránt megfelelőek, de szintén csak vízszintes koordinátákat adnak.

A topográfiai térképek készítésénél a fényképpontok magasságát meghatározhatjuk más fotogrammetriai műszerrel — a sztereométerrel — is. Ezzel a térképkészítés munkafolyamata több önálló fotogrammetriai eljárásnak — a képtranszformálásnak és a sztereomérésnek — összekapcsolásából adódik. Az összesített munkafolyamat a differenciális eljárás, mellyel egyes pontoknak a térkép előírt pontossága által megszabott magasságkülönbségei dolgozhatók csak fel. Munkaterülete a szabályos terepidomú dombvidék.

Bármely terepen a legpontosabb térképi adatokat az analitikai fotogrammetriával kapjuk. Ez azonban költséges számítógépet kíván s csak különálló pontok koordinátáit nyújtja.

Térképkészítésre a közölt eljárásoknál alkalmasabb s bármely terepen és méretarányban egyaránt használható a „modell-eljárás”. Ennél az eljárásnál a kétképes kiértékelő műszereken a terep térbeli modelljét állítjuk elő. Egyedül a kétképes műszereken lehet csak a képek és a terep közötti geometriai kapcsolatot optikai és mechanikai eszközökkel a legtökéletesebben biztosítani. További jelentősége, hogy egyszerű és állandó módszerrel, a térbelileg látott mérőjelnek a virtuális térmodellen való vezetésével bármely nehéz terep pontos és tetszőlegesen finomítható folyamatos felmérése elvégezhető. A munkaeljárás a mechanizálás folytán jórészt mentes minden számítástól és szerkesz-

téstől, egyszerű fogásokból álló munkafolyamat s a kiértékelő minden figyelmét a terep ábrázolására fordíthatja.

A kétképes műszerek a térbeli légi háromszögelés megoldására is alkalmasak, mert a képpárok feldolgozásához szükséges illesztőpontok magasságát is megadják. A legújabb kiviteli formákon egy elektromos koordináta-regisztráló berendezés a beállított fényképpontok műszer koordinátáit 1/100 mm pontossággal szalagon rögzíti s egyidejűleg a megfelelő lyukkártyákat, illetve lyukasztott szalagot is elkészíti. A műszerrel összekapcsolt koordinátografon pedig a térképezés is elvégezhető.

A sztereo-kiértékelő műszerek nagyobb ára folytán a műszer amortizációja nagyobb összeggel terheli a munkákat. Vegyük azonban tekintetbe, hogy a térképezéshez három dimenziójú számszerű koordinátákat ad és amellet a térkép is vonalasan készül el, függetlenül attól, hogy a terep sík-, domb- vagy hegyvidék. Emellet a térképezés méretaránya is bizonyos határok között szabadon választható. Előreláthatólag kedvezőbb gazdasági eredményekhez jutunk, mint a képtranszformátorral és sztereométerrel végzett differenciális eljárásnál, bár ennél a műszeramortizáció kisebb, de állandóan terheli a térképezés költségét a több terepmunka drágább volta és idényjellege, melynek folytán az összidőszükséglet nagyobb.

Az alkalmazandó eljárást több körülmény befolyásolja: ilyenek a készítenő térkép méretaránya, a felmérés célja s a terep domborzata. Ha a méretarányt tekintjük, nagyméretarányú síkrajzi térképek készítéséhez mintegy 1 : 5000-ig elsősorban a modell-eljárások jönnek tekintetbe. Minden esetre a felmérés célja és a terepdomborzat is befolyásoló tényező. Ezt is tekintetbe véve, kevés vagy kisebb jelentőségű részlet esetén, a nagyobb méretarányú síkrajzi térképezésnél is alkalmazható a képi eljárás.

A közepes méretarányú térképek 1 : 5000—1 : 25 000 méretarányokig jelkulcsszerű ábrázolással és domborzattal készülnek. Gazdasági és technikai feladatok előkészítésére valók. Az alkalmazandó eljárást a terep domborzata szabja meg. Sík- és enyhe hullámvidéken a kombinált eljárás; tagolatlan dombvidéken a térképezési méretarány és a relatív magasságok függvényeként a differenciális eljárás; tagolt domb- és hegyvidéken a modell-eljárás alkalmazása célszerű.

A kisméretarányú térképezés — ami nálunk nem tartozik a megoldandó feladatok közé —, a különböző fotogrammetriai eljárások célszerű összekapcsolásával valósítható meg gazdaságosan.

### Térképeink méretaránya

Az Állami Földmérés és Térképészeti Hivatal elnökének 108/1957. (T. 6) ÁFTH számú utasítása elrendeli az 1 : 10 000 méretarányú topográfiai tér-

képek készítését az ország egész területén. Ugyanez a rendelet az 1 : 10 000 méretaránytól eltérő (például 1 : 5000) méretarányú topográfiai felmérést csak kivételesen indokolt esetben engedélyezi. Ezzel az állami alaptérképünk 1 : 10 000 méretarányú Gauss—Krüger vetületrendszerben készül. A térképlapok keretmérete az ország déli részén:  $48,42 \times 46,31$  cm.

Az ország síkrajzi (kataszteri) felmérése különböző méretarányban, különböző vetületi rendszerben és különböző eljárással történt. Régebben a felmérést sztereografikus vetületben, grafikus eljárással hajtották végre. Általában 1 : 2880 méretarányban. Városoknál és nagyobb belsősegeknél a felmérés méretaránya 1 : 1440, 1 : 720 volt. Síkrajzilag kevésbé tagolt, vagy összefüggő birtokállomány esetén — mint például erdőbirtokoknál — a felmérés 1 : 5760 méretarányban történt. 1910-től a sztereografikus vetület helyett a ferdetengelyű hengervetületet alkalmazták s mind több ízben a grafikus eljárás helyett a numerikus felmérés módszerét. A térképek továbbra is 1 : 2880 méretarányban készültek. 1928-ban a méretrendszernek a felmérésbe való bevezetésével, a méretarány általánosan 1 : 2000 lett, városoknál és nagyobb belsősegeknél 1 : 1000, 1 : 500 — az utasítás szerint — nagyobb birtokállomány esetén 1 : 4000. Az 1 : 2880 méretarányú kataszteri lapok keretmérete  $66 \times 53$  cm, az 1 : 2000 méretarányú lapoké  $80 \times 60$  cm.

Az Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal elnökének 106/1957. (T. 6) ÁFTH számú utasítása elrendeli az új földmérési térkép készítését. Az új földmérési térkép méretaránya 1 : 2500. A térképszelvény ( $60 \times 60$  cm területű)  $1,5 \text{ km} \times 1,5 \text{ km}$  területet ábrázol.

Az egyképes fotogrammetria alkalmazásánál a pontosság növelése szempontjából célszerű a négyzetes térképalak, mert egy képből egy szelvény készíthető. Ha az egyéb egymással kapcsolatos műszaki tényezőket — mint a leggazdaságosabb képméretarány, képvándorlás miatti legkisebb fényképezési magasság — is tekintetbe vesszük, akkor a szelvény mérete nem előnyös, mert nagy.

A technika mai adottságai mellett kellő pontossággal gazdaságosan alkalmazható mérőkamara a  $23 \times 23/15,2$  méretű. Ilyen típusú Wild-gyártmányú mérőkamarával mi is rendelkezünk. Az 1 : 2500 méretarányú térképen ábrázolandó terület szélességi mérete a kamara gazdaságos és technikailag helyes felhasználásakor 1250 m (50 cm). Ezen a szelvényen ábrázolandó terület fényképezéséhez a tervezési adatok a következők:

fényképméretarány  $1/M \sim 1 : 10\,500$ ,

fényképezési magasság  $h \sim 1600$  m,

a képen ábrázolt terület oldalmérete  $l_0 \sim 2410$  m. A repülőgép oldalgó mozgásának ellensúlyozására a szelvény mindkét oldalán a biztonsági sáv szélessége  $\sim 580$  m.

Ha radiális háromszögeléshez is fényképezünk és 65—70% bázisirányú átfedéssel számolunk, a négyzet alakú terület kedvező esetben három, maxi-

málisan négy csatlakozó képre kerül. Ezekből már kiválasztható az az egy fénykép, melynek közepén fekszik a szelvény még akkor is, ha mérete a repülési irányban valamivel nagyobb, például 1600 m. Ennek megfelelően a szelvény célszerű keretmérete  $64 \times 50$  cm.

Ha ugyanezt sztereoműszerrel dolgozzuk fel, szelvényenként kettő, maximálisan három képpár szükséges. Ez esetben a bázisviszony mintegy  $1 : 2$ , ami a sztereoszkópi látással való pont azonosításánál kedvező.

A tervezésnél 220 km/óra gépsonaséget vettem alapul s  $1/200$  s megvilágítási időt. A fénykép nagyítása mintegy 4,2-szeres, ami a képtranszformátoron közvetlenül, a kétképes műszeren két lépcsőben állítható be. A műszerméretarány  $1 : 5000$  lesz, a kiértékelés pedig  $1 : 2500$ . A felvételi adatokból számítható legkisebb fényképezési magasság, mely a negatív szétválasztóképességével van összhangban 1550 m. A tervezett fényképezési magasság ennél nagyobb 1600 m.

A  $64 \times 50$  cm keretméretű szelvényalak a térképrajzolás szempontjából is kedvező. Emellett az  $1 : 10\,000$  méretarányú átnézeti térkép készítéséhez is alkalmas. Ez utóbbit az Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal elnökének 107/1957. (T. 6) ÁFTH számú utasítása rendelte el. A nagyméretarányú szelvény oldalméretének olyannak kell lennie, hogy az  $1 : 10\,000$  méretarányú átnézeti térkép minden irányában annak többszöröse legyen. Ennek megfelelő  $80 \times 50$  cm keretszelvény méret, mert ez  $1 : 10\,000$  méretarányban  $5 \times 1600 = 8000$  m és  $4 \times 1250 = 5000$  m nagyságú területet ölel fel. A két térkép lapméreteinek különbözősége folytán a szelvények összekeveredése könnyebben elkerülhető.

Hátrányként jelentkezik az új méretarányhoz nélkülözhetetlen új térképfelrakó és mérőfelszerelés beszerzése, illetve elkészítése. Ez valamennyi felméréssel foglalkozó szervnél szükséges. A felszerelés azonban fokozatosan szerezhető be, mert az új méretarányra való áttérés is csak fokozatosan történhetik. Meg kell továbbra is tartani az  $1 : 2880$  és  $1 : 2000$  térképezési méretarányokhoz szükséges mérő és rajzoló felszerelést.

Előnyként jelentkezik, hogy az  $1 : 2500$  méretarányú s  $64 \times 50$  cm keretméretű szelvényből kevesebb kell, mint a jelenlegi  $1 : 2000$  méretarányú és  $80 \times 60$  cm keretméretű szelvényből. Az első területe  $2 \text{ km}^2$ , az utóbbié  $1,92 \text{ km}^2$ .

Az ország területe kerekén  $93\,000 \text{ km}^2$ . Ebből mintegy 85 százalék még  $1 : 2880$  méretarányú  $2,88 \text{ km}^2$  területű szelvény és csak 15 százalék az, ami  $1 : 2000$  méretarányban  $1,92 \text{ km}^2$  területű szelvényen van feldolgozva. Ha ezt országos viszonylatban szelvényszámában akarjuk kifejezni, akkor

$$93\,000 \times 85/100 \sim 79\,000 \text{ km}^2 / 2,88 \text{ km}^2 \sim 27\,500$$

darab teljes szelvény és

$$93\,000 \times 15/100 \sim 14\,000 \text{ km}^2 / 1,92 \text{ km}^2 \sim 7300$$

darab teljes szelvény.



A szelvények azonban községenként készültek, ezért igen sok a csonka-szelvény. Jelenleg mintegy 61 000 szelvény van forgalomban [5], tehát 26 200 darabbal több, mintha telt szelvények volnának. Ez a többlet a szelvény-szükségletnek kereken 75 százaléka.

Ha 1 : 2500 méretarányban térképezünk és telt szelvényeket készítünk, akkor is lesznek csonkaszelvények, melyek az országhatár mellett fekszenek. Ha ennek mennyiségét az összes szelvény 10 százalékára becsüljük, akkor az 1 : 2500 méretarányú szelvények száma

$$93\,000/2 = 46\,500 + 10/100 \sim 51\,000 \text{ darab.}$$

Ez a jelenlegi mennyiségnél kereken 10 000 darabbal, mintegy 20 százalékkal kevesebb, ami tárolás és kezelés tekintetében jelent előnyt. Kevesebb a térképanyag, kevesebb a tároló berendezés és kisebb ezáltal a helyszükséglete. Ez bizonyos előnyt jelent az új méretarány bevezetésénél szükséges mérő-és rajzfelszerelés beszerzésével szemben.

Egy másik szempont, mely a méretarány és a szelvényalak kiválasztásánál figyelembe veendő a szocialista mezőgazdaság fejlődése.

Ha előre tekintünk s nem is a távoli, hanem a közeljövőbe, akkor a mezőgazdaságban a szocialista rendszer fejlődésével kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy az egyéni kisbirtokok száma mindjobban csökken s helyet ad a nagyobb területű termelőszövetkezeteknek. A termelőszövetkezetek 1959. márc. 31-i szántóterülete az ország egész szántóterületének 36,1 százaléka; az egész szocialista szektor szántóterülete pedig az összes szántóterület 50,3 százaléka [6]. A termelőszövetkezetek nagyobb kiterjedésüknél fogva pontosabb felmérést csak jogi területük határán, a rajtuk keresztülvonuló közterületeknél (például vasutaknál, utaknál, csatornáknál, természetes vizeknél stb.), belsőségeknél, ipartelepeknél s az értékes kisebb művelési ágaknál (például szőlő, kert, gyümölcsös) kívánnak. A terület többi részének felmérése előnyös feladata mind az egyképes, mind a sztereofotogrammetriának, mert nagyobb-részt művelési ágak tekinthető. Emellett felmerül a lehetősége — nagy összefüggő termelőszövetkezeti területek felmérésénél — a kisebb térképezési méretarányok is. Régebben is folytak 1 : 5760 méretarányban felmérések és a későbbi utasítás is lehetővé tette egyes esetekben az 1 : 4000 méretarányban való térképezést. A nagyarányú tagosítás, mely a termelőszövetkezetek megalakulásának természetes velejárója, a kisbirtokokat megszünteti és így kevesebb részlet esetén lehetővé válik a kisebb méretarányban, például 1 : 4000 való térképezés is. A már említett belsőségeket, ipartelepeket, s az összefüggő kisebb értékes területeket továbbra is 1 : 2000, illetve 1 : 1000 méretarányban célszerű térképezni.

Az elgondolás egyik előnye, hogy új felrakó és mérőberendezésre nincs szükség. Az 1 : 2000 méretarányú térképezés mérőeszközei könnyen használhatók 1 : 4000 méretarányban is. További előnye, hogy a fotogrammetria kiterjedtebb alkalmazását is lehetővé teszi, mert az 1 : 4000 méretarányú

térképezéshez csak a már említett területek, belsőségek, ipartelepek határának töréspontjait kell földi mérőeljárással helyzetileg és magasságilag meghatározni. A többi részlet térképezése a fotogrammetria feladata.

A bemért pontok közül a fényképezési tervnek megfelelően kiválasztott pontokat kell a fényképezés előtt megjelölni oly mennyiségben, hogy a képek, illetve képpárok biztonsággal legyenek feldolgozhatók.

A bemért és meg nem jelölt pontok műszeres feldolgozása mindig ellenőrzi a munka minőségét. A többi meg nem jelölt és be nem mért pont fotogrammetriai feldolgozásának középhibája — a külföldi tapasztalatok szerint — a már közöltek alapján a kép méretarányában  $\pm 0,03$  mm-nek vehető. Ezzel a pontossággal kaphatjuk tehát meg a művelési ágakat meghatározó töréspontok koordinátáit. Ha egyes pontok — mint például táblahatárok — töréseinek pontosabb helyzeti ismerete szükséges, akkor azokat is megjelöljük a fényképezés előtt, s a kétképes műszeren való kiértékelésnél számszerű koordinátáikat is meghatározhatjuk.

Nézzük már most az 1 : 4000 méretarányú térképezéshez szükséges szelvényt, figyelembe véve a fotogrammetria alkalmazásánál a legkedvezőbb térképalakot.

Az összeállításnál tekintetbe vesszük, hogy a belsőségek ipartelepek és egyéb összefüggő kisebb értékes területek felmérésénél megtartjuk az 1 : 2000 (1 : 1000) térképezési méretarányt. Ezeken a területeken a felmérés nagyrészt a klasszikus földi eljárásokkal történik. Sűrűn beépített területek nagyméretarányú felmérésénél a külföldi gyakorlatban is a klasszikus földi felmérés eljárásait alkalmazzák [7].

Fotogrammetriai szempontból — mint már említettük — a képek négyzetes alakjának megfelelően célszerűbb a négyzetes szelvényalak. Ettől kis mértékben eltérhetünk. Ha ugyanis a légifényképezés iránya például kelet — nyugati, akkor ebben az irányban valamivel hosszabb lehet a szelvény, mert 65—70 százalékos hosszirányú képátfedésnél kisebb biztonsági méret szükséges a repülési irányban, mint a repülőgép oldalága következtében az oldalcsatlakozásoknál.

Válasszuk a szelvény keretméretét  $62,5 \times 50$  cm-nek. Ennek 1 : 4000 méretarányban  $2500 \times 2000$  m felel meg. Az 1 : 4000 méretarányú szelvény négy darab 1 : 2000 méretarányú szelvény területét tartalmazhatja ugyanazon keretméretek mellett, vagyis négyszer  $1250 \times 1000$  m-t. Az 1 : 10 000 méretarányú átnézeti térkép is könnyen elkészíthető, mert  $3 \times 3$  darab 1 : 4000 méretarányú szelvényt —  $7500 \times 6000$  m-t ölel fel. Ennek keretmérete  $75 \times 60$  cm,

Az 1 : 4000 méretarányú síkraírt térképhez a fényképezési terv adatai a következők:

A rendelkezésre álló Wild-féle filmes mérőkamara  $23 \times 23/15,2$  cm,  
a fényképezés méretaránya  $1/M \sim 1/13\ 150$ ,  
fényképezési magasság  $h \sim 2000$  m,

a képen ábrázolt terület oldalmérete  $l_0 \sim 2030$  m, mindkét oldalon a biztonsági sáv szélessége mintegy 515 m.

A 65–70 százalékos hosszirányú átfedésnél a fényképsor két képének egymástól való távolsága — a képpár bázisa — mintegy 900 m. A 2500 m hosszú szelvény tehát három, kedvezőtlen esetben négy fényképre esik. Mindig kiválasztható az a fénykép, melynek közepére kerül a szelvény, vagyis teljesíthető az egyképes fotogrammetriánál az egy szelvény egy képből elve. Sztereoszkopikus feldolgozáshoz pedig a terület lefedéséhez két, illetve három képpár szükséges. A sztereoszkopikus kiértékelés pontosságára jellemző bázisviszony közel 1 : 2.

A belsősegek 1 : 2000 (1 : 1000) felmérését a klasszikus eljárásokkal végezzük. Felhasználhatunk ehhez valamilyen méretarányra például 1 : 4000 (1 : 2000)-re közelítően átalakított fényképeket, továbbá sztereoszkopikus képpárokat, melyekkel az azonosítást és a felmérési vázlat reális elkészítését könnyíthetjük meg.

A szükséges szelvényszám megállapításakor induljunk ki az ország területéből, melyet kerekén 93 000 km<sup>2</sup>-nek vettünk. Egy darab 1 : 4000 méretarányú szelvény területe  $2,5 \times 2 = 5$  km<sup>2</sup>

$93\,000 \text{ km}^2 / 5 \text{ km}^2 = 18\,600$  darab teljes, 1 : 4000 méretarányú szelvény, mely az országhatár mentén bizonyos százalékkal megnő.

A belsősegi területeket az ország területének mintegy 6 százalékára becsüljük. Ha hozzászámítjuk a szőlőket, gyümölcsösöskerteket, háztáji gazdaságokat, melyeket nagyobb méretarányban kell térképezni és tekintetbe vesszük, hogy ezeknél több csonkaszelvényrel kell számolnunk, nem tévedünk sokat, ha feltételezzük, hogy az ország területének mintegy 20 százalékát kell 1 : 2000 vagy nagyobb méretarányban térképezni. Az 1 : 2000 méretarányú szelvény területe  $1,25 \times 1,00 = 1,25$  km<sup>2</sup>.  $93\,000 \text{ km}^2 \times 20/100 = 18\,600 \text{ km}^2 / 1,25 \text{ km}^2 = 14\,880$  teljes, 1 : 2000 méretarányú szelvény. A kétféle szelvény összesen 33 480 darab, a ma forgalomban levő szelvény számának csaknem a fele. Előnye a kevesebb térképanyag kezelésében és tárolásában jelentkezik.

A térképezési méretarány kiválasztásánál az ország településének megoszlása is figyelembe veendő. Dunántúlon a település sűrűbb, több kisebb község van, melyek egymáshoz közelebb fekszenek, ipartelepekkel sűrűn beépített és a szőlős területek is nagyobb kiterjedésűek. Ezen a részen indokoltabb az 1 : 2000 méretarányú térképezés. Bár itt is vannak nagyobb mezőgazdaságilag művelt területek, mint a Kis-Alföld, Győr—Komáromtól délre fekvő terület, a Bakony—Vértesséki-hegység környéke, melyek 1 : 4000 méretarányú térképezésre alkalmasak. Ugyanilyen elbírálás alá esik nagyrésztben a Cserhát, Mátra, Bükk és az Alföld területe is. Emellett a további fejlődésnél a nagyobb méretarányra való áttérés lehetősége sincs kizárva, mert az 1 : 2000 (1 : 1000) méretarányú szelvények az 1 : 4000 méretarányúak helyébe könnyen beilleszthetők.

### Térképezés pontossága

A fotogrammetria eljárásának a különböző méretarányú és célú térképezésben való felhasználása az elérhető pontosság függvénye.

A fotogrammetriai eljárások pontossága több tényezőtől függ:

a) a felhasznált mérőképtől, melynek hibáit a negatív tartóanyaga (lemez vagy film), a fényérzékeny réteg tulajdonságai (szétválasztóképesség), a használt mérőkamara (objektív), a terep megvilágítása, a légköri viszonyok és az alkalmazott repülőgép tulajdonságai (sebesség) határozzák meg;

b) a fotogrammetriai feldolgozás módjától, ezt az alkalmazott mérő- és térképezőeljárások, a műszerek pontossága és megbízhatósága, a munkát végző fotogramméter személyi adottságai határozzák meg;

c) a fotogrammetriai munkákhoz rendelkezésre álló geodéziai alapanyagtól, annak sűrűségétől, megoszlásától és megbízhatóságától.

Mindezen hibaforrások mellett lényeges a pontossági vizsgálat módja. Földi méréseknél követett eljárás, ugyanazon mennyiségre végzett többszöri mérésekből levezetni annak legmegbízhatóbb értékét és az arra jellemző középhibát. Ugyanekkor kiszámítjuk az egyes mérések középhibáit is.

A térképezés céljának ismeretében megadhatjuk az egyes távolságok (kataszteri térképeknél) vagy egyes pontok helyzeti és magassági (topográfiai térképeknél) megengedett hibáit, s a mérési módokat; illetve az ismétlések számát az utasításokban oly módon szabályozzuk, hogy a cél által megengedett hibákat ne lépjük túl. A térképezés földi mérőeljárások adatai alapján indult meg. A hibahatárok és az ellenőrzés módja is ehhez igazodik.

A légi fotogrammetriában az előbbieken felsorolt tényezőktől függően a mérési módok mások. A cél azonban ugyanaz, szintén térképek készítése, melyeknek hibahatárait a földi mérések pontossága szabja meg. A fotogrammetriai munkák eredményét általában földi mérésekkel hasonlítjuk össze, illetve ellenőrizzük. Ez azonban csak akkor helyes, ha a földi mérési eljárások hibátlanok tekinthetők. Ez a körülmény nem áll fenn. Meg kell tehát elégednünk azzal, hogy az ellenőrzéshez csak olyan földi mérési módokat használunk, melyek pontossága a többszöri fotogrammetriai úton történő adatmeghatározás pontosságát felülmúlja. Ilyenek például a magasságok ellenőrzése hosszszelvény készítésével, szomszédos pontok távolságainak ellenőrzése közvetlen hossz-méréssel stb.

Az elérendő pontosságot — ha nem tekintünk a kutatásokra, az expedíciós feladatokra, a katonai problémákra — általában a felhasználás célja és a gazdaságosság határozzák meg. A térképek megbízhatóságát a fontosabb pontjainak pontosabb mérésekből számított helyzeti és magassági eltéréseiből, illetve a szintvonalakból levezetett középhibákkal szokás jellemezni. Előfordul ezenkívül az átlagos és a maximális hiba is. Ez utóbbit rendszerint az utasítások írják elő.

Eddigi fotogrammetriai munkáinknál háromféle feladattal kapcsolatban rendelkezünk megbízhatósági adatokkal:

1. légifényképek transzformálásával készített 1 : 10 000 méretarányú fototérképek megbízhatósági adataival;

2. a fényképpárokból előállított térmodellen sztereoszkópi mérések alapján készült 1 : 10 000 méretarányú térkép megbízhatósági adataival;

3. radiális háromszögelés grafikus végrehajtásával meghatározott pontok és fototérképek megbízhatósági adataival.

A vizsgálatot ki kell terjeszteni a térbeli légi háromszögelésnél és a nagyméretarányú térképezésnél elérhető pontosságra. E két utóbbinál egyelőre a külföldi irodalomban ismertetett eljárásokra és eredményekre vagyunk utalva.

Az 1. ponttal kapcsolatban a fototérképek megbízhatóságát befolyásoló tényezők: a kép és fototérkép méretarányviszonya, a képátalakítás alapjainak jósága, a terep magasságkülönbségei és a fototérkép összeállításának gondossága.

A nálunk követett eljárás és az elérhető pontosság ismertetése már több szaklapban megjelent. Anélkül, hogy teljes felsorolást nyújtanék, az erre vonatkozó irodalmat a [8], [9] és [10] alatt tüntettem fel.

Az irodalomban ismertetett adatok szerint az 1 : 10 000 méretarányú, több képből összeállított fototérkép teljes középhibája, több lapon végzett mérésből levezetve  $\mu_t = \pm 0,32$  mm. Az ellenőrzés a fényképen azonosított és bemért illesztőpontokon történt, melyek a képek széléhez közel, általában a csatlakozó képrészekben fekszenek.

Az újabb eljárásnál a fototérképre felrakott háromszögelési pontokon is végeznek ellenőrzést, mert azok helyzetét is bemérik a terepen a közelükben fekvő jól azonosítható fényképpontokból. Az ebből levezetett középhiba  $\mu_h = \pm 0,21$  mm, ami azt mutatja, hogy a képek belső pontossága nagyobb, mint a csatlakozó képrészekben, hol a középhiba az 1,5-szeres értéket is felveheti. A maximális hiba — tekintet nélkül a fényképi helyére — az utasítás szerint nem lépheti túl a 0,6 mm-t.

Különböző méretarányokban végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a nagyobb méretarányokban a középhiba milliméteres értéke valamivel nagyobb, például 1 : 4000 méretarányban mintegy 20 százalékkal több, mint 1 : 10 000 méretarányban. A középhiba értéke azonban csökken, ha a szelvény egy képből készül, mert ekkor a több kép összeállításából származó hibák kiesnek. A követett eljárásnál a várható középhibát az 1 : 4000 méretarányban a háromszögelési pontokra levezetett érték 20 százalékkal való megnövelésével kapjuk, vagyis  $\mu_t = \pm 0,26$  mm.

Az 1 : 4000 méretarányú térképezéshez tervezett fényképméretarány 1 : 13 150, ebben a méretarányban 0,03 mm-nek mintegy 40 cm felel meg. Ez a térképezés méretarányában 0,1 mm. Mint középhiba, az egyképes eljárás



jelenlegi módszerével ez nem érhető el. Pontosabb eredményre csak akkor számíthatunk, ha a fontosabb pontokat a fényképezés előtt megjelöljük s a többi töréspontnál, illetve vonalnál, melyek kisebb jelentőségűek, kisebb pontossággal is megelégszünk. A közölt középhibák jól egyeznek a külföldi irodalomban ismertetett adatokkal [2].

A 2. ponttal kapcsolatban a sztereoszkópi légifényképezés hibái több körülménytől függenek. Ezek közül lényeges a fényképezés módja, a terep jellege, az alkalmazott kiértékelő műszer minősége és a kiértékelő gyakorlata. Az 1 : 10 000 méretarányú térképezésnél a fényképek közel függőleges kamara-tengellyel, 60 százalékos bázisirányú képátfedéssel készülnek, a terep dombvidék és a kiértékelés az I., illetőleg a II. rendű térképező műszerekkel történik.

A tapasztalat szerint egy modellen belül a pontok szabálytalan hibája gyakorlatilag állandó érték. A modellek csatlakozásánál bizonyos ugrások (törések) tapasztalhatók, melyek főleg a külső tájékozás visszamaradó hibáinak tudhatók be. A ponthibákat főleg a modellelhajlások okozzák, melyek jelenlétével több-kevesebb mértékben mindig számolni kell. A modellelhajlás főleg magassági hibát okoz, a vízszintes helyzetet csak kismértékben befolyásolja.

A pontok helyzeti hibája lényegében a fénykép méretarányától függ, annak növekedésével csökken. A térképezés méretarányában általában  $\pm 0,2$  mm-nek vehető. A magassági hiba  $dh$  a következő képlettel számítható:

$$dh = \frac{h}{f} \frac{h}{b} dp,$$

hol  $h$  a fényképezési magasság,  $b$  a képpár bázisa,  $f$  a mérőkamara gyújtótávolsága és  $dp$  a parallaxismérés pontossága; a  $h/f$  a képméretarány és  $h/b$  a bázisviszony reciprokok értéke, ezek növelésével a magassági és helyzeti hiba egyaránt csökken.

A sztereoszkópi mérőeljárás és az elérhető pontosság ismertetése már több kiadványban megjelent. A teljes felsorolást mellőzve az erre vonatkozó magyar nyelvű irodalmat a [11], [12], [13], [14] alatt tüntettem fel. Az irodalomban ismertetett adatok szerint több 1 : 10 000 méretarányú lap középhibáinak átlaga:

$$\begin{aligned} \text{vízszintes középhiba } \mu_v &= \pm 1,69 \text{ m} \\ \text{magassági középhiba } \mu_m &= \pm 1,13 \text{ m.} \end{aligned}$$

A szintvonal magassági megbízhatóságára levezetett középhiba

$$\mu_{sz} = \pm (1,33 + 2,12 \operatorname{tg} a),$$

ahol  $a$  a terep lejtőszöge. Az adatok a külföldi irodalomban ismertetett értékeknél valamivel magasabbak [2], [12].

Újabban — 1959-ben — végzett vizsgálatok szerint a pontok helyzeti hibája általában nem lépi túl  $\pm 0,2$  mm méretaránybeli értékét. A magassági középhiba pedig 82 pontból levezetve  $\mu_m = \pm 1,16$  m. Ezek az értékek a régebbi vizsgálatokkal jól egyeznek. A fényképezéshez Wild RC5a jelű  $23 \times 23/15,2$  méretű filmes mérőkamarát alkalmaztak. A képméretarány  $1/17\ 500$  és a bázisviszony  $1/1,652$ . A képpárok abszolút tájékozását és a modelltorzulás ellenőrzését a terepen utólagosan bemért illesztőpontok alapján végezték.

A 3. ponttal kapcsolatban a grafikus radiális háromszögelés megbízhatóságát befolyásoló tényezők: a terep magasságkülönbségei, a képek hajlása és átfedése, a fénykép és a transzformálási méretarány viszonya, a végrehajtás gondossága.

A radiális háromszögelést sík területek fototérképeihez szükséges illesztőpontok meghatározásakor használják, így magasságkülönbségekkel nem kell számolni. Külön berendezés a kamaratengely függőlegességének biztosítására nincs, a libellával való függőlegessé tétel pedig csak  $2-3^\circ$ -ra megbízható. A fényképsoron belül a csatlakozó képek átfedése 70 százalék, mert a fényképezési terv úgy készül, hogy az  $1 : 10\ 000$  méretarányú Gauss—Krüger-szelvényt négy képpel fedik le, melyek mindegyike egy-egy,  $1 : 5000$  méretarányú Gauss—Krüger-szelvényt tartalmaz (egy  $1 : 5000$  méretarányú szelvény egy képből). Az  $1 : 10\ 000$  méretarányú fototérképhez a képek összeszerelése miatt a képtranszformálás méretaránya  $1 : 8000$ , a fényképek tervezett méretaránya  $1 : 15\ 000$ , így a grafikus radiális háromszögelés csak nagyítással oldható meg. A grafikus végrehajtás miatt nem célszerű másfélszeresnél nagyobb nagyítást alkalmazni, ezért a radiális háromszögelés kidolgozásának méretaránya  $1 : 10\ 000$ . Egy fényképsorral fedett terület hossza  $4-5$ ,  $1 : 5000$  méretarányú Gauss—Krüger-szelvény,  $9-12$  km.

A választott radiális pontok a képek középpontjai, vagy azok közelében fekvő jól azonosítható fényképpontok. A segédpontok a képek szélén fekszenek. Elrendezésük olyan, hogy minden pont a szomszédos képeken is feltalálható.

A megoldás pontosságának növelése céljából a sor első és utolsó képét a terepen bemért illesztőpontok alapján transzformálják. Ezzel az első és utolsó radiális pont helye a méretarányszabta határok között pontos, a másodikra és az utolsóelőttire menő irányokat pedig jó közelítéssel kapják. Az iránymérési oleátákkal, melyek a filmekről átvett irányokat tartalmazzák, a tervlapon ellenőrzéssel, elő- és oldalmetszéssel határozhatók meg a további radiális- és segédpontok. A kiegyenlítést is az iránymérési oleáták kismértékű eltolásával és elforgatásával lehet megoldani oly módon, hogy minden pontnál az előmetsző irányok a legjobb pontmetszést adják. A metszéspontoknak az oleátákról a tervlapra való átszúrásával kaphatók a képek transzformálásához szükséges illesztőpontok.

A grafikus radiális háromszögelés ellenőrzésére, a képeket a meghatározott illesztőpontok alapján a képtranszformátorba optimális helyzetbe

beállították, s az illesztőpontok kivetített képét az alaplapon megjelölve, mérték a grafikusán meghatározott helyüktől való eltéréseket. Ebből számították az illesztőpontok középhibáit és maximális hibáit. Hasonlóan jártak el a képeken levő háromszögelési pontoknál is.

Az 1 : 10 000 méretarányban kapott eredmények az illesztőpontoknál:  
 $\mu_K = \pm 0,29$  mm, a maximális hiba 0,55 mm. Az eredmény 41 szelvény átlagértéke 330 pontból levezetve. A háromszögelési pontoknál:

$\mu_K = \pm 0,27$  mm, a maximális hiba 0,77 mm, mely 36 szelvény átlaga, 371 pontból levezetve.

A térbeli légi háromszögelésre tapasztalataink nincsenek. A vele elérhető pontosság meghatározása az elméleti és gyakorlati kutatások egyik fontos kérdése. Számos ismertetés foglalkozik a feladattal, de az elérhető pontosságra nagyjából csak általános észrevételeket tartalmaznak. Ennek folytán a különböző térbeli légi háromszögelési eljárásoknál a kiegyenlítési módok, valamint a munkaszükséglet összehasonlítása eredményesen ma még nem lehetséges.

A kérdés fontosságára való tekintettel 1953-ban Párizsban megalakult a „Organisation Européenne d'Etudes Photogrammetriques Expérimentales (OEEPE)”, mely egyik főfeladatának tűzte ki a kérdéssel való foglalkozást.

Nálunk a térbeli légi háromszögelésnek az úgynevezett kisháromszögelési megoldása alkalmazható. Rövidebb távolságokra való. Háromszögelési pontok nélkül — melyre a népgazdaság fejlesztésének minden ágában szükség van — nem készülhetnek térképeink. Az eljárás azok sűrítésére, az illesztőpontok meghatározására mutatkozik célszerűnek.

A térbeli légi háromszögelés fényképsoroknál alkalmazott képkapcsolási eljárásan alapszik, melyet a feladattól megkívánt pontosság szerint multiplexszel (sorozatvetítő) vagy kétképes sztereo-kiértékelő műszerrel lehet elvégezni. Újabban sztereokomparátor mérések alapján, az analitikai eljárásokkal is folynak kísérletek. Nálunk végrehajtott kísérlet az irodalmi ismertetésben [15] van feltüntetve. Részletesen foglalkoznak a kérdéssel több gyakorlati esetre támaszkodva, az irodalmi ismertetésben feltüntetett egyéb munkák [16].

A térbeli légi háromszögelés kiegyenlítésekor mindinkább előtérbe nyomul a fényképsorokból álló tömbök kiegyenlítésének feladata. Evvel a kérdéssel is számosan foglalkoznak. Újabb külföldi irodalmi adatok szerint, a megoldás a számológépi és mechanikai eljárás kombinációja. A leírás szerint 8 fényképsorból álló tömbnél, melyek mindegyike 16 modellt tartalmazott, s a tömb szélén elosztva 8 illesztőponttal rendelkeztek, az elért vízszintes középhiba a képméretarányban 0,02—0,03 mm volt. Az illesztőpontokban való megtakarítás a fényképsorokkal történő kiegyenlítéshez viszonyítva 80 százalékot jelentett. A magassági kiegyenlítést erősen nagyított méretarányban mechanikailag végezték el. Ennek eredményére adatokat nem közölnek [17].

A Szovjetunióban folyó légi háromszögelési munkálatoknál a fénykép-sorokat szintén tömbökké foglalták össze.

A térbeli légi háromszögelésnek kisháromszögelési eljárását megfelelő kiegyenlítéssel nálunk is ki kell fejleszteni.

További kérdés a nagyméretarányú síkrajzi térképezésnél a fotogrammetriával elérhető pontosság. Magyarországon fotogrammetriával nagy (1 : 2000) méretarányban térképezés még nem történt, jelenleg folyik kísérlet, így tapasztalatokkal még nem rendelkezünk.

Nagyméretarányú síkrajzi térképezéssel kapcsolatos fotogrammetriai eljárásnak több magyar nyelvű ismertetése jelent meg. Ezek közül a [18] sorszám alatti tanulmány, számos külföldi szakmunka alapján tárgyalja a nagyméretarányú fotogrammetriai térképezés munkamenetét. Ezek közül összefoglaljuk a térképezés pontosságát befolyásoló tényezőket és feltüntetjük az elért eredményeket.

A nagyméretarányú síkrajzi térképezésben nagyon fontos a mérőkamara. Külföldi tapasztalatok szerint üvegnegatívok alkalmazásával nagyobb pontosságra számíthatunk, mint filmekkel. Célszerűbbek a normál- vagy kisnyílás-szögű mérőkamarák, mert a szükséges nagyobb képméretarányt a repülés szempontjából kedvezőbb, nagyobb magasságból kapjuk. Kevésbé érvényesül a képvándorlás hatása, a képek élesebbek. A sztereoszkópi szemlélésnél a kisebb részletek jobban felismerhetők. Legkedvezőbb a fényképezési magasság, ha a képméretarány nagy, ha a képvándorlás elhanyagolhatóan kicsiny és ha a fényképezés távolságán a légköri szórt fény fátyolképző hatása nem érvényesül. Ez a mi légköri viszonyaink mellett 1600—2000 m relatív magasságra érvényes.

Ezzel összefügg a repülőgép sebessége. Nagyméretarányú síkrajzi térképezés szempontjából fontos, hogy a fényképezés alatti sebesség minél kisebb legyen, lehetőleg 150 km/óra alatt maradjon, mert a negatívok szükséges 1/200 s megvilágítási ideje alatt a képvándorlás elhanyagolható és élesebb képet kapunk. A fátyol ellen megfelelő szűrő alkalmazásával védekezhetünk.

Ugyancsak fontos az emulzió szétválasztóképessége. Jó szétválasztóképességű negatívoknál 80—100 vonás esik egy milliméterre. A célnak megfelelő, jól kidolgozott negatívokkal érhetünk el pontos eredményeket. Ezen a téren nálunk még több tapasztalatra és a módszerek tökéletesítésére van szükség. A külföldi eredmények azt mutatták, hogy a  $18 \times 18$  cm, sőt a  $14 \times 14$  cm méretű határkövek és 10 cm-es környékük fehér festékkel (olaj, gipsz stb.) bekenve jól látszanak az 1 : 9000—1 : 7000 méretarányú képeken. Ez is egyik feltétele a pontos munkának, hogy a fontos és koordinátával meghatározandó pontokat a környezettől elütő, szórt fényt adó fehér színnel jelöljük meg. A környezet kontrasztját úgy növelhetjük, hogy az éles szélű fehér színű jelölés köré bőven szórunk fekete színű anyagot (festéket).

Fontos továbbá az alkalmazott kiértékelő műszer. Sikterepen kisebb pontosságot kívánó területeknél (helyesbítésnél) a képtranszformátor alkalmazható.

Pontosabb munkához a Zeiss C8, Wild A7 műszerekhez hasonlóak jöhetnek számításba, melyek a műszerkoordináták regisztrálására is alkalmasak. Ugyancsak használhatók erre a feladatra a sztereokomparátorok is, például a Wild vagy a Hilger és Watts-féle, melyek szintén összekapcsolhatók koordinátaregisztráló berendezéssel. Térképezési munkákhoz az első csoportba tartozók jobban megfelelnek, mert a mért pontok adatainak számszerű feljegyzése mellett egyben a térképrajzolást is elvégzik. Az országos koordináták számításához mindkét műszercsoportnál számítógépek szükségesek. Az elsőnél a programozás egyszerű transzformáció, a másodiknál — amellet, hogy a programozás bonyolultabb — külön szabatos koordinatograf szükséges, a mért pontok térképezéséhez.

Külföldön kataszteri térképezéssel kapcsolatban végzett újabb keletű fotogrammetriai munkák egy részét az irodalmi összeállítás [3], [7] és [19] sorszámában tüntettem fel. Az abban ismertetett néhány fontosabb körülményről szeretnék megemlékezni, melyeket a topográfiai térképek fotogrammetriai készítésénél is célszerű tekintetbe venni.

A légifényképeket a nagyméretarányú térképezésnél is tavasszal a lombosodás előtt kell készíteni, miután a szükséges pontokat előre megjelöltük. A kiértékelésnél nagy gonddal járjunk el. Kompenzációs lemezt kell használni, hogy az objektív maradék elrajzolási hibái is elhanyagolható kicsinyek legyenek. Nagyméretarányú síkrajzi térképezéshez előnyösebb az eredeti negatívok használata, mert a diapozitívek néha szegényebbek részletekben és a jelölt pontok élességükből veszíthetnek. A képpárok értékelésekor a legpontosabb eredményt a beállítható legnagyobb műszerméretarányval érhetjük el. A számszerűen meghatározandó pontokat kétszer kell beállítani. A műszermunka a mért pontoknak és vonalaknak csak geometriai helyét adja, ezek életet csak a minősítéssel nyernek. Fényképnagyításokkal tehát a terepet be kell járni, az egyes pontokat azokon értelemszerűen megjelölni s a területeket kataszteri szempontból minősíteni kell. Ugyancsak hozzátartozik a nagyméretarányú térképezéshez a fényképen meg nem jelölt, vagy valami okból nem látható pontok vagy vonalak, műtárgyak és épületek sarkainak stb. helyszíni bemérése, a fénykép megjelölt és látható pontjaiból. Jó eredményt a kataszteri munkát végző mérnök és a fotogramméter együttműködésétől várhatunk. Előnyös, ha a kétféle munkát ugyanaz a személy végzi. A még előfordulható egyéb szempontokat a helyszíni viszonyok szabják meg, melyeket saját maguknak kell kísérletekkel megállapítani s a fotogrammetriai felmérésnél ahhoz alkalmazkodni.

Ha a külföldi nagyméretarányú fotogrammetriai térképezés eredményeit vizsgáljuk, akkor a következőkről számolhatunk be.



Svájcban az Irchel melletti Berg község [7] légi fotogrammetriai térképezésénél a Wild RC7 jelű  $14 \times 14/17$  cm méretű sorozatos lemezes kamarát használták. A fényképezési magasság 1200 m, a képméretarány 1 : 7000 volt. A kővel állandósított határpontokat a fényképezés előtt megjelölték. Minden pontot földi eljárással is bemértek. Ezek közül választották ki a képpárok feldolgozásához szükséges illesztőpontokat. A többi pontot fotogrammetriával, kiegyenlítéssel is meghatározták, s ellenőrzésükre a földi mérésekből kapott koordinátákat használták fel. Az ellenőrzés egyrészt a térképről levett pontkoordinátákra vonatkozott, másrészt a regisztrált műszerkoordináták transzformált, kiegyenlített értékeire. Kétféle transzformációs eljárást alkalmaztak, ezek között az ellenőrzés lényeges eltérést nem mutatott. A műszeren a külső tájékozás befejezése után, az illesztőpontokat is térképezték, így azok hibái is megállapíthatók voltak.

a) Pontok helyzeti koordináta hibái:

- 26 illesztőpontnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 5,7$  cm, max. 15 cm (térképről);
- 26 illesztőpontnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 3,1$  cm, max. 7. cm (számításból);
- 506 határpontnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 7,0$  cm, max. 26 cm (térképről);
- 570 határpontnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 4,4$  cm, max. 13 cm (számításból);
- 6 épületesapnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 9,2$  cm, max. 14 cm (számításból).

Mint az összeállítás mutatja, a műszerkoordinátákból meghatározott pontok középhibái kisebbek, mint a térképről levett értékekből számítottak. Az épületben elhelyezett csapok középhibái kétszer akkora értéket mutatnak.

b) Szomszédos pontok távolsági hibái:

- 27 illesztőpontok között mért térképi távolságnál  $\mu_t = \pm 7,6$  cm, max. 13 cm;
- 26 illesztőpont térképről lemért koordinátáiból számított távolságnál  $\mu_t = \pm 6,9$  cm, max. 13 cm;
- 27 illesztőpont transzformált műszerkoordinátáiból számított távolságnál  $\mu_t = \pm 5$  cm, max. 11 cm;
- 565 határpontok közötti térképi távolságnál  $\mu_t = \pm 5,8$  cm, max. 20 cm;
- 528 határpont térképi koordinátáiból számított távolságnál  $\mu_t = \pm 5,4$  cm, max. 17 cm;
- 573 határpont transzformált koordinátáiból számított távolságnál  $\mu_t = \pm 4,3$  cm, max. 12 cm.

A csapok között mért távolságok középhibái általában itt is kétszeres értéket mutattak. A szomszédos pontok távolságának megbízhatósága fontosabb a

nagyméretarányú térképezésnél, mint a pontok abszolút helyzeti fekvése. Itt is pontosabb a transzformált műszerkoordinátákból való távolságmeghatározás. Ezt lehetne fotogrammetriai távolságmérésnek nevezni. A távolságok egy modellen belüli növekedésével a középhiba alig változik. A hibahatárt meghaladó eltérések rövidebb 0–20 m közötti távolságoknál fordultak elő. A fotogrammetriai térképezés belső pontosságát a szomszédos pontok távolsági hibái jellemzik.

c) Magassági középhibák:

26 illesztőpontnál  $\mu_m = \pm 10,2$  cm, max. 24 cm;

111 határpontnál  $\mu_m = \pm 13,5$  cm, max. 41 cm;

86 szomszédos pontból levezetve  $\mu_m = \pm 12,5$  cm, max. 43 cm.

A magasságmeghatározás pontossága kisebb, mint a helyzetmeghatározásé, a középhiba közel háromszoros. Ez a légi fotogrammetria lényegében rejlik. Műszaki előtervekhez szintvonalas topográfiai térképek állnak rendelkezésre. Ezek általában előbb készülnek el, mint a nagyméretarányú térképek. Ez utóbbiakon tehát — bár időben nem sokat jelent — felesleges szintvonalakat készíteni. Ott lenne csak indokolt, ahol a nagyméretarányú felmérés időben megelőzi az 1 : 10 000 méretarányú térképezést. Sokkal célravezetőbb minden technikai munkához jól használható lenne, ha az illesztőpontok magassági bemérésével egyidejűleg az állandó jellegű tereptárgyakban előre elhelyezett csapokra is végeznénk magasságmérést. Ez az 1 : 10 000 áttekintő térkép technikai felhasználását is nagyban elősegítené.

d) Szomszédos modelleken meghatározott közös pontok koordináta hibái:

72 pontnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 3,4$  cm, max. 15 cm;

25 pontnál a magassági középhiba  $\mu_m = \pm 21,8$  cm, max. 46 cm.

Nagyméretarányú térképezésnél rendkívül fontos a modellek egymásközötti viszonya, ez az egy modellen mért értékkel szemben nem mutat eltérést;

e) Az autográfokon két egymástól független beállítással meghatározott pont beállítási középhibája:

908 pontnál a helyzeti középhiba  $\mu_y = \mu_x = \pm 1,9$  cm, max. 15 cm.

25 pontnál a magassági középhiba  $\mu_m = \pm 6,9$  cm, max. 35 cm.

Ez a készüléken elérhető észlelési pontosságra és az észlelő sztereoszkópi látóképességére jellemző.

A vázolt módszerrel készült térkép megfelelt az előírásnak. Az állandósított pontok számszerű koordinátáinak ismeretében minden további munka — mint például elveszett határpontok pótlása, folyamatos nyilvántartás stb. —

jól elvégezhető, mert a fotogrammetriai munkák belső pontossága ezt lehetővé teszi.

Egy másik külföldi tanulmány, melyet a [19] sorszám alatt tüntettem fel, lényegileg egyező számadatokat és megállapításokat tartalmaz. Ebben a tanulmányban a pontossági vizsgálatra jellemző felvételi és kiértékelési adatok a következők.

A felvételek filmre készültek, Gevaert Aviophot és Perutz Pervola filmekre, melyek 17/10 és 18/10 DIN érzékenyséűek. A fényképezéshez 18×18/21 cm méretű Zeiss filmes kamarát használtak 1800—2140 m relatív fényképezési magasságból, a felvételek méretaránya átlagban 1 : 10 000 volt. A kiértékelés a C8 sztereoplanigráffal történt, az eredeti filmnegatívokról, a pontok műszerkoordinátáinak regisztrálásával, 1 : 2000 méretarányban.

A regisztrált pontok Helmert-transzformálás utáni koordinátahibái:

a földi mérésekkel meghatározott illesztőpontoknál: 2096 illesztőpontnál  $\mu_y = \pm 8,6$  cm,  $\mu_x = \pm 7,3$  cm;

fotogrammetriailag meghatározott illesztőpontoknál: 1454 illesztőpontnál  $\mu_y = \pm 10,6$  cm,  $\mu_x = \pm 9,8$  cm.

A kettő között lényeges különbség nincs, valamennyi pontot a fényképezés előtt megjelölték.

A modellszéleken jobb csatlakozás céljából több pontot kétszer, sőt többször is meghatároztak. A meghatározott középértékek középhibái:

1282 pontnál  $\mu_y = \pm 8,4$  cm,  $\mu_x = \pm 7,7$  cm.

A nagyméretarányú térképezésnél a folyamatos nyilvántartáshoz való használhatóság szempontjából a szomszédos pontok távolságának középhibáit is meghatározták; megállapítható, hogy a távolság növekedésével a középhiba csak igen kismértékben nő;

1486 esetben, 0—20 m közötti távolságnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 6,2$  cm,

249 esetben, 100 m feletti távolságnál  $\mu_y = \mu_x = \pm 8,1$  cm.

Ha a koordináta-középhibát a fénykép méretarányában fejezzük ki, akkor azt kapjuk, hogy átlagban az üvegnegatívoknál  $\pm 0,005$ — $0,006$  mm-t és a filmeknél  $\pm 0,008$  mm-t tesz ki.

A közölt adatok 1955—1958. években végzett munkák összefoglalásai.

Mint érdekesség megállapítható, hogy a filmek alkalmazásával elért eredmények — tekintetbe véve a méretaránykülönbségeket — mintegy 25 százalékkal kedvezőtlenebbek, mint az üvegnegatívoknál.

### Gazdaságossági kérdések

A fotogrammetriai térképezés gazdaságossága sok, részben gyorsan változó és bizonytalan tényezőnek függvénye. Különösen áll ez a légifényképezésre. Az összeállításban csak azokra a fontosabb tényezőkre térek ki, melyek

a térkép folyamatos előállítását szolgálják. Legfontosabb tényező a térkép célja, mely nálunk egyrészt a műszaki feladatokhoz szükséges 1 : 10 000 méretarányú topográfiai térkép előállítása, másrészt a mezőgazdasági és birtoklási viszonyokat feltüntető célszerű méretarányú síkrajzi (földmérési és kataszteri) térkép készítése.

Az irodalomból [2] ismerünk egyszerű képleteket, melyekkel a fotogrammetriai térképezés óráteljesítménye közelítő pontossággal meghatározható. Pontos fototérképek készítésénél az óráteljesítmény

$$t_e = \frac{M_t}{5000} \text{ km}^2,$$

hol  $M_t$  a transzformálás méretarány száma. A képlet csak a képtranszformátoron végzett munka (beállítás, fényképezés) és a fototérkép összeállítási idejét tartalmazza, az illesztőpontok beméréséhez, az előkészítéshez, a műszaki sokszorosításhoz és topográfiai feldolgozáshoz szükséges idő nélkül.

Ennek alapján például 1 : 8000 (nálunk használt) transzformálási méretarányban, napi 16 óra (két műszak) mellett

$$t_e = \frac{8000}{5000} = 1,6 \text{ km}^2 \cdot 16 \text{ óra} \sim 25,6 \text{ km}^2.$$

Egy hónapban 25 munkanappal számolva, mintegy 640 km<sup>2</sup>. Kereken 29 darab 1 : 10 000 méretarányú G. K. (Gauss—Krüger)-szelvény. Ez az érték  $\pm 25$  százalékkal is változhat a fényképezés jósága, a terep domborzata, a személyzet gyakorlottsága s elsősorban a transzformálási alap megbízhatósága szerint. Nálunk két műszakban havonta 40 darab 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvény is készült. Ha a fototérkép csak áttekintő célokat szolgál — például egyszerű nagyításoknál — akkor az óráteljesítmény az 5 ... 10-szeres értéket is elérheti. Nagyobb méretarányban a teljesítmény kisebb, 30 százalékos csökkenés is lehetséges.

Sztereoműszereknél a szerzett tapasztalatok alapján, síkrajzzal és a méretarányuk megfelelő szintvonaltervvel számolva, a  $\pm(20-30)$  százalékra megbízható óráteljesítményt kifejező képlet

$$t_k = \frac{M_t}{100000} \text{ km}^2.$$

Ez magában foglalja a teljes tájékozás, síkrajz és szintvonalterv elkészítési idejét, az illesztőpontmérés és topográfiai helyszínelés ideje nélkül. Az ingadozásokat a tapasztalat szerint, a terep tagolt vagy tagolatlan volta, a síkrajz sűrűsége, a személyzet gyakorlottsága, a képanyag és az illesztési alap jósága

befolyásolja. Például 1 : 10 000 térképezési méretarányánál, a képlet szerinti teljesítmény

$$t_k = \frac{10000}{100\ 000} = 0,1 \text{ km}^2, \text{ napi } 16 \text{ órában (2 műszak) } 1,6 \text{ km}^2. \text{ Egy év}$$

(12 hó  $\times$  25 nap) 300 nap alatt 480 km<sup>2</sup>. Nálunk elért teljesítmény 1 év alatt 500 km<sup>2</sup> volt.

A légi fotogrammetriai térképezésnél nálunk a következő költségtényezőkkal számolhatunk.

A légifényképezés. Miután ezt a MALÉV végzi, az órabérben a gép fenntartásának összes költsége bennfoglaltatik. A mérőkamarát és légifényképezést a HMTI adja, kölcsönösség alapján, külön díjazás nélkül.

A kép- és térképméretarány. Ez jelenleg a topográfiai munkánál az 1 : 10 000 méretarányú térképpel és az 1 : 15 000—17 500 méretarányú fényképpel, a tervezett síkrajzi térképeknél pedig az 1 : 4000 méretarányú térképpel s a mintegy 1 : 13 000 méretarányú fényképpel adott. A térképezéshez tervezett mérőkamra a Wild RC5, a 23  $\times$  23/15,2 nagynyílásszögű toldattal.

A repülőgép teljesítőképessége, melyet 220 km/óra sebességgel veszünk figyelembe. A fényképezendő terület nagysága és távolsága a repülőtértől. Ez a gép üzemi idejéből számítható. Az ország közepén fekvő üzemi repülőtérenél a munkahely fölé- és visszarepülést átlagban — a megadott gépsebesség mellett — másfél órának vehetjük. Fennmarad az összes 4,5 óra üzemi időből 3 óra, a hasznos munkára. A fényképezésnél ennek felét számítjuk a fordulókra, a kifutásokra a sorok elején és végén, marad tehát a fényképezendő területre másfél óra alatt megtett út. Ez az adott gépsebesség mellett 330 km.

Az 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényt két sorban fényképezik, így a 330 km fele adja a fényképezett szelvényterület hosszát, ami 165 km. Egy darab 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényt 4,8 km-rel számolva, ez kereken 34 darab szelvényt jelent — több sorban is — mellyel egy sikeres felszállás esetén számolhatunk. Az összes üzemi idő költsége osztva a kapott szelvény számmal, adja az egy szelvényre eső repülési költséget, ami mintegy 400 Ft. A gyakorlatban ennek kettőszeresével, 800 Ft-tal számolunk.

Az 1 : 4000 méretarányú térképezéshez minden fénykép keresztirányban fedi a tervezett szelvényt. Egy szelvény hossza 2,5 km, tehát 330 km/2,5 km = = 132 darab a szelvények száma, sikeres repülés esetén. Egy szelvényre eső repülési költség:

4,5 óra  $\cdot$  3000 Ft/132 szelvény  $\sim$  100 Ft. A gyakorlatban ennek is kettőszeresével, azaz 200 Ft-tal számolhatunk. A kétszeres szorzóval azért dolgozunk, mert a kapott értékek megbízhatóságát lényegesen befolyásolja az időjárás, a fényképezendő terület tényleges fekvése és a repülő fényképezés megszervezése. Így könnyen belátható, hogy légi fotogrammetriával gazdaságosan térképezni csak nagy összefüggő területnél lehetséges.



A kiértékelés költsége is több tényezőből tevődik össze. Ilyenek: a fényképeszeti anyagok (film, diapozitív, fényképpapír, vegyszer stb.), rajzszerék, műszeramortizáció; a térkép célja, méretaránya (topográfiai térkép vagy kataszteri térkép) és az ezzel összefüggő tartalmi és pontossági követelmények; a terep domborzati viszonyai, tagoltsága; a geodéziai előkészítés terjedelme, az illesztőpontok helyszíni bemérése és a légi háromszögelés alkalmazása; a topográfiai és síkrajzi térképezésnél a kiegészítő munkálatok.

A fotogrammetriai térképezés alig vitatható előnye minden más eljárással szemben az előállítás gyorsasága (a fotogrammetria termékei már sok esetben közvetlenül felhasználhatók), a részletekben való gazdagsága, és feltétlen tárgyilagos volta. Ezek mellett előnye a munka szétbonthatósága és az egész mérési idő jobb kihasználása (megrövidítése, a műszer télen is tud kiértékelni). Az alkalmazása még akkor is indokolt, ha az további előnyökkel nem járna.

A gazdaságossági vizsgálathoz az ÁFTH normafüzetének adatai szolgáltatják a támpontot. A költségösszeállításnál feltételeztem, hogy a felsőbb és IV. rendű háromszögelés adatai rendelkezésre állanak oly mértékben, hogy egy 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvény területére 4–5 IV. rendű, illetve felsőrendű háromszögelési pont esik. Az összeállítás csak a részletmérés költségeit tartalmazza, a kartográfiai kirajzolás és sokszorosítás nélkül.

A) Az ország területe 93 000 km<sup>2</sup>. Ennek mintegy 55 százaléka a fotogrammetriai értelemben vett síkvidék. Jellemzője az enyhe lejtő, szórványos fafedezet, közepes sűrűségű síkrajz. Megfelel a „Geodéziai iránynormák” c. kiadvány III. nehézségi osztályba sorozott területének. Az ország mintegy 51 000 km<sup>2</sup> területéről készíthető eszerint topográfiai térkép fototérkép alapján.

Az iránynormák normál ha-ra vonatkoznak. A III. nehézségi osztályban 1 ha = 0,75 normál ha-ral. Egy szelvény 22,5 km<sup>2</sup> = 1687 normál ha. A síkvidék területe hozzávetőlegesen 2290 darab 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvény.

B) Az ország területének mintegy 25 százalékan alkalmazható a sztereofotogrammetriai eljárás. Dombos, vagy erősen dombos terep, hegyvidék, szál-erdővel és közepes sűrűségű síkrajzzal, melynek a „Geodéziai iránynormák” szerint általában a VII. nehézségi osztály felel meg. Az ország mintegy 23 000 km<sup>2</sup> területéről készíthetünk eszerint topográfiai térképet sztereofotogrammetriával.

A VII. nehézségi osztályban 1 ha területre 2,5 normál ha, 1 szelvény 22,5 km<sup>2</sup> = 5625 normál ha. Ez a terület mintegy 1040 darab 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvény.

C) Az ország területének körülbelül 20 százaléka egyik fotogrammetriai eljárásnak sem ideális területe. Hullámos, buckás, vagy nyugodt domborzatú dombvidék, szórványos fásítással, közepes sűrűségű síkrajzzal, melynek a „Geodéziai iránynormák” szerint általában az V. nehézségi osztály felel meg. Az ország mintegy 19 000 km<sup>2</sup> területének felmérése a földi felmérés és a légi

fotogrammetriai eljárások (fototérkép, vagy a szeteromúszeren készült síkra- és sztereoszkópi- kusan mért magassági pontok) együttes alkalmazásával oldandó meg.

Az V. nehézségi osztályban  $1 \text{ ha} = 1,3 \text{ normál ha}$ ,  $1 \text{ szelvény} 22,5 \text{ km}^2 = 2925 \text{ normál ha}$ . Ez a terület mintegy 820 darab  $1 : 10\,000$  méretarányú G. K.-szelvény.

#### Aa) Síkvidék térképezése földi eljárással

1. Szelvényenkénti vízszintes alappont szükséglet másfél  $\text{km}^2$ -ként egy darab, összesen 15 darab V. rendű háromszögelési pont. Ehhez számítható szelvényenként még 5 darab már ismert felsőbb vagy IV. rendű pont, melyekből az új pontok meghatározása történik.

Szelvényenként tehát 20 darab V. rendű ponttal számolhatunk, melyeknek a II. nehézségi osztályban számlázási ára 430 Ft.

Egy szelvény alappontsűrítés költsége ...	8 600 Ft
Országos viszonylatban 2290 szelvényen	19 700 000 Ft

2. Az Alföld és a Felvidék beépítettsége mintegy 6, a Dunántúlé 12 százalék, országos átlagban 8 százalék. Így a síkvidék mintegy  $4100 \text{ km}^2$ , körülbelül 182 darab  $1 : 10\,000$  méretarányú G. K.-szelvényt ölel fel.

A topográfiai felmérésnél beépített terepen a IV. nehézségi osztályban, és ha-ként 4–5 ház esetén a számlázási ár ha-ként 107,10 Ft

Egy szelvény (2250 ha) ára .....	240 970 Ft
Országos viszonylatban 182 szelvényen	43 457 000 Ft

3. A fennmaradó  $46\,900 \text{ km}^2$ , 2108 darab  $1 : 10\,000$  méretarányú G. K.-szelvény a III. nehézségi osztályba sorolandó, ha-ként 27,9 Ft számlázási árral.

Egy szelvény (1687 normál ha) ára...	47 067 Ft
Országos viszonylatban 2108 szelvényen	99 217 000 Ft

Hazánk sík területének  $1 : 10\,000$  méretarányú felmérése, földi eljárással, 2290 szelvényen a következő összegbe kerül.

Alappontsűrítés 2290 szelvényen ...	19 700 000 Ft
Topográfiai felmérés:	
beépített területen, 182 szelvényen ..	43 457 000 Ft
egyéb, III. n. o. területen, 2108 szel-	
vényen.....	99 217 000 Ft

Összesen:..... 162 374 000 Ft

## Ab) Síkvidék felmérése fototérkép alapján

1. A szelvényenként szükséges alappontok száma másképpen alakul, mert az illesztőpontok meghatározásánál felhasználják a radiális háromszögelést is. Ennek folytán a földi eljárásnál említett felső és IV. rendű pontok száma három szelvényen mintegy 9 darab. A bemért illesztőpontcsoport száma három szelvényen 12 csoport, melyeket célszerű lenne — pontcsoportonként egyet — a térkép műszaki felhasználhatósága szempontjából V. rendű pontként kezelni (bemérés pontossága és állandósítás). Így három szelvényen 21 darab V. rendű ponttal számolunk.

Szelvényenként 7 db, á 430 Ft számlázási árnál..... 3 010 Ft

3 db 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvény, 12 db 1 : 5000 méretarányú G. K.-szelvényt tartalmaz, melynek radiális háromszögelésnél darabonkénti számlázási ára 650 Ft. Egy db 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényre esik:  $12 \times 650 / 3 = 2600$  Ft.

Egy-egy szelvény alappontsűrítésének költsége ..... 5 610 Ft  
Országos viszonylatban 2290 szelvényen 12 847 000 Ft

2. 1 db 1 : 10 000 méretarányú szerelt fototérkép számlázási ára 2300 Ft.  
Országos viszonylatban, 2290 szelvényen 5 267 000 Ft

3. A topográfiai felmérés számlázási ára normál ha-ként a már felsorolt feltételek mellett 37,8 Ft.

Egy szelvény (2250 ha) ára ..... 85 000 Ft  
Országos viszonylatban 182 szelvényen 15 470 000 Ft

4. A fennmaradó szelvények számlázási ára normál ha-ként a már felsorolt feltételek mellett: 22,00 Ft.

Egy szelvény (1687) normál ha ára.. 37 100 Ft  
Országos viszonylatban 2108 szelvényen 78 236 000 Ft

5. A légifényképezés ára 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényenként 800 Ft.

2290 szelvényen ..... 1 832 000 Ft

Hazánk síkterülete 1 : 10 000 méretarányban felmérve, fototérkép alapján, 2290 szelvényen a következő összegbe kerül. A 2. oszlop megtakarítás % -ban:



Hazánk hegyes területének térképezése 1 : 10 000 méretarányban, 1040 darab szelvényen, földi eljárással a következő összeget tünteti fel.

Alappontsűrítés 1040 szelvényen . . . . .	14 880 000 Ft
Topográfiai felmérés:	
beépített területen 83 szelvényen . . . . .	27 732 000 Ft
egyéb VII. n. o. területen 957 szelvényen	150 189 000 Ft
Összesen:	192 801 000 Ft

**Bb) Erősen dombos, hegyvidék térképezése sztereofotogrammetriával**

1. A szelvényenként szükséges alappontok számát a sztereokiértékelő műszerrel feldolgozandó képpárok száma határozza meg. A tervezett fényképezés mellett, két sorban 3—3 képpár fedí be a szelvényt. A bemérendő vízszintes illesztőpontok száma 10, melyeket célszerű volna a térkép műszaki használhatósága szempontjából V. rendű háromszögelési pontként kezelni (bemérés pontossága és állandósítása). A meghatározásukhoz számíthatunk még szelvényenként 5 darab, már meglévő felső, illetve IV. rendű háromszögelési pontot. Így az összes vízszintesen meghatározott számlázható pontok száma 15 darab a III. nehézségi osztályban 530 Ft, számlázási áron. Összesen 7950 Ft.

A szükséges magassági illesztőpontok száma 18 darab. Célszerű lenne egy részüket szintén állandó módon megjelölni. Meghatározásukhoz szükséges vonalhossz mintegy 40 km. Számlázási ára km-ként 740 Ft. Összesen 29 600 Ft.

Szelvényenként 10 háromszögelési és 18 magassági pont számlázási ára . . . . .	37 500 Ft
Országos viszonylatban 1040 szelvényen	39 122 000 Ft
2. Sztereofotogrammetriai térképezés egy ha ára	12 Ft
Szelvényenkénti (2250 ha) ár . . . . .	27 000 Ft
Országos viszonylatban 1040 szelvényen	28 080 000 Ft

3. Topográfiai felmérés beépített dombos területen, a már felsorolt feltételek mellett, ha-ként 37,8 Ft számlázási árral.

Szelvényenkénti (2250 ha) ár . . . . .	85 000 Ft
Országos viszonylatban 83 szelvényen	7 059 000 Ft

4. Topográfiai felmérés dombos, hegyes terepen, a már felsorolt feltételek mellett, egy normál ha számlázási ára 5,46 Ft.

Szelvényenkénti (5625 normál ha) ár . . . . .	31 000 Ft
Országos viszonylatban 957 szelvényen	29 382 000 Ft



5. Légifényképezés ára 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényenként 800 Ft.

1040 szelvényen ..... 832 000 Ft

Hazánk erősen dombos, hegyes vidékének sztereofotogrammetriai térképezése 1 : 10 000 méretarányban, 1040 szelvényen a következő összeget tünteti fel.

		Megtakarítás %
Alappontsűrítés 1040 szelvényen ....	39 122 000 Ft	62
Sztereofotogrammetriai térképezés		
1040 szelvényen .....	28 080 000 Ft	—
Topográfiai felmérés:		
beépített területen, 83 szelvényen .....	7 059 000 Ft	74,2
egyéb VII. n. o. területen 957 szelvényen	29 382 000 Ft	80,0
Légifényképezés 1040 szelvényen .....	832 000 Ft	—
Összesen:	104 475 000 Ft	
Földi felméréssel .....	192 801 000 Ft	
Sztereofotogrammetriával .....	104 475 000 Ft	
Megtakarítás:	88 326 000 Ft	

azaz dombos, hegyes vidéken 45,8%, amellett a felmérés munkája jobban megosztható és ezáltal a munka időtartama is rövidebb.

A feltüntetett megtakarítások csak átlagértékek, melyek változhatnak a terep tényleges kialakulása szerint. Ezekre a normafüzetek bő felvilágosítással szolgálnak. Ugyancsak nem vettem tekintetbe a normafüzetekben beállott változásokat, melyek kisebb természetűek, nagyrészt egyértelműek és mindenütt nem állottak rendelkezésemre. Az ingadozások az átlagmegállapítás megbízhatóságán belül esnek.

A C) csoportba tartozó terület, mely hullámos, buckás vagy nyugodt domborzatú dombvidék — mint említettem — mintegy 19 000 km<sup>2</sup>, mely 820 darab 1 : 10 000 méretarányú G. K.-szelvényre esik. Feldolgozása a földi eljárások és a légi fotogrammetria együttes alkalmazásával oldandó meg. A megoldás módja nálunk még nem került kivitelre, így a normafüzet adatokat arra vonatkozólag nem tartalmaz. A vizsgálatokhoz csak az eddig feltüntetett eljárások szolgáltathatnak alapot, ha tekintetbe vesszük a hullámos vagy nyugodt domborzatú területre tervezett eljárásokat.

1. Az alappontsűrítés módja azonos a sztereofotogrammetriai eljárásnál ismertetett móddal, azzal a különbséggel, hogy a munkák a terep jellegének megfelelően általában a V. n. osztályba sorolhatók, mert a mérési körülmények kedvezőbbek. Akár fototérképpel készüljön a síkraajz, akár sztereoműszeren,

a magassági pontok nem nélkülözhetők. Így az ott feltüntetett alappontsűrítés költsége a nehézségi osztály leszállítása arányában csökken.

2. A sztereofotogrammetriai magasságmérés a kisebb magasságkülönbségek folytán csak egyes pontok magasságának a meghatározására szorítkozhatik. Színtvonalterv készítése általában kerülendő. A sztereoszkópi pontonkénti magasságméréshez megkövetelt gondosság folytán a fotogrammetriai munka ideje — mely vagy fototérképes síkrajzot, vagy sztereokiértékelő műszerrel való síkrajzi ábrázolást is magában foglal — azonosnak vehető a sztereofotogrammetriai munka idejével és ezáltal költségével is.

3—4. A topográfiai feldolgozás helyszíni munkája a domborzatábrázolás miatt több, mintegy másfélszeresére tehető a sztereofotogrammetriai eljárásnál feltüntetett helyszíni munka idejének és költségének.

5. A légifényképezés költsége változatlan. Ezek alapján a hullámos, buckás vagy nyugodt domborzatú terep fotogrammetriával és nagyobb mérvű földi eljárással való felmérésénél a tisztán földi eljárással szemben költségmegtakarítás mintegy 15—20 százalékra tehető.

A nagyméretarányú térképek gazdaságossági vizsgálatához a hazai felmérések még kevés támpontot nyújtanak. Az eddigi ilyen természetű munkák a jelenlegi kataszteri térképek helyesbítését szolgálják, melyhez mint segédlet készül a közelítő méretarányra felnagyított fénykép. Alkalmazása, ha a terület sík, vagy enyhe hullámvidék, a művelési ágak meghatározásában ma is gazdasági előnyt jelent. Ugyanezen szempontból dombvidéken a fénykép csak kisebb darabokban dolgozható fel. A feldolgozáshoz vagy a térképen és fényképen azonosított, vagy a meglevő térképpontokból bemért fényképpontokat használják, mint illesztőpontokat. Minden esetben a fénykép tárgyilagoss voltánál fogva hű segítőtársa a felmérésben dolgozóknak. Használata ezen a téren azonban még nem általános s csak a régebbi, nagy részben grafikus úton készült térképek helyesbítését szolgálja. Nagyméretarányú térképezéshez a kezdő lépéseket megtették, de azokból még gyakorlati eredményeket levonni nem lehet.

Két út vezet a várható gazdasági eredmények megismeréséhez. Egyik a topográfiai térképek készítésénél kapott adatok megvizsgálása, a térképezés nagyobb méretarányának, a térképtől megkívánt pontosságnak s ezzel a követendő eljárásnak tekintetbevételével. Másik a külföldön hasonló célból készült fotogrammetriai térképezések tanulmányozása s a mi viszonyainkhoz való alkalmazása.

Mindkét esetben közös kiindulási alap a nagyobb méretarányú légifénykép, melynél fontos az alkalmazott repülőgép sebességének s a mérőkamara gyújtótávolságának összefüggése, hogy a képvándorlás hatása kiküszöbölhető legyen. Csak éles képek esetén várhatunk a fotogrammetriai eljárásoknál pontos mérési eredményt. Közös tényező továbbá a jól mérhető pontjelölések alkalmazása, hogy azoknak a vonaloknak töréspontjait, melyeket pontosabban

ismerni akarunk, fényképezés előtt megjelöljük. A pontkoordináták rögzítéséhez, — mint a pontossági vizsgálatnál láttuk — előnyös a műszeren koordináta-regisztráló berendezés alkalmazása, mert ezzel nagyobb pontosság érhető el, mint a grafikusán készült térképről lement adatokkal (koordináták, távolságok).

A térképen való rögzítés csak ott indokolt, ahol a terület birtoklás szempontjából homogénnek tekinthető s a tulajdon és térképfelhasználás szempontjából fontos pontok (közterületek, táblák fontosabb határpontjai) koordinátáit földi eljárással meghatároztuk. Ez az eset áll fenn a termelőszövetkezeti területeknél s ott indokolt az 1:4000 térképezési méretarány alkalmazása is. Síkvidéken fototérképeket kell készíteni, több birtoktestet magában foglaló területeknél, továbbá domb- és hegyvidéken a sztereofotogrammetriai eljárással kell térképezni.

Ugyancsak közös vonása a két úton való vizsgálatnak, hogy a fotogrammetriai eljárással csak külsőségekről kívánunk síkra rajtot készíteni. Belsőségek térképezésénél a nagyobb 1:2000 méretarányt s a földi mérőeljárást javaslom alkalmazni a sztereohatást nyújtó fényképpárok bevonásával, hogy ennek szélesebbkörű használhatósága — különösen városmérés szempontjából — is megvizsgálható legyen [20].

A repüléssel kapcsolatos költségeket már említettem. Ez 1:4000 méretarányban szelvényenként ( $2 \cdot 2,5 = 5 \text{ km}^2$ ) 200 Ft. Az alappontsűrítés költsége mind az egyképes, mind a sztereofeldolgozásnál viszonylag nagyobb lesz, mert a szükséges pontokat előre meg kell jelölni. A fotogrammetriai feldolgozásnál a költség csökken, mert a fototérképek készítésénél a tervezet szerint egy szelvény egy képből előállítható, a sztereofotogrammetriai eljárásnál pedig elmarad a szintvonalak, illetve a magassági pontok mérése. A helyszíni munka módosul, mert a kataszteri térképezés munkarészei lényegesen mások és több, mint a topográfiai térképezésé. A térkép megrajzolásához a fotogrammetriai kidolgozásnál kimaradt méreteket a helyszínen meg kell mérni. Ez a mérőmunka azonban más kataszteri munkarésszel egyidőben elvégezhető.

A költségek összehasonlítása két szempontból történhetik, egyrészt csak a mérőmunkával kapcsolatban, másrészt az összes munkára vonatkozóan. Hazai viszonylatban ehhez megfelelő adatok nem állnak rendelkezésünkre, de a [3], [7] és [19] alatt feltüntetett irodalmi felsorolásban részletesebb ismertetést is találunk. Nem célszerű a nálunk kialakult földi eljárást külföldi fotogrammetriai eljárással összehasonlítani, inkább a kétféle külföldi eljárás eredményeit közzé tenni.

A [19] sorszám alatti tanulmányban a szerző összefoglalja Németországban 1955-től a légi fotogrammetriának a tagosításban való alkalmazásánál elért eredményeket. Áttekintést nyújt a munka szervezéséről, a pontosságról, költségekről és az időszükségletről.

A munkaeljárás a németországi tagosításhoz igazodik. Az elért pontossági eredményekről már a megfelelő helyen beszámoltam. A gazdaságossági eredményeket a következőkben foglalom össze.

Az összeállítás az elért százalékos megtakarítást mutatja a földi eljáráshoz képest. A megtakarítás csak a mérési munkákra vonatkozik.

	Költség- megtakarítás	Idő- megtakarítás
Hollandiában:		
Beltrum.....	47%	55%
Németországban:		
Bergen .....	40%	45%
Alladorf és Stadtlaurigen ....	42,5%	44,5%

A munkához számítóberendezéseket nem használtak s az illesztőpontok sűrítése földi eljárással történt.

Egyéb területek (mintegy 550 km <sup>2</sup> ) .....	55%	72%
---------------------------------------------------------	-----	-----

Ezen területnél a földi eljárásnál nem használtak számítógépet, a fotogrammetriai eljárásnál igen. Az illesztőpontok sűrítése fotogrammetriai eljárással történt.

Az összes időmegtakarítás több irodalmi adat szerint 12%, 16%, 17,5% és 20%.

A [3] alatti tanulmányban a szerző a fotogrammetriai eljárás alkalmazásával a megtakarítást a kataszteri felmérésben síkvidéken általában 20%-kal, hegyvidéken 50%-ig terjedően adja meg.

Az eredmények tehát azt mutatják, hogy a fotogrammetria a felmérés és térképezés majdnem minden ágában — kivéve a nagy pontosságú és minden igényt kielégítő városméréseket — gazdaságosan használható.

Ez utóbbinál döntő tényező, hogy a felméréstől hosszú időre szóló és minden igényt kielégítő eredményeket akarunk-e kapni, vagy a város életének sürgősként mutatkozó feladatait (például városfejlesztés, összefüggő nagyobb területeknél városrendezés) kell-e megoldani [20]. Az első a klasszikus földi, a második a fotogrammetria eljárásait igényli, mert az átépítendő (lebontható) városrészt kár volna a nagyobb költséget és több időt igénylő földi eljárással térképezni.

### Következtetések

A tanulmány eredményeit s az azokból levonható következtetéseket az alábbiakban foglalom össze.

Ma a légi fotogrammetria fejlődése a negatívon való mérés pontosságának függvénye. A Szovjetunióban megtett tanulmányút tapasztalatai és a külföldi

irodalommal való foglalkozás arra a megállapításra vezet, hogy ma már rendelkezünk filmekben is olyan negatívanyaggal, melyeken pontosabban lehet mérni. Tökéletesítenünk kell tehát nálunk is a légifényképezés negatívjainak kidolgozását, hogy elérjük a megkívánt pontosságot.

A negatívok kidolgozásának fejlődésével — a térképezési eljárásoknál — meg van a lehetősége a gazdaságos fejlesztésnek is, a pontosság megtartása mellett. Az egyképes fotogrammetriában megvalósíthatjuk az 1 : 10 000 méretarányban is az „egy szelvény egy képből” elvet. A sztereofotogrammetriában pedig egy 1 : 10 000 G. K.-szelvény 2-3 képpárból dolgozható fel. Természetes folyománya az illesztőpontok számában beálló változás, melyet a radiális és a légi háromszögelés kifejlesztésével kell még tovább csökkenteni. Az illesztőpontmeghatározás költsége — különösen a sztereofotogrammetriánál — mint a gazdaságossági vizsgálat mutatta, nagy. Ugyancsak szükséges, a nagyobb méretarányban való felhasználás miatt, a légi háromszögelések numerikus eljárásainak — ha rövidebb távolságokra is — a kifejlesztése.

Javasolom a vízszintes és magassági illesztőpontokat az V. rendű háromszögelési pontok előírásai szerint meghatározni és állandósítani, hogy a népgazdaság bármely ágában felhasználhatók legyenek. Ezzel a tervezett 1 : 10 000 méretarányú átnézeti térkép műszaki használhatóságát is növelnénk. A tanulmány gazdaságossági vizsgálatában ezek költségét már az V. rendű h. p.-nak megfelelően állítottam be.

Megoldandó feladat a hullámos és nyugodt domborzatú dombos vidék 1 : 10 000 méretarányú térképezése, erre részben a fototérkép, részben a sztereokiértékelés eljárása alkalmas, a fényképpontok sztereoszkópi úton való magasságmeghatározásával. Általában sztereoszkóppal rajzolt szintvonalak mellőzendők. A helyszíni munkánál kell a szintvonaltervet elkészíteni, magasságmérésekkel kiegészítve.

Feladatunk a nagyméretarányú térképek elkészítése is. Ebből a célból javasolom a belsőégeket a külsőégektől különválasztani. Nagyobb településeknél, városoknál úgyis ez a gyakorlat. A belsőégek felmérését a klasszikus mérőeljárásokkal kell végrehajtani 1 : 2000 (1 : 1000) méretarányban, bevonva a munkába a sztereoszkópi hatású képpárokat, s megkezdeni a vizsgálatokat a fotogrammetriai eljárásoknak a városmérés területén való alkalmazásához. A külsőégek felmérése fotogrammetriával történhetik, mégpedig a javasolt 1 : 4000 térképezési méretarányban. A pontossági vizsgálat szerint — filmek alkalmazásakor előrejelölt pontoknál — a koordinátahibákból levezethető ponthiba a film méretarányában  $\pm(0,011-0,012)$  mm. Ez a tervezett 1 : 13 150 fénykép méretarányban  $\pm(14-16)$  cm középphibának felel meg, mely összhangban van a külföldi irodalomban közölt adatokkal.

A felmérést olyan területeken kell megkezdeni, ahol ehhez a feltételek már fennállanak. Ahol tehát a termelőszövetkezeti gazdálkodás már kialakult



és a nagyobb méretarányban még nem térképezett területeknél. Az Alföld termelőszövetkezeti területei alkalmasak az egyképes fotogrammetriai eljárásra 1 : 4000 méretarányban, ha a közterületek és a táblák fontosabb pontjait földi eljárással bemérjük és a fényképezés előtt megjelöljük. Dombos és hegyes vidéken a szükséges pontok megjelölése után pedig a sztereokiértékelő eljárást kell alkalmazni. Mindenütt azonban a térképezendő pontokat a légifényképezéshez való megjelölés előtt, kövel kell állandósítani, bármilyen eljárást alkalmazunk is, hogy későbbi munkákhoz is felhasználhatók legyenek.

Az eredmények feldolgozásához az egyképes eljárásnál a fototérképről le kell mérni a be nem mért, de szükséges pontok koordinátáit. A sztereocéltékelés eredményeként kapott műszerkoordinátákat pedig át kell számítani az országos rendszerbe. Kellő kísérletek és kialakult eljárás után ehhez az utóbbi munkához már nem nélkülözhetők a számítógépek.

A különböző eljárásokhoz szükséges műszerek már jórészt megvannak. A koordinátamérésekhez és regisztrálásokhoz a Wild A7, A8 és a Zeiss C8 vagy ezekhez hasonló műszerek a legmegfelelőbbek. Koordinátaregisztrálás nélkül, de nagyobb méretarányú térképek készítéséhez a Szovjetunióban gyártott SzPR2 és a Zeiss C5 vagy hasonlóak jól használhatók. Az egyképes eljáráshoz az SEGI és SEGV s egyéb hasonló képtranszformátorok alkalmazhatók. Kialakulóban vannak a hullámos és nyugodt domborzatú dombos vidék térképezésének műszerei is. Az első ezen a téren a Szovjetunióban gyártott SzTD2 sztereométer. A hegyvidéki fototérképek előállításához a Szovjetunióban készítik a réses képtranszformátort. Nem lenne teljes az összeállításunk, ha nem emlékeznénk meg a Szovjetunióban gyártott stabilizátorokról és rádiomagasságmérőkről, melyek hivatottak a felvétel körülményeit megjavítani, illetve rögzíteni. A mérőkamara külső adatainak egyszerű meghatározásához nyújtanak támpontot, s ezzel a fényképek gyorsabb és pontosabb kiértékelését teszik lehetővé.

A tanulmányban összeállított vizsgálatok azt mutatják, hogy a fotogrammetria — kellő szervezés mellett — a felmérés igen sok ágában mind minőségileg, mind gazdaságilag eredményesen alkalmazható. A szervezés kérdései, a fotogrammetriai üzem elhelyezését, teljesítőképes utánpótlás nevelését, kísérletek megtervezését és elvégzését és ezek alapján a cél szerint kialakítható munkaeljárásokat a hozzávaló műszerekkel, foglalják magukban.

A térképezés klasszikus földi eljárásai a gépesítésre és az automatizálásra kevésbé alkalmasak. Erre inkább a fotogrammetria való s ezzel nagy fejlődési lehetőséget rejt magában.

A műszaki élet hatalmas fellendülése, a kutatások és beruházások térképet igényelnek. Sokszor a pontosság rovására a kitűzött időpont a döntő tényező. A vizsgálatok szerint a fotogrammetria mérőeljárásai ebben a tekintetben is kedvezőek, mert sok esetben a fotogrammetria részeredményei is jól használhatóak.

A fotogrammetria is — mint minden más tudomány — állandóan fejlődik s ha a térképet nem végecélnek, hanem eszköznek tekintjük, akkor a szükségletekhez igazodva vagy a gazdaságosság növekedését, vagy a pontosság fokozódását — esetleg mindkettőt — várhatjuk a fejlődésétől.

## IRODALOM

1. ILJIN-TYIHOMIROV F.: Az FTScs-I réses képtranszformátor. Geodézia és Kartográfia, Budapest, 1959. 2. szám.
2. SCHWIDEFSKY K.: Grundriss der Photogrammetrie. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1954.
3. HÄRRY, H.: Grundsätzliches zur Katasterphotogrammetrie. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Berlin—Wilmersdorf, 1959. Nr. 1.
4. FINKOVSKY V. JA.: Poszobie po rabote na topograficeszskom sztereometre SzTD-2-Geodezizdat, 1956.
5. HOMORÓDI, L.: Földmérési térképeink méretaránya és az ezzel kapcsolatos kérdések. Tanulmány. Budapest, 1959.
6. A Központi Statisztikai Hivatal jelentése a népgazdaság fejlődéséről ... 1959. első felében. Népszabadság XVII. évfolyam, 162. szám.
7. FISCHER W.: Die Anwendung der Photogrammetrie in der Instruktionszone II. der schweizerischen Grundbuchvermessung. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, Winterthur, 1959. Nr. 1.
8. HANKÓ G.: A transzformált fototérkép megbízhatósága. Térképészeti Közlöny I. kötet, 1—2 füzet Budapest, 1930.
9. HANKÓ, G. Fényképtérképek készítése képátalakító készülékkel. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1945.
10. BENE A.: Új eljárás 1 : 5 000 méretarányú fototérképeink készítéséhez. Geodézia és Kartográfia, Budapest, 1958. 2. szám.
11. Honv. Térképészeti Intézet: Fényképmérés kézikönyve, a „Térképészeti Közlöny” 11. sz. különfüzete, Budapest, 1940.
12. HANKÓ G.: A fotogrammetria és alkalmazása. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1942.
13. KÁROSSY I.: A fényképmérés néhány problémája hazai viszonylatban. Geodézia és Kartográfia, Budapest 1956. 1. szám.
14. HANKÓ G.: Magyarország 1 : 5 000 és 1 : 10 000 méretarányú topográfiai térképezése fotogrammetriai módszerrel. Geodézia és Kartográfia, Budapest, 1956. 2. 3. szám.
15. KOÓS T. és NÉMETH F.: Fényképpillesztőpontok meghatározása légi-sokszögeléssel. Geodézia és Kartográfia, Budapest, 1958. 2. szám.
16. NOVATZKY F.: Bildtriangulation zur Bestimmung von Passpunkten. Mitt. des Reichsamtes f. Landesaufn. 16 (1940). Die schnelle Herstellung der deutschen Grundkarte 1 : 5 000. Ebenda, 1942. Bildtriangulation in festpunktarmen Gebieten Photogrammetria 1942.
17. JERIE H. G.: Blockausgleichung mit Hilfe von Analogrecheneinrichtungen. I. T. C. Delft. 1959.
18. DR. RECŐCZI E.: Kataszteri felmérésünk és a fotogrammetria. Geodézia és Kartográfia, Budapest, 1958. 1. szám.
19. SCHMIDT-FALKENBERG H.: Photogrammetrie in der Flurbereinigung. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten Berlin—Wilmersdorf, 1959. Nr. 2.
20. HÄRRY H.: Die Vermessungstechnischen Bedürfnisse der Städte. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Berlin—Wilmersdorf, 1959. Nr. 2.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány az állami alaptérképek és a különböző nagyméretarányú térképek fotogrammetriával való elkészítésével foglalkozik.

Az előzményekben röviden összefoglalja a felszabadulást megelőző idő fotogrammetriai térképezését, mely általában közepes méretarányban folyt, s igen hasznos előtanulmánya volt a mai követelményekkel meghatározott térképezésnek.

Az első fejezet a fotogrammetria eljárásait foglalja össze — kombinált eljárás, egyes pontok meghatározását szolgáló szerkesztő és számító eljárások, differenciális eljárás és a modelleljárás — s rámutat azok alkalmazási területére.

A továbbiakban a nagyméretarányok kérdésével foglalkozik, s a mezőgazdaság szocialista fejlődésével kapcsolatban megállapítja, hogy külsőségekben az 1 : 4000, belsőségekben pedig 1 : 2000 és 1 : 1000 méretarányú térképezés a megfelelő.

A következő fejezetben a fotogrammetriai eljárásokkal elérhető pontosságot tárgyalja. A topográfiai térképezésnél a rendelkezésre álló hazai adatok alapján adja meg a térképek pontossági adatait; nagyméretarányoknál külföldi irodalomban ismertetett adatokat közül (svájci és németországi kísérletekből). A fotogrammetriával elérhető eredmények ma már kielégítik a térképek méretaránya által megkívánt pontosságot.

A gazdaságossági kérdéseknél is különválasztja a topográfiai és nagyméretarányú fotogrammetriai térképezések vizsgálatát; az elsőt a hazai adatok alapján, a másodikat a külföldi tapasztalatok figyelembevételével ismerteti. Földi térképezési eljáráshoz viszonyítva a megtakarítás 20—50% között mozog.

Az utolsó részben a tanulmányból levonható következtetéseket foglalja össze.

# A KERETTARTÓK\*

(VIERENDEEL-TARTÓK)

Dr. I. A. EL-DEMIRDASH

EGYETEMI TANÁR, KAIRÓ

[Beérkezett 1960. február 9-én]

Az 1a. ábrán vázolt Vierendeel-, vagy kerettartók tetszőleges  $n$  számú egymáshoz sorakozó zárt keretből áll és ennek folytán belsőleg  $3n$ -szeresen sztatikailag határozatlan. A két övnek rendszerint azonos hajlítómerevsége van, vagyis  $\frac{J_0}{s_0} = \frac{J_n}{s_n}$ , s ezenkívül gyakran párhuzamosak is egymással (1/b. ábra). Az egész rendszer merevségét tulajdonképpen a csomópontok merevsége határozza meg.

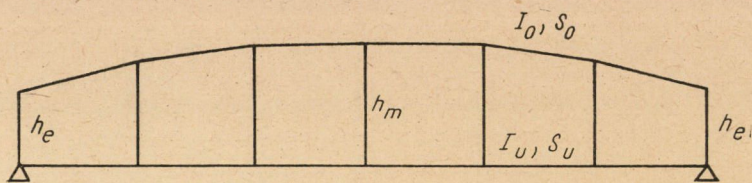
## I. A belső erők és nyomatékok számítása

### a) *A virtuális munka módszere*

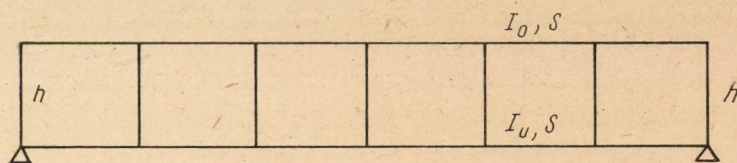
Abból a célból, hogy a kerettartó pontos számítását a rugalmasságtan alapján elvégezhessük, általánosságban a virtuális munka tételét használjuk. Törzstartóként az 1/c ábrán vázolt egyszerű kéttámaszú tartót használjuk. Ebből a célból egyik öv rúdjaait átvágjuk és a belső erőket és nyomatékokat a szétvágott végeken mint sztatikailag határozatlan mennyiségeket vezetjük be. Ezeket minden esetre a  $\frac{ds}{EJ}$  rugalmas súlyok súlypontjaiban kell minden keretnél működtetni. A  $3n$  számú rugalmassági egyenletben az ismeretlen metszési erők szorzótényezői olyan alakváltozások, melyek a nyomatékoktól, a normál- és nyíróerőktől függenek. Ha azonban a normál- és nyíróerők okozta alakváltozástól eltekintünk, úgy ezen tényezők számítása lényegesen egyszerűbbé válik, továbbá mindkét öv csomópontjainak függőleges lehajlásai egyenlők lesznek. Ha azonkívül az öveknek ugyanaz a hajlítási merevsége is van, akkor a megfelelő helyeken a felső és alsó övben egyenlő hajlítónyomatékok is keletkeznek.

\* A Magyar Tudományos Akadémián 1959. okt. 1-én tartott német nyelvű előadás szövege.

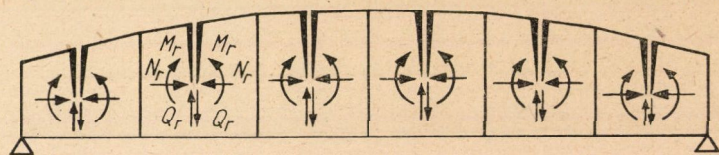
A törzstartó rendszert úgy is megkaphatjuk, ha a függőleges rudak középpontjaiba csuklókat iktatunk be (2/a ábra). Ha ehhez most minden keretben a 2/b ábra szerinti 3 terhelési esetet vesszük fel, — amelyek virtuális erőpárok megfelelő csoportjaiból tevődnek össze, úgy mindegyik terhelési eset csak az illető keretoszlopot fogja igénybevenni. Ezzel a rugalmassági



a) Változó magasságú kerettartó



b) Párhuzamos övű kerettartó



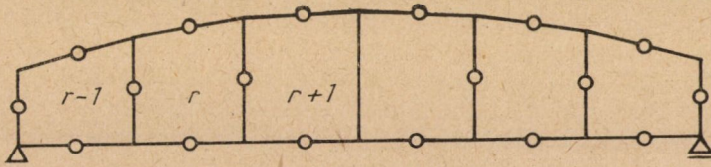
c) Statikailag határozottá alakított törzstartó

1. ábra

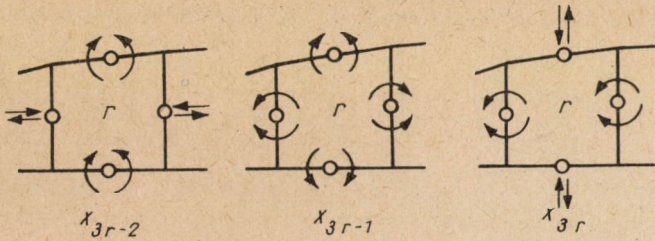
a) Változó magasságú kerettartó; b) Párhuzamos övű kerettartó; c) Statikailag határozottá alakított törzstartó

egyenletek együtthatóinak meghatározása egyszerűbbé válik. Az övek azonos hajlítómerevsége esetén azonkívül a  $3n$  számú rugalmassági egyenlet két külön csoportra osztható fel. Az első csoportban  $n$  számú egyenlet lesz, ugyancsak  $n$  számú  $X_{3r-2}$  ismeretlen értékkel, míg a második csoportban  $2n$  számú egyenlet lesz  $X_{3r-1}$  és  $X_{3r}$  ismeretlenekkel. Ha pedig a normálerők befolyására nem vagyunk tekintettel, úgy csak az első egyenletrendszert kell megtartanunk  $n$  számú ismeretlennel.





a) Csuklós törzstartó



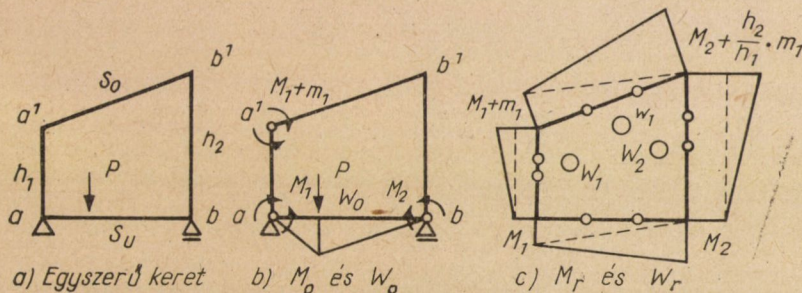
b) Az r-ik keretben felvett virtuális terhelések

2. ábra

a) Csuklós törzstartó; b) Az r-ik keretben felvett vertikális terhelések

b) A rugalmas súlyok módszere

A kerettartókat rugalmas súlyok módszerével is ki lehet számítani. Ha a normál- és nyírőerők hatását elhanyagoljuk, úgy az  $\frac{M \cdot ds}{EJ}$  rugalmas súlyok minden merev sarokpontú zárt keretben egyensúlyban lesznek. A keret síkjára merőlegesen működőknek kell őket felvenni. A 3. ábra egy egyszerű keretet mutat  $M_0$  és  $M_r$  nyomatéki ábra területekkel, ahol  $M_0 + M_r = M$ . Minden rúd részére meg van adva a hozzátartozó rugalmas súly értéke. Ezek az épít-



3. ábra. Egyszerű keret





mény méreteitől függnnek és végül is három eredőből ( $W_1$ ,  $W_2$  és  $w_1$ ) tehetők össze. Ezáltal a keretet három rugalmas póluson megtámasztott lemeznek gondolhatjuk, amely a  $W_0$  rugalmas súly hatásának van kitéve. Ugyanez az alapelv hasonlóképpen a Vierendeel-tartóra is érvényes. Mindamelllett meg kell jegyeznünk, hogy itt minden egyes keretet a két szomszédos keret hatása is befolyásolja. Emiatt a közös oszlopok részéről átadott nyomatékok és a hozzájuk tartozó rugalmas súlyok figyelembe veendőek.

Ha azonban a keret övének ugyanaz a hajlító merevsége van, úgy csomóponti terhelés esetén azonos nyomatékokat kapnak (4/a ábra). Ha már most a Vierendeel-tartót a 4/b ábrán mutatott törzstartó rendszerre vezetjük vissza, úgy mindkét övnek az  $M_0$  nyomatékai szintén azonos értékűek lesznek. Mindazonáltal a zárt keretmezők alakváltozására figyelemmel, ezeknek az övnyomatékoknak ellentett előjelűk lesz és ezzel rugalmas erőpárokat fognak alkotni (4/b ábra). Ugyanez vonatkozik az övek és a függőleges oszlopok  $M_r$  nyomatékaira is (4/c ábra). Mivel azonban minden  $s - s$  metszetben egyensúlynak kell uralkodnia, az  $M_s$  övnyomatékok a  $h_s$  tartómagassággal közvetlenül arányosak kell legyenek. Ennek folytán minden keretben csak egyetlen határozatlan övnyomaték marad meg. A rugalmas erőpárok egyensúlyi feltételei alkotják a feladathoz a rugalmassági egyenleteket. Az első és utolsó egyenlet kivételével, amelyekben csak két ismeretlen van, minden más egyenletben három ismeretlen mennyiség van. Az egyenletrendszer megoldása akár algebrailag, akár sorozatos iterációval mezőről mezőre történhetik.

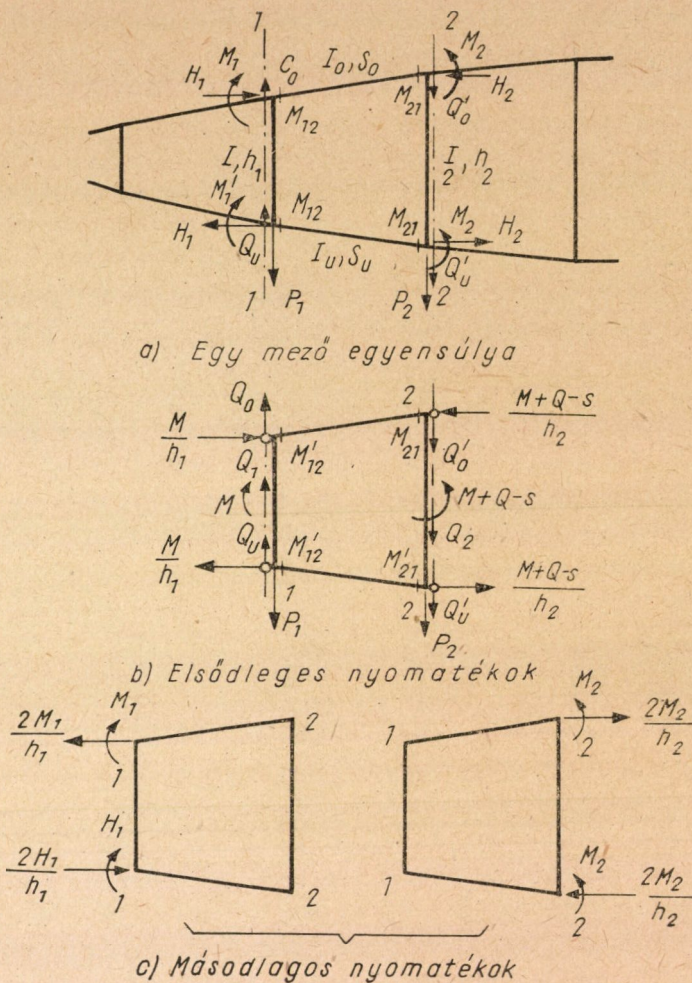
### c) *A mezőnkénti felbontással történő eljárás*

Ha a normális és nyíróerők hatását már egyszer elhanyagoltuk, úgy nem fizetődik ki többé, hogy egyenletrendszerekkel dolgozzunk. Ebben az esetben közelítő eljárásokat — mint pl. a mezőnkénti felbontással történő eljárás, vagy a nyomatékok kiegyenlítésének módszere — használhatunk. Ha egyetlen mező egyensúlyát vizsgáljuk (5/a ábra), úgy a rudak végein ható nyomatékokat a négy csatlakozó sarokponton keletkező erőkből és nyomatékokból számíthatjuk. Erre a célra aránylag könnyen lehet olyan megfelelő alakváltozási szorzótényezőket levezetni, melyeket minden mezőnél fel tudunk használni.

Azokat a közelítő értékeket, amelyek az illető keretnek a szomszédos mezőkhöz való csuklós csatlakozásainak felelnek meg (5/b ábra), elsődleges nyomatékoknak fogjuk nevezni. Ezzel szemben azokat az oszlopvég nyomatékokat, amelyeket a csatlakozó nyomatékok ébresztenek (5/c ábra) másodlagos nyomatékoknak nevezzük. Ezeket a szomszédos mező elsődleges nyomatékai-ból közelítőleg meg lehet határozni, ezért úgy tekinthetjük azokat, mint az illető mező elsődleges nyomatékainak a javításait. Ezután a számítási menetet folytatjuk és olyan sokszor ismétljük, amíg az eredmény sor konvergálni fog.



Ha azonban egységnek olyan zárt keretet veszünk, melynek konzolosan túlnyomó fél mezői is vannak (6/a ábra), úgy a szükséges alakváltozási tényezők valamivel komplikáltabbak lesznek. Ezzel szemben azonban a számítás

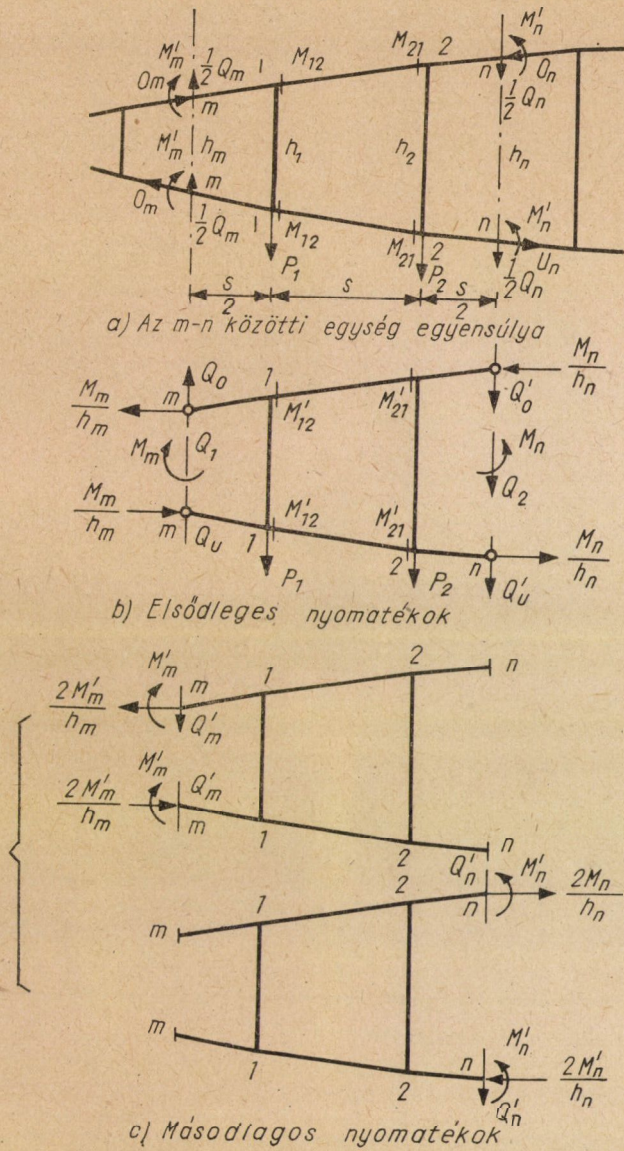


5. ábra

a) Egy mező egyensúlya; b) Elsődleges nyomatékok; c) Másodlagos nyomatékok

menete gyorsan konvergálni fog. Itt már az elsődleges nyomatékok legelső megközelítése (6/b ábra) használható értékeket fog adni. A 6/c ábrán feltüntetett másodlagos javítások már viszonylag csekélyek. Mivel a csomópontjain terhelt Vierendeel-tartó rúdvégein keletkező nyomatékok általában nagyobbak, mint a rudak középpontjain keletkező hajlítónyomatékok, világossá válik, hogy a szokásos mezőnkénti eljárásnak a javasolt megváltoztatása miatt





6. ábra

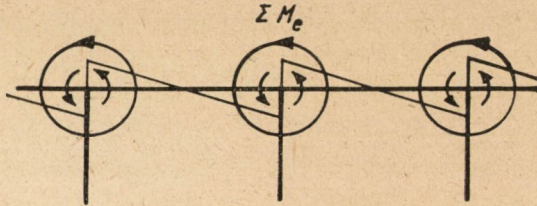
a) Az  $m - n$  közötti egység egyensúlya; b) Elsődleges nyomatékok; c) Másodlagos nyomatékok



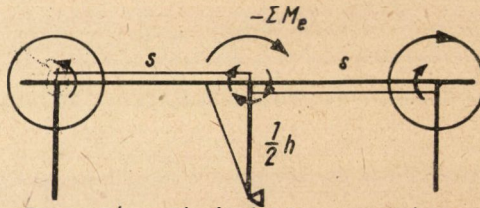
fog gyorsabban célhoz vezetni. A 6/b ábrán látható elsődleges nyomatékokat adó csuklós kapcsolatok felvétele a Vierendeel-tartó valóságos viselkedésének jobban megfelel, mint az 5/b ábra alatti felvétel.

d) *A nyomatékok kiegyenlítésének módszere*

Ha a Vierendeel-tartót a nyomatékok kiegyenlítésének módszerével akarjuk számítani, úgy minden egyes csomópontot elfordulással szemben



a) *Befogási nyomatékok*



b) *Egyensúlyozó és átvitt nyomatékok*

7. ábra

a) Befogási nyomatékok; b) Az átvitt nyomatékok kiegyenlítése

teljesen merevnek, viszont eltolhatóknak kell felvennünk. Ezek szerint egyenlő merevségű párhuzamos övek esetén az övrudakban ugyanolyan végnyomatékok keletkeznek, mint a csuklós rendszerénél (7/a ábra). Ezzel szemben azonban az álló oszlopokban nem keletkeznek nyomatékok. Ebben a képzelt virtuális állapotban minden egyes csomópont befogottnak van feltételezve.

Ha egy csomópontot elengedünk, úgy a csatlakozó rudakon mutatkozó  $M_0$  befogási nyomatékot ki kell egyenlíteni. A kiegyenlítő nyomaték  $-\Sigma M_0$  meg fog oszlanı a két befogott övrúd és a másik végén szabadon felfekvő fél oszlop között. Egyidejűleg azonban az övrudak befogott végein ellenkező értelmű nyomatékok keletkeznek (7/b ábra), viszont a fél oszlop szabad végén nem fog nyomaték keletkezni. Az átvitt nyomatékokat ki kell ezután még egyenlíteni. A számítás menetét addig ismételjük, amíg a kapott eredmények konvergálni fognak.

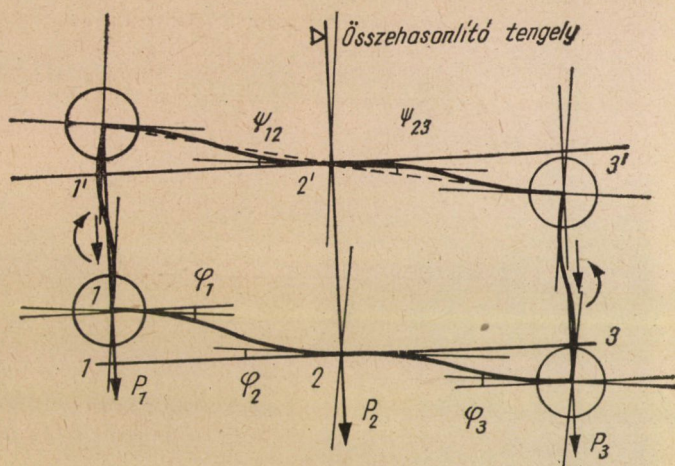
A nyomatékok kiegyenlítésének, valamint a mezőnkénti eljárásnak módszere egyszerűbb és gyorsabb, mint a kerettartónak a rugalmassági egyenletek-



kel való megoldása. Mindez azonban csak addig érvényes, amíg a normálerőknek a rendszer alakváltozására gyakorolt befolyását figyelmen kívül hagyjuk. Ha azonban ezt a valójában fontos befolyást a számításban figyelembe akarjuk venni, úgy mindkét eljárás túlságosan nehézkesé válik és előnyeik elvesznek.

e) *A csomóponti szögváltozásokkal való eljárás*

A Vierendeel-tartót a csomóponti szögeknek fokozatos meghatározásával is számíthatjuk. Ha egyszerűség kedvéért párhuzamos és azonos hajlítómerevségű övek esetét vesszük fel, úgy a normálerők hatásának elhanyagolásával mindkét öv csomópontjainak lehajlása egymással egyenlő lesz. Ha most



8. ábra

Összehasonlító tengely. Az 1—2—3 elemi rész

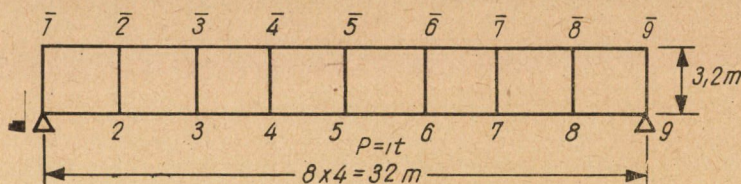
a 8. ábrán feltüntetett két szomszédos mezőből álló elemet vizsgálunk és a középső oszlopot mint tengelyt vesszük fel, úgy a középső csomópontok szögforgása, mint a külső csomópontok szögforgásának függvénye határozható meg.

Ha most abból a feltételből indulunk ki, hogy az összes csomópontok elfordulással szemben befogottnak tekinthetők, eltolással szemben azonban nem és csak a páros oszlopok csomópontjait szabadítjuk fel, így a 8. ábrán feltüntetett összefüggések szerint először közelítőleg a szabadon engedett csomópontok szögforgását kapjuk. Fogjuk ezután ismét be a páros csomópontokat és engedjük szabadon a páratlan csomópontokat. Ezáltal a páratlan csomópontok szögforgásai a páros csomópontok már meghatározott szögforgásainak segítségével meghatározhatók. A számítási eljárást tovább ismételjük, egyszer a páratlan számú, utána ismét a párosszámú csomópontok befogásával, míg csak a csomóponti forgásszögek értékeiben nem mutatkozik már javítás. Végül



a Vierendeel-tartó rúdvégeire ható nyomatékokat a csomópontok elfordulásából és az azoknak megfelelő rúd elmozdulásokból számíthatjuk ki.

Mivel itt egyszerre két szomszédos mezőt és nem egyetlen mezőt használunk fel, a most vázolt eljárás gyorsabban fog konvergálni, mint a mezőnkénti



Övrudak		
Rúd	$F \text{ cm}^2$	$I \text{ cm}^4$
1-2-3, $\bar{1}-\bar{2}-\bar{3}$	453,6	183576
3-4-5, $\bar{3}-\bar{4}-\bar{5}$	353,6	163766
Oszlopok		
1- $\bar{1}$	520,4	169314
2- $\bar{2}$	750,4	275164
3- $\bar{3}$	630,4	190164
4- $\bar{4}$	460,4	164814
5- $\bar{5}$	360,4	99314

9. ábra. Övrudak. Oszlopok

módszer. Azonkívül még az az előnye is van, hogy nemcsak a belső erőket és nyomatékokat, hanem egyidejűleg a Vierendeel-tartó alakváltozásait is meghatározzuk.

Feltétlenül hangsúlyozni kell, hogy a normálerők befolyása a Vierendeel-tartó rúdvégnyomatékaira egyáltalában nem csekély, és ha ezt a befolyást közelítő számításkor gyakran el is hanyagoljuk, semmiképpen sem szabad a kerettartó végleges méretezésénél figyelmen kívül hagyni. Hogy ezt a befolyást megvilágítsuk, példaképpen az I. táblázatban feltüntettük a 9. ábrán vázolt Vierendeel-tartó rúdvégnyomatékait az alsó öv középpontján ható  $P = 1 \text{ t}$  terhelésre; mégpedig először a normálerők figyelembevétele nélkül, másodsor pedig azok figyelembevételével számítottuk őket. Amint látható, különösen a terhelés közelében nem engedhetők meg az első számítás folytán kapott eltérések.

I. táblázat  
(Nyomatékok tcm-ben)

M tcm	Alsó öv			Felső öv				Oszlopok			
	N elhanyagolva	N figyelembe-vételével	e%	M	N elhanyagolva	N figyelembe-vételével	e%	M	N elhanyagolva	N figyelembe-vételével	e%
1-2	+51,60	+50,74	+1,69	$\bar{1}-\bar{2}$	-51,60	-50,80	+1,57	$1-\bar{1}$	+51,60	+50,74	+1,69
2-1	-48,40	-49,18	-1,58	$\bar{2}-\bar{1}$	+48,40	+49,29	-1,80	$\bar{1}-1$	-51,60	-50,80	+1,57
2-3	+53,44	+50,96	+4,86	$\bar{2}-\bar{3}$	-53,44	-50,86	+5,07	$2-\bar{2}$	$\pm 101,84$	$\pm 100,14$	+1,69
3-2	-46,56	-49,19	-5,34	$\bar{3}-\bar{2}$	+46,56	+48,99	-4,96	$\bar{2}-2$	$\mp 101,84$	$\mp 100,15$	+1,69
3-4	+50,60	+45,91	+10,22	$\bar{3}-\bar{4}$	-50,60	-46,24	+9,43	$3-\bar{3}$	$\pm 97,16$	$\pm 95,10$	+2,16
4-3	-49,50	-53,45	-7,39	$\bar{4}-\bar{3}$	+49,50	+54,40	-9,01	$\bar{3}-3$	$\mp 97,16$	$\mp 95,23$	+2,02
4-5	+38,36	+33,33	+15,09	$\bar{4}-\bar{5}$	-38,36	-31,73	+20,89	$4-\bar{4}$	$\pm 87,86$	$\pm 86,78$	+1,24
5-4	-61,64	-68,53	-10,05	$\bar{5}-\bar{4}$	+61,64	+66,41	-7,19	$\bar{4}-4$	$\mp 87,86$	$\mp 86,13$	+2,01

## II. Az alakváltozás számítása

A Vierendeel-tartónak minden mezője egy csukló nélkül négyszögletes keretet ad és általánosságban ezért fognak a szerkezet különböző rúdelemciben hajlítónyomatékok, normális és nyíróerők keletkezni. Ennek következtében a merev csomópontok eredeti helyzetükből eltolódnak és egyúttal el is fordulnak, míg az egyenes rudak a kezdeti tengelyükhöz képest rugalmasan áthajolnak. Egyszóval a tartó alakja meg fog változni.

Ha mármost a Vierendeel-tartónak minden keresztmetszetében kiszámítottuk a belső erőket és nyomatékokat, úgy az eltolódások és elferdülések a virtuális munka tétele alapján határozhatók meg. Ennél a megfelelő terhelési állapotokat akár magára a Vierendeel-tartóra, akár egy megfelelő törzstartóra hatóknak vehetjük fel.

A sarokmerev kapcsolatok a behajlásokra kedvező hatással vannak, amely kb. hasonló az elméleti hosszak csökkentéséhez. Indokolt annak felvétele, hogy ez a befolyás minden egyes rúdra nézve kb. 10–15%-nyi értéket tesz ki. Mivel azonban a rugalmassági egyenletek összes együtthatóinál előfordul, úgy a végső erők és nyomatékok számításánál jogosan elhanyagolható. Ezzel szemben az alakváltozások meghatározásánál a merev sarkok és kiékelések csökkentő hatását figyelembe kell vennünk.

### a) Rácsos és tömőrfalú tartóval való összehasonlítás

Általánosságban a Vierendeel-tartó kevésbé merev, mint egy rácsos tartó és még kevésbé, mint a tömőrfalú tartó. A csuklósan egymáshoz kapcsolt rácsrúdelemeket csak tengelyirányú erők terhelik, míg a Vierendeel-tartó rúdjai hajlításra is igénybe vannak véve. Az is világos, hogy a tömőrfalú tartó teli gerinclemeze a két övnek merevebb összekötését biztosítja, mint akár a kitöltő rudak vagy az oszlopok.

Hogy a háromféle szerkezet viszonylagos merevségét megállapítsuk, összehasonlításul a 10. ábrán feltüntetett ugyanazon közúti hídnek három különböző rendszerű főtartóját vizsgáltuk. A megfelelő lehajlásokat egységnyi terhelésre cm-ekben a II. táblázatban adtuk meg.

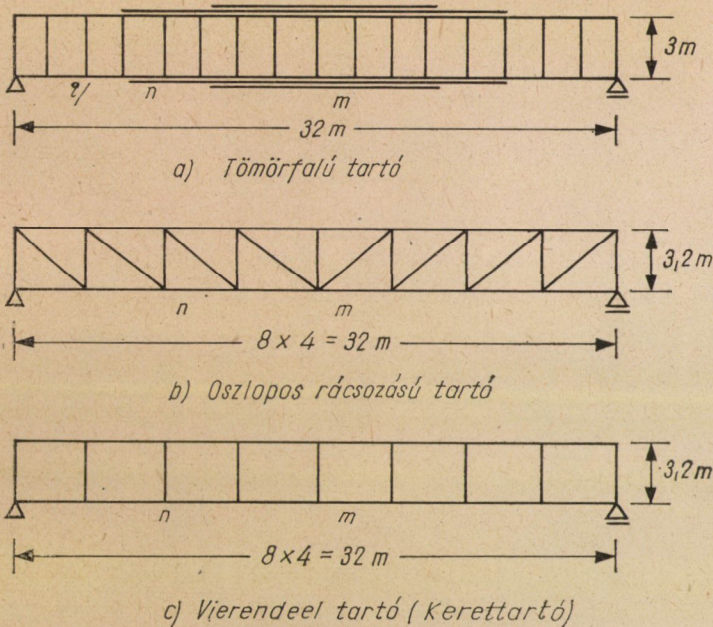
Ezek szerint a középső  $m$  csomópont lehajlása  $P_m = 1$  t, illetve  $P_n = 1$  t terhelésre kb. úgy aránylanak egymáshoz, mint 1 : 0,8 : 0,6, illetve 1 : 0,9 : 0,7-hez. A tartóközépen ható központos erő egyúttal a legnagyobb különbséget is jelenti a három tartó merevsége között. Minél jobban közeledik ez a terhelés a támaszpontok felé, annál kevésbé éles lesz ez a különbség is. Azonkívül azt is meg kell jegyeznünk, hogy a II. táblázatban megadott értékeket a sarokmerevségek figyelembevétele nélkül számítottuk. A valóságban tehát a merevségi viszonyok valamennyire kedvezőbbek lesznek a rácsos tartó és a Vierendeel-tartó szempontjából. A hajlítónyomatékok és az överők hatása a tömör-



falú tartóra, illetve a rácsos tartóra nézve kb. azonos. Mindamellett mindkettő nagyobb, mint a normálerőknek a Vierendeel-tartó lehajlásaira gyakorolt hatása. Ezek ugyanis főként az övek alakváltozásából származnak, amelyek egyúttal hajlításra is igénybe vannak véve, és ezért nagyobb a keresztmetszetük, mint a másik két rendszer öveinek keresztmetszete.

Mivel azonban a Vierendeel-tartó öveinek hajlítónyomatékai és tengelyirányú erői a kéttámaszú tartó hajlítónyomatékainak és nyíróerőinek felelnek

*Összehasonlított tartók*



10. ábra. Összehasonlított tartók

a) Tömörfalú tartó; b) Oszlopos rácsozású tartó; c) Vierendeel-tartó

meg, ezért a Vierendeel-tartó öveiben keletkező nyomatékok a szélektől a közép felé csökkennek, ugyanakkor az överők növekszenek. Ennélfogva a Vierendeel-tartó öveinek keresztmetszetét kevésbé kell változtatni, mint a rácsos tartókét, vagy pedig a tömörfalú tartókét.

A nyíróerők jelentősége a tömörfalú tartók lehajlásában lényegesen kisebb, mint a rácsos tartó kitöltő rúdjaié. Ugyanis a tömörfalú gerinc sokkal merevbb, mint a kitöltő rudalemegek. A kitöltő rudak hatása a lehajlásokban sokkal kisebb, mint a Vierendeel-tartó hajlítónyomatékaié. Noha a rácsos tartó kitöltő rúdjai és a Vierendeel-tartó hajlítónyomatékai a kéttámaszú tartó nyíróerőiből függenek, mégis ezek a nyíróerők a rácsos tartó kitöltő rúdjaiban csak tengelyirányú erőket ébresztenek.

II. táblázat

Terhelés	Tömör tartó		Oszlopos rácsoszású tartó		Vierendeel-tartó	
$P_m = 1t$	$E \cdot \delta_Q$	4,440	$E \cdot \delta_F$	24,150	$E \cdot \delta_M$	65,553
	$E \cdot \delta_M$	53,660	$E \cdot \delta_G$	55,000	$E \cdot \delta_N$	35,098
	$E \cdot \delta$	58,100	$E \cdot \delta$	79,150	$E \cdot \delta$	100,651
	$\delta_Q : \delta$	7,68%	$\delta_F : \delta$	40,5%	$\delta_M : \delta$	64,8%
	$\delta_M : \delta$	92,32%	$\delta_G : \delta$	69,5%	$\delta_N : \delta$	35,2%
$P_n = 1t$	$E \cdot \delta_Q$	3,340	$E \cdot \delta_F$	9,700	$E \cdot \delta_M$	31,824
	$E \cdot \delta_M$	34,970	$E \cdot \delta_G$	40,650	$E \cdot \delta_N$	24,877
	$E \cdot \delta$	38,310	$E \cdot \delta$	50,350	$E \cdot \delta$	56,701
	$\delta_Q : \delta$	8,7%	$\delta_F : \delta$	19,3%	$\delta_M : \delta$	56,1%
	$\delta_M : \delta$	91,3%	$\delta_G : \delta$	80,7%	$\delta_N : \delta$	43,9%

b) *A normálerők és a hajlítónyomatékok szerepe*

A II. táblázat világosan mutatja, hogy a normálerőnek a lehajlásban ugyanolyan nagyságrendű a hatása, mint a hajlítónyomatékoké és ezért a Vierendeel-tartó lehajlásainak számításában azokat figyelembe kell venni. Legfeljebb tehát csak a nyíróerő befolyását szabad elhanyagolni. A II. táblázat továbbá azt is mutatja, hogy mindkét tényező viszonylagos befolyása a terhelés helyétől is függ. Amint a koncentrált erő a tartó közepétől a támaszok felé halad, a nyomatékok viszonylagos befolyása csökken, viszont a normálerőké aránylag növekszik. Ez könnyen megmagyarázható, ha a Vierendeel-tartó nyomatékait és överőit a kéttámaszú gerenda megfelelő nyomatéki és nyíróerő-ábráira vezetjük vissza.

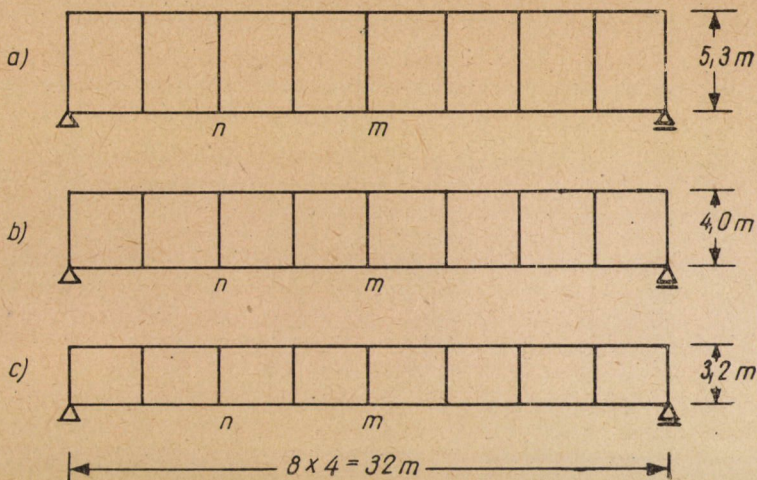
Ugyancz a meg gondolás világítja meg továbbá azt is, hogy miért lesz a normálerők befolyása hosszú alacsony Vierendeel-tartóknál fontosabb, mint a rövid és aránylag magasabb Vierendeel-tartóknál. A III. táblázat megadja a 11. ábrán feltüntetett különböző magasságú Vierendeel-tartók lehajlásait. Világosan látható, hogy a normálerők befolyása a teljes lehajlásban a tartómagasság csökkenésével milyen gyorsan növekszik.

c) *A csuklós rendszerű tartó alakváltozásaival való összehasonlítás*

A III. táblázatból különösen is kiviláglik, hogy a rúdközéppontokon csuklókkal ellátott tartórendszer lehajlásai milyen feltűnő jó megegyezést mutatnak a sztatikailag határozatlan Vierendeel-tartó lehajlésaival. Ez nemcsak a teljes értékekre, hanem a nyomatékokból és a normálerőkből származó értékekre is vonatkozik. Ez a jó egyezés feleslegessé teszi a Vierendeel-tartó lehajlásainak a szokásos rugalmassági egyenletek útján való fáradságos kiszámítását.



Itt mindenesetre jól meg kell jegyeznünk, hogy a csuklós rendszerben más rúdvégnyomatékok keletkeznek, mint a keretes tartókban. A nyomatéki 0 pontok nem esnek össze a rúdközéppontokkal. Különösen a terhelés közelében (12. ábra) lesznek az eltérések meglehetősen nagyok. Ezért nem engedhető meg, hogy a Vierendeel-tartó rúdvégnyomatékainak számítását a rúdközéppontokban való csuklóbeiktatással egyszerűsítsük. Ezzel szemben a csuklós



11. ábra. Különböző magasságú Vierendeel-tartók

rendszer könnyen meghatározható lehajlásait a sztatikailag határozatlan Vierendeel-tartó lehajlásaiént is minden további nélkül felhasználhatjuk.

Ezt a fontos kapcsolatot a következőkben a folytatólagos Vierendeel-tartók reakcióerőinek számításánál fel is fogjuk használni. Azonkívül a merevítő övvel ellátott Vierendeel-tartó ismeretlen vízszintes överőjének kiszámításához is jól használható. A megfelelő behatási ábrába minden esetre a csuklós rendszer rugalmas vonalait (l. 13/b és 13/d ábra) lehet behelyettesíteni. Végül azt is be fogjuk mutatni, hogy hogyan lehet a Vierendeel-tartó belső erőit és nyomatékait a csuklós rendszer csomóponti eltolódásaiból számítani.

#### d) Helyettesítő gerendák

Ha a Vierendeel-tartót a rúdközéppontokba iktatott csuklókkal sztatikailag határozott törzstartóvá változtatjuk és  $P = 1 t$  nagyságú koncentrált erőt egymás után minden egyes csomópontban működtetjük, úgy minden egyes esetben csak három oszlopot terhelünk. Ennek megfelelően az oszlopok normálerőit útján igen kis befolyással lesznek a lehajlásban. Példaként megemlíthető, hogy a 11/b ábrán feltüntetett Vierendeel-tartó oszlopainak a tartóközépen felvett koncentrált erőhatásból származó összes normálerőkből való részesedése csak  $1,6\%$ -ot teszi ki. Következésképpen felvehetjük, hogy



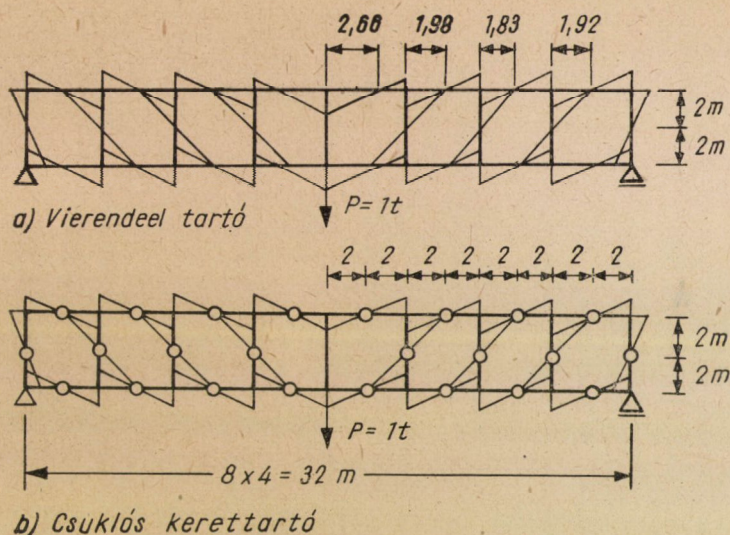
III. táblázat

Terhelés	Lehajlás ( $t_{cm}$ )	a) $h \simeq L/6$			b) $h = L/8$			c) $h = L/10$		
		Vierendeel- tartó	Csuklós rendszerű tartó	Gerenda- tartó	Vierendeel- tartó	Csuklós rendszerű tartó	Gerenda- tartó	Vierendeel- tartó	Csuklós rendszerű tartó	Gerenda- tartó
$P_m = 1t$	$E \cdot \delta_M$	88,425	90,720	13,700	13,493	74,493	22,438	65,553	65,750	35,00
	$E \cdot \delta_N$	13,485	14,085		22,732	23,473		35,098	36,098	
	$E \cdot \delta$	101,910	104,805		96,225	97,966		100,651	101,848	
	$\delta_M : \delta$	87%	86,6%		76,3%	76,2%		64,8%	64,7%	
	$\delta_N : \delta$	13%	13,4%		23,7%	23,8%		35,2%	35,3%	
$P_n = 1t$	$E \cdot \delta_M$	42,980	45,120	9,440	35,917	35,185	15,590	31,824	31,020	24,300
	$E \cdot \delta_N$	9,220	9,650		15,494	15,859		24,877	24,627	
	$E \cdot \delta$	52,200	54,770		51,412	51,040		56,701	55,647	
	$\delta_M : \delta$	82%	82,5%		69,7%	69%		56,1%	56,9%	
	$\delta_N : \delta$	18%	17,5%		30,3%	31%		43,9%	43,1%	



a Vierendeel-tartónak a normálerők következtében bekövetkező lehajlásai kizárólag az överőktől fognak származni és ennél fogva egy  $I = \frac{1}{2} \cdot F_0 \cdot h^2$  tehetetlenségi nyomatékú gerendának a lehajásaival lesznek közelítőleg egyenlők. Ilyen helyettesítő gerendának a közepen alkalmazott koncentrált erő hatására felvett rugalmas vonala kb. szinuszvonal lesz. Asszimmetrikus koncentrált erő hatására viszont két, — a maximális ordinátának mindkét oldalára kiterjedő —, szinuszvonallal helyettesíthető.

Ha most a nyomatékoknak a hatását vizsgáljuk, úgy megállapíthatjuk, hogy az első és utolsó keret kivételével a koncentrált terheléstől balra, illetve



12. ábra

a) Vierendeel-tartó; b) Csuklós kerettartó

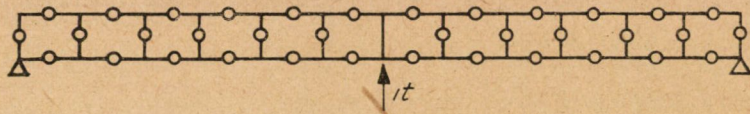
jobbra eső összes keretek azonos nyomatéki ábrát mutatnak. Ebből a Vierendeel-tartó nyomatékokból származó lehajlásra vonatkozólag egy kifejezést lehet levezetni és annak a felismerésére lehet jutni, hogy ezek a lehajlások kb. egyeznek azokkal, amelyeket a nyíróerők egy  $G \cdot A' = \frac{24 E I}{k}$  merevségű helyettesítő gerendában okoznak. Itt  $k$  olyan keretről keretre változó tényező, amely a terheléstől független.

Következésképpen állandó öv- és oszlopkeresztmetszetek esetén a Vierendeel-tartó rugalmas vonala a hajlítónyomatékok kizárólagos hatására a helyettesítő gerenda nyomatéki ábrájához hasonló lesz. Koncentrált erőre nézve egyszerűen tehát egy háromszög.

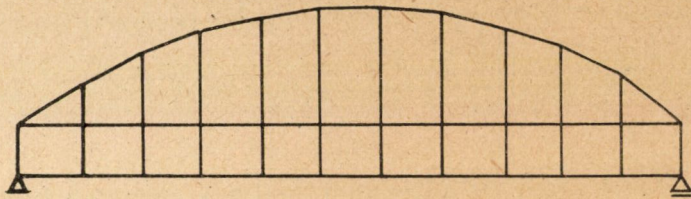




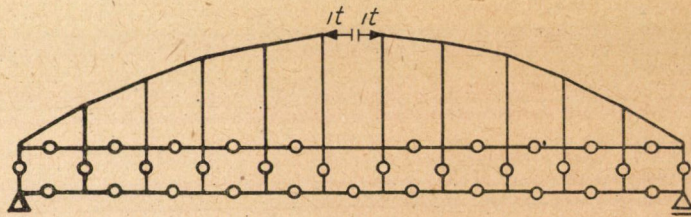
a) Folytatólagos Vierendeel tartó



b) Csuklós törzstartó



c) Ívvel merevített Vierendeel tartó



d) Csuklós törzstartó rendszer

13. ábra

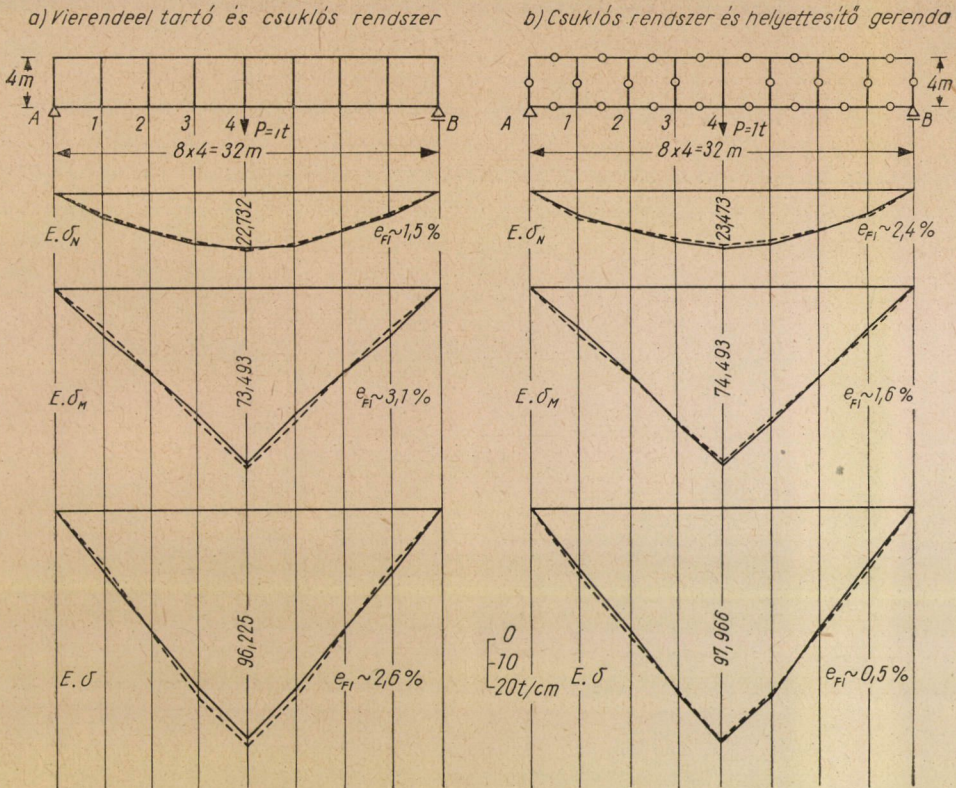
a) Folytatólagos Vierendeel-tartó; b) Csuklós törzstartó; c) Ívvel merevített Vierendeel-tartó; d) Csuklós törzstartó rendszer

A 14/a ábrán a tartóközépen ható  $P = 1 \text{ t}$  terhelésre a 11/b ábrán vázolt Vierendeel-tartónak a normálerők, illetve a nyomatékok hatására bekövetkező lehajlásai külön vannak feltüntetve. A pontozott vonalak a csuklós rendszerre vonatkoznak. Igen jól megegyeznek a Vierendeel-tartó rugalmas vonalával.

A 14/b ábrán továbbá összehasonlítjuk a csuklós rendszer lehajlásait a helyettesítő gerendáéval. Az utóbbiak itt is pontozva vannak feltüntetve. A megfelelő lehajlások majdnem teljesen megegyeznek és a területekben



mutatkozó eltérések jelentéktelenek. Ennélfogva tehát a Vierendeel-tartó lehajlásait a csuklós rendszer, sőt a helyettesítő gerenda megfelelő értékeivel nyugodtan helyettesíteni lehet.



14. ábra

a) Vierendeel-tartó és csuklós rendszer; b) Csuklós rendszer és helyettesítő gerenda

### III. A felhasználási lehetőségek

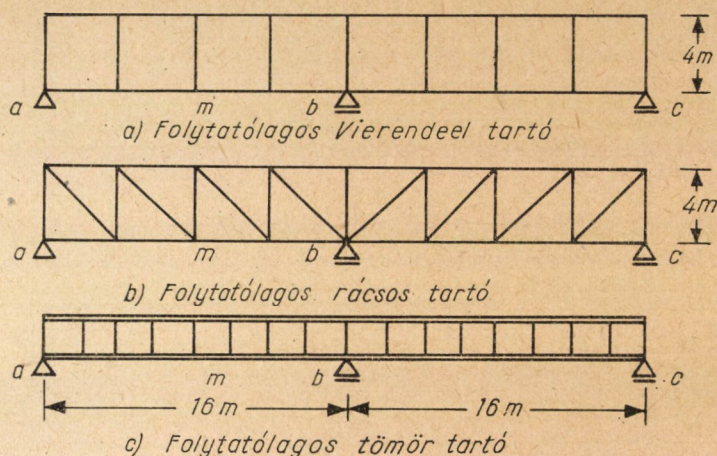
#### a) A folyatólagos Vierendeel-tartó

Általánosságban megállapítható, hogy a Vierendeel-tartó kevésbé merev, mint a rácsos tartó, vagy különösen a teljesfalú gerenda. Ennélfogva tehát a Vierendeel-tartóra nézve a folyatólagosság kevésbé előnyös lesz, mint a másik két tartóra nézve. A 15/a ábrán feltüntetett folyatólagos Vierendeel-tartónak a középső támaszponton keletkező reakcióereje tehát ugyanezen terhelésre számítva kisebb lesz, mint a 15/b ábrán feltüntetett folyatólagos rácsos tartóé, vagy pedig a 15/c ábrán feltüntetett folyatólagos teljesfalú tartóé.



Összehasonlításként a IV. táblázatban megadjuk mind a három rész  $R_b$  reakcióerőit  $P_m = 1$  t és  $p = 1$  t/m terhelésekre. A rácsos tartóra és a teljesfalú tartóra vonatkozó reakcióerők csaknem azonosak, ezzel szemben a Vierendeel-tartóé ettől lényegesen eltérő. A koncentrált terhelésre a különbség több mint 22%. Ezért semmi esetre sem szabad a folytatólagos Vierendeel-tartó reakcióerőit a folytatólagos rácsos tartó, vagy teljesfalú tartó alapján számítani. A folytatólagos Vierendeel-tartó kisebb értékei megfelelnek a folytatólagos gerenda középső alátámasztása virtuális süllyedésének.

Az sem helyes, ha a folytatólagos Vierendeel-tartó sztatikailag határozatlan reakcióerejét egyedül csak a nyomatékok, vagy a normálerők alakváltozási



15. ábra

a) Folytatólagos Vierendeel-tartó; b) Folytatólagos rácsos tartó; c) Folytatólagos tömör tartó

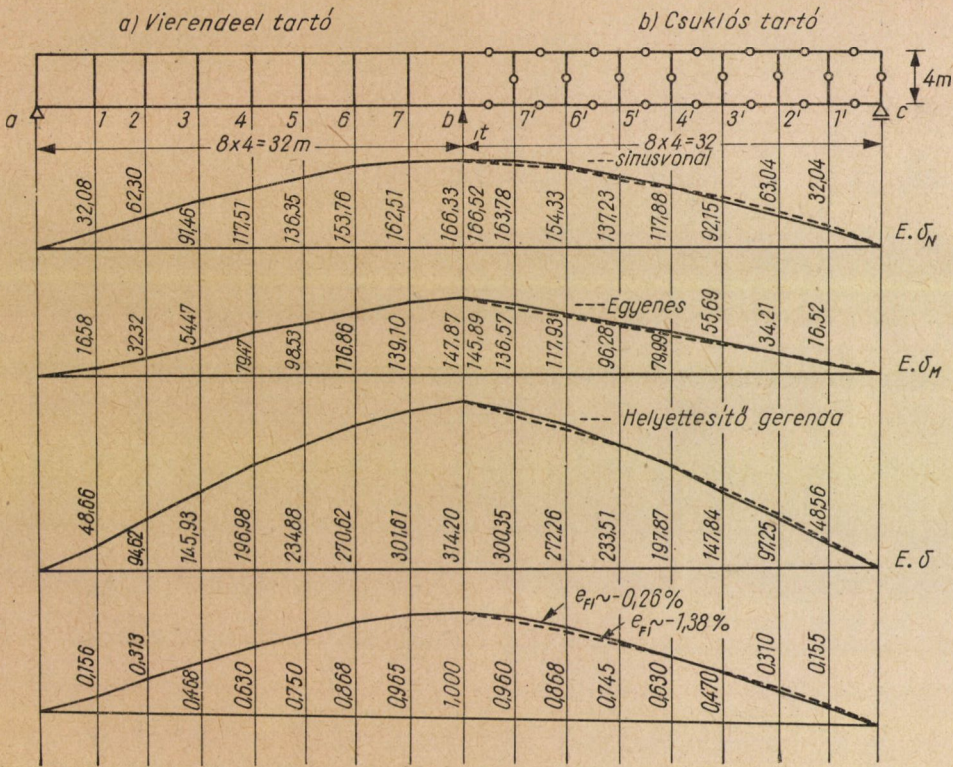
hatásaiból számítjuk. Erre a célra a nyomatékok és normálerők következtében mutatkozó együttes lehajlást kell felhasználnunk. Az V. táblázat a folytatólagos Vierendeel-tartó középső támaszán a 16. ábra szerint keletkező reakcióerőket tünteti fel, amelyek külön a nyomatékok és külön a normálerők figyelembevételével adódnak. A helyes támaszponti reakciók az utolsó rovatban vannak összehasonlításképpen feltüntetve. Ha viszont a Vierendeel-tartót az oszlop-középpontokba iktatott csuklók beiktatásával belsőleg sztatikailag határozott rendszerre alakítják át, akkor a reakcióerők alig változnak. A 16. ábrán fel vannak tüntetve mind a két rendszernek az eltávolított gondolt középső támaszpont helyén felvett  $P = 1$  t virtuális erő hatására keletkező rugalmas vonalai. Végül pedig meg vannak adva az ismeretlen reakcióerők megfelelő behatási ábrái. Hasonlóképpen meg vannak adva a helyettesítő gerenda lehajlásaiból kapott behatási ábrák. A 16. ábrából minden további nélkül



IV. táblázat

Terhelés	Folytatólagos Vierendeel-tartó	Folytatólagos rácsos tartó	Folytatólagos tömőfalú tartó
$P_m = 1t$	0,557 t	0,681 t	0,688 t
$e$	—	+22,1%	+22,3%
$p = 1t/m$	17,280 t	19,000 t	20,000 t
$e$	—	+9,95%	+15,75%

belátható, hogy a folytatólagos Vierendeel-tartó reakcióerői a folytatólagos csuklós rendszerű tartó reakcióerőivel közel megegyeznek, sőt a Vierendeel-tartó lehajlásait a hozzátartozó két helyettesítő gerendából is megfelelő pontos-



16. ábra

a) Vierendeel-tartó; b) Csuklós tartó S = Sinusvonal, G = Egyenes, E = Helyettesítő gerenda  
Az  $R_b$  támaszpontú reakció behatási ábrája

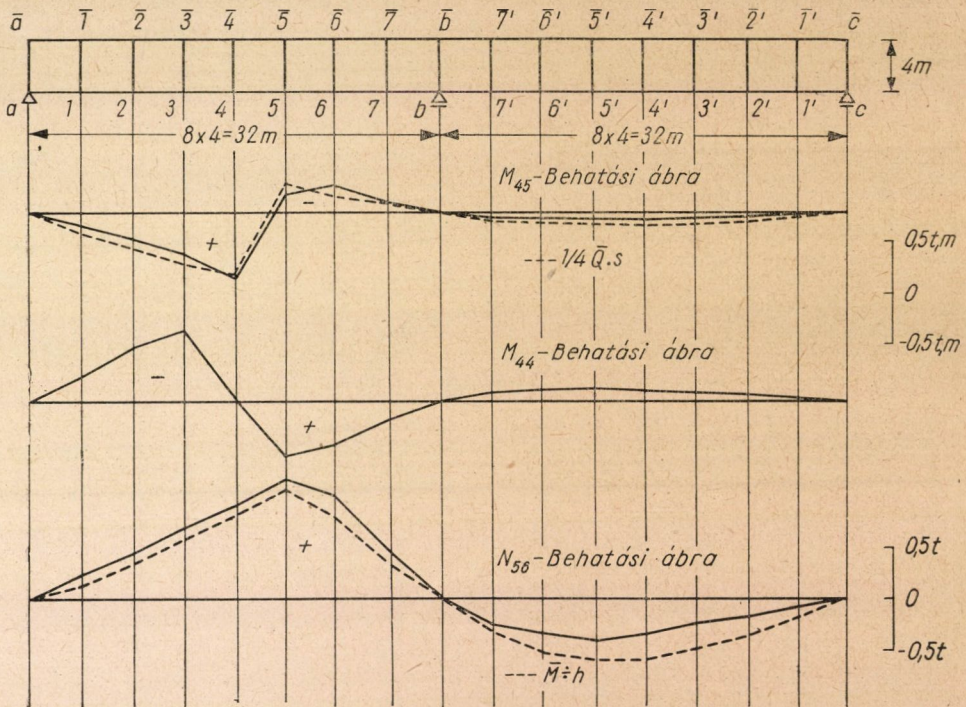
sággal lehetne meghatározni. Ezzel feslegessé válik az ismeretlen reakcióerőknek a sztatikailag sokszorosán határozatlan rendszer alapján való fáradságos számítása.



V. táblázat

Terhelés	$R_b \approx -\frac{\partial O_M}{\partial i_M}$	$R_b \approx -\frac{\partial O_N}{\partial i_N}$	$R_b = \frac{-\partial_0}{\partial_1}$
$P_m = 1t$ <i>e</i>	0,52 t -7,2%	0,70 t +25%	0,56 t -
$p = 1t/m$ <i>e</i>	16,5 t -4,5%	20,15 t +16,5%	17,28 t -

Meg kell még jegyezni, hogy a Vierendeel-tartó rugalmas vonala a normál-erők, illetve a nyomatékok részvonalalaiból tevődik össze és így az nem szinuszvonal, sem háromszög, hanem mindkét ábrának az egymásra helyezése. Ezért tér el a teljesfalú tartó majdnem szinusz alakú rugalmas vonalától is.



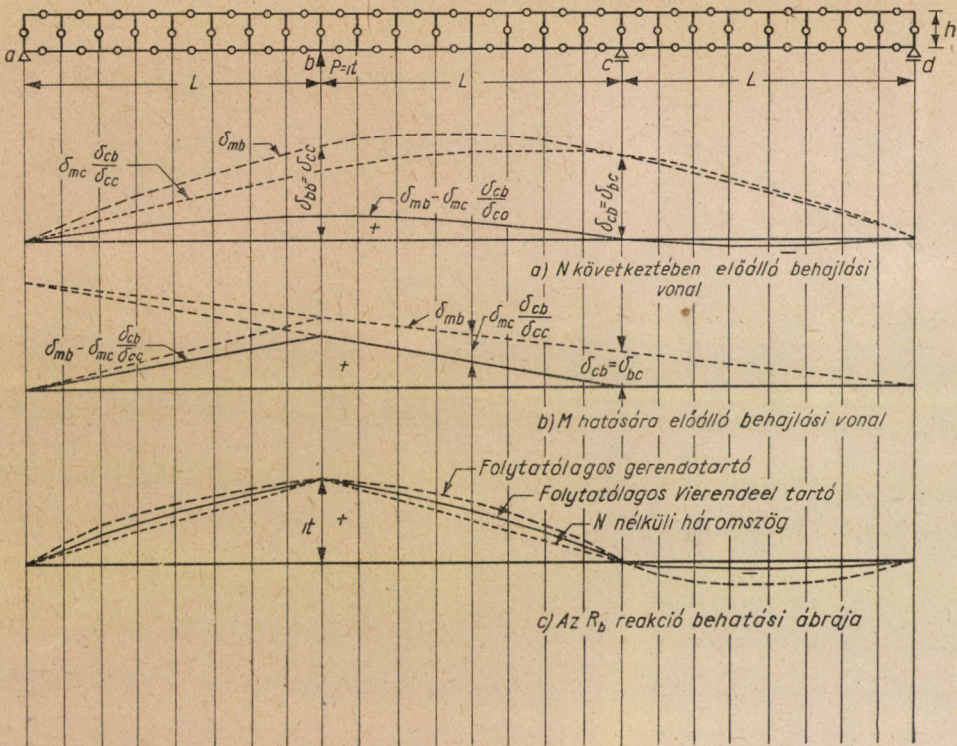
17. ábra. Behatási ábra

Ha a folytatólagos Vierendeel-tartó reakcióerőit már a folytatólagos csuklós tartóból elegendő pontossággal meghatároztuk, akkor a rúdvégekre ható nyomatékokat akár a mezőnkénti eljárással, akár a nyomatékok kiegyenlítésének módszerével közelítőleg számíthatjuk. Ha mégis pontosabb eredményeket kívánunk, úgy a normál-erő befolyását is figyelembe kell venni és



ezért a rugalmassági egyenleteket pl. a virtuális munka tétele alapján kell felhasználni. A nyíró- és normálerőket a külső és belső nyomatékok és erők egyensúlyából utólag lehet meghatározni.

A 17. ábrában háromtámaszú folytatólágos, párhuzamos és egyenlő merevségű övű Vierendeel-tartónak az  $M_{45}$  és az  $M_{44}$  jelű nyomatékok behatási ábrái vannak feltüntetve. Az  $M_{45}$  jelű övnyomaték behatási ábrája teljesen hasonló folytatólágos tartó  $\bar{Q}$  nyíróerő behatási ábrájához. Mégsem engedhető meg, hogy a folytatólágos Vierendeel-tartó övnyomatékait egyszerűen a folytatólágos gerenda nyíróerőiből számítsuk. Amint a 17. ábrából látható, a ponto-



18. ábra

a) N következtében keletkező behajlási vonal; b) M hatására keletkező behajlási vonal. Folytatólágos gerendatartó. Folytatólágos Vierendeel-tartó. N nélküli háromszög; c) Az  $R_b$  reakció behatási ábrája

zott vonal, amely az  $1/4 \bar{Q} \cdot s$  értéket ábrázolja, az  $M_{45}$  nyomaték behatási ábrájától lényegesen eltér.

Az  $M_{44}$  oszlopnyomaték behatási ábrája szintén hasonlít egy folytatólágos gerenda nyíróerő behatási ábrájához. Mivel azonban ez a nyomaték az  $M_{43}$  és  $M_{45}$  jelű övnyomatékokkal tart egyensúlyt, a legnagyobb pozitívról a legnagyobb negatív értékre való átmenet két mezőre terjed ki.

Hasonlóképpen nem engedhető meg, hogy a folytatólagos Vierendeel-tartó överőit a folytatólagos gerendamező középpontjainak megfelelő nyomatékaiból számítsuk. Hogy ez az egyszerűsítés a tényleges  $M_{36}$  överő valódi értékétől milyen lényegesen eltér, azt a 17. ábrában  $M/h$  értékre rajzolt pontozott vonalból minden további nélkül láthatjuk. Természetes, hogy a nyílások számának a növekedésével a folytatólagos Vierendeel-tartó ismeretlen támaszponti reakcióinak a folytatólagos csuklós rendszer alapján való számítása nagyobb és nagyobb mértékben előnyösebbé válik. Ha pl. négy ponton alátámasztott folytatólagos párhuzamos övű Vierendeel-tartót a 18. ábrán vázolt csuklós rendszerrel helyettesítjük, úgy az  $R_b$  támaszerő behatási vonalát a virtuális  $P_b = 1$  t nagyságú koncentrált erő hatására keletkező nyomatékok, illetve normálerők rugalmas vonalából tehetjük össze.

Az első vonal egy folytatólagos gerenda hajlítónyomatékok hatására előálló rugalmas vonalához lesz hasonló, míg a második vonal a nyírőerő hatására keletkező lehajlási vonalnak felel meg. Ezért ez a második közelítőleg háromszög alakú és csak az első két nyílásra terjed ki. Ebből kifolyólag a folytatólagos Vierendeel-tartó  $R_b$  behatási ábrájának ordinátái az első két nyílásban csak kissé, a harmadik nyílásban pedig nagymértékben kisebbek lesznek, mint a folytatólagos gerendatartóéi. Éppen ezért lesz a folytatólagosság a Vierendeel-tartókra kevésbé előnyös, mint a gerendatartókra.

#### b) *A rúdvégnyomatékok számítása az alakváltozásokból*

A feszültségek következtében a Vierendeel-tartó csomópontjai eltolódnak és  $\varphi$  szöggel elcsavarodnak. Az egyes rudak meg fognak hajolni és a tengelyvonalaik  $\psi$  szöggel elfordulnak. A rúdvégnyomatékokat ebből a két szögcsoporthoz lehet levezetni. Pl.:

$$M_{mn} = N_{mn}(2\varphi_m + \varphi_n - 3\psi_{mn}), \text{ ahol } N_{mn} = \frac{2EI_{mn}}{s_{mn}}.$$

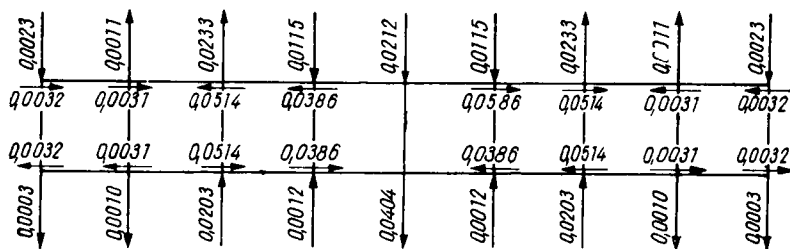
A csomópontok egyensúlyi feltételeiből kaphatjuk a következő rugalmassági egyenleteket:

$$\sum_m M = 0, \text{ vagy } 2\varphi_m \cdot \sum N_{mn} + \sum N_{mn} \cdot \varphi_n = 3\sum N_{mn} \cdot \psi_{mn}.$$

Ha most a Vierendeel-tartó  $n$  elemből áll, úgy  $2(n + 1)$  csomópontja és  $3n + 1$  rúdja van. A különben  $3n$ -szeresen sztatikailag határozatlan rendszer ezáltal  $2(n + 1)$  egyenletet fog adni  $2(n + 1)$  ismeretlen  $\varphi$  csomóponti elcsavarodási szöggel és  $3(n + 1)$  ismeretlen  $\psi$  rúdfordulással. Ezen utóbbiakat mindamelllett a csuklós rendszer  $\psi_0$  értékeivel meglehetősen pontossággal lehet helyettesíteni. Következésképpen a rugalmassági egyenletek megoldhatók és

a csomóponti elfordulási szögek első lépésben csak közelítőleg határozhatók meg. A  $\psi_0$  és  $\varphi'$  értékből számított  $M'$  nyomatékok már jó közelítő értékeit adják a Vierendeel-tartó helyes  $M$  rúdvégnyomatékainak.

Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a  $\psi_0$  rúdfordulású és  $M_0$  rúdvégnyomatékú csuklós rendszer a külső és belső erők közötti egyensúlyi állapotot is meghagyja. Ugyanígy a tulajdonképpeni Vierendeel-tartó a pontos  $\psi$  és  $\varphi$  értékekkel és a pontos  $M$  rúdvégnyomatékokkal hasonló egyensúlyi rendszert ad. Ezzel szemben az a Vierendeel-tartó, amelybe a  $\psi_0$  elfordulásokat vezetjük be, nem lesz egyensúlyban. Az abból számított  $\varphi'$  elcsavarodások a  $\psi_0$  elfordulásoknak felelnek meg. Mindkét érték azonban a tulajdonképpeni Vierendeel-



19. ábra. Erőjavítások t-ban

tartó  $\varphi$  és  $\psi$  értékétől némileg eltér. Ezért nem fognak az  $M'$  belső nyomatékok sem a külső terhelésnek teljesen megfelelni. A  $\Delta M = M' - M_0$  nyomatéki különbségek ugyanis nincsenek kiegyenlítve. Ezek a megfelelő csomópontokon  $\pm \frac{\Delta M_{mn} + \Delta M_{nm}}{s \cdot h}$  többletterheléseket okoznak, amelyek ismét a  $\Delta\psi$  és  $\Delta\varphi$  rúdfordulás, illetve csomóponti elcsavarodás javításokat okoznak.

Ha pl. a 19. ábrán vázolt Vierendeel-tartót vesszük és arranéze meghatározzuk a csuklós rendszer  $\psi_0$  rúdfordulásait, úgy a VI. táblázatban közölt egyensúlyi feltételek állíthatók fel. Az egyenletrendszer megoldása a következőket adja:

$$\begin{aligned} E \cdot \varphi'_1 &= 0,049474, & E \cdot \varphi'_1 &= 0,049168, \\ E \cdot \varphi'_2 &= 0,051163, & E \cdot \varphi'_2 &= 0,050993, \\ E \cdot \varphi'_3 &= 0,054139, & E \cdot \varphi'_3 &= 0,054289, \\ E \cdot \varphi'_4 &= 0,045653, & E \cdot \varphi'_4 &= 0,044991. \end{aligned}$$

A  $\psi_0$  és  $\varphi'$  értékből meghatározott  $M'$  rúdvégnyomatékok a VII. táblázatban vannak feltüntetve. Mint már említettem, ezeket a nyomatékokat a valódi rúdvégnyomatékok jól felhasználható közelítő értékeinek tekinthetjük. A VII. táblázatban még meg vannak adva a  $\Delta M = M' - M_0$  kiegyenlítetlen különbségek. Ezek 19. ábrán vázolt eredő többletterhelést okoznak. Ha most

VI. táblázat

Csomópont	$E \cdot \varphi_1$	$E \cdot \varphi_{\bar{1}}$	$E \cdot \varphi_2$	$E \cdot \varphi_{\bar{2}}$	$E \cdot \varphi_3$	$E \cdot \varphi_{\bar{3}}$	$E \cdot \varphi_4$	$E \cdot \varphi_{\bar{4}}$	$3\Sigma N \cdot \Psi_0$	$3\Sigma N \cdot \Delta\Psi_0$
1	1975,7925	529,1062	458,7900						147,24687	2,849288
$\bar{1}$	529,1062	1975,7925		458,7900					146,71833	2,852454
2	458,7900		3554,9450	859,8875	458,7900				273,26523	-4,819987
$\bar{2}$		458,7900	859,8875	3554,9350		458,7900			272,73669	-4,861554
3			458,7900		2924,9350	594,2625	409,4150		232,77996	0,165941
$\bar{3}$				458,7900	594,2625	2924,9350		409,4150	232,77996	0,172495
4					409,4150		266,7475	515,0437	167,12766	4,529050
$\bar{4}$						409,4150	515,0437	2667,7475	165,76431	4,647822

VII. táblázat  
a rúdvégnyomatékokra (tcn)

Csomópont	Rúd	$M_0$	$M'$	$M' - M_0$	$\Delta M'$	$M' + \Delta M'$	$M$
1	1-2	-50,00	-50,72	-0,72	-0,31	-51,03	+50,74
	1- $\bar{1}$	+50,00	+50,72	+0,72	+0,31	+51,03	+50,74
$\bar{1}$	$\bar{1}$ - $\bar{2}$	-50,00	-50,38	-0,38	-0,31	-50,69	-50,80
	$\bar{1}$ -1	+50,00	+50,38	+0,38	+0,31	+50,69	+50,80
2	2-1	-50,00	-49,17	+0,83	-0,28	-49,45	-49,18
	2-2	+100,00	+100,27	+0,27	+0,62	+100,89	+100,14
	2-3	-50,00	-51,10	-1,10	-0,34	-51,44	-50,96
2	$\bar{2}$ - $\bar{1}$	-50,00	-48,71	+1,29	-0,26	-48,97	-49,29
	$\bar{2}$ -2	+100,00	+99,99	-0,10	+0,65	+100,64	+100,15
	$\bar{2}$ - $\bar{3}$	-50,00	-51,28	-1,28	-0,39	-51,67	-50,86
3	3-2	-50,00	-48,37	+1,63	-1,26	-49,63	-49,19
	3- $\bar{3}$	+100,00	+98,69	-1,31	-3,29	+95,40	+95,10
	3-4	-50,00	-50,32	-0,32	+4,55	-45,77	-45,91
$\bar{3}$	$\bar{3}$ -2	-50,00	-48,25	+1,75	-1,32	-49,57	-48,99
	$\bar{3}$ -3	+100,00	+98,87	-1,13	-3,28	+95,59	+95,23
	$\bar{3}$ -4	-50,00	-50,62	-0,62	+4,60	-46,02	-46,24
4	4-3	-50,00	-57,27	-7,27	+3,40	-53,87	-53,45
	4- $\bar{4}$	+100,00	+92,62	-7,38	-6,25	+86,37	+86,78
	4-5	-50,00	-35,35	+14,65	+2,85	-32,50	-33,33
$\bar{4}$	$\bar{4}$ - $\bar{3}$	-50,00	-58,23	-8,23	+3,40	-54,83	-54,40
	$\bar{4}$ -4	+100,00	+91,94	-8,06	-6,31	+85,63	+86,13
	$\bar{4}$ - $\bar{5}$	-50,00	-33,71	+16,29	+2,91	-30,80	-31,73
5	5-4	-50,00	-72,73	-22,73	+4,01	-68,72	-68,53
$\bar{5}$	$\bar{5}$ - $\bar{4}$	-50,00	-70,55	-20,55	+4,11	-66,44	-66,41

ezeket a terheléseket a csuklós rendszerre működtetjük, úgy a közelítő  $\Delta\psi_0$  javító értékeket és azokból a VI. táblázatban feltüntetett  $3\Sigma N \cdot \Delta\psi_0$  összegeket megkapjuk. Ezen új értékekre vonatkozó egyenletrendszer megoldása a következő javító értékeket adja:

$$\begin{aligned}
 E \cdot \Delta\varphi'_1 &= -0,095665 \cdot 10^{-2}, & E \cdot \Delta\varphi'_1 &= -0,095393 \cdot 10^{-2} \\
 E \cdot \Delta\varphi'_2 &= -0,099073 \cdot 10^{-2}, & E \cdot \Delta\varphi'_2 &= -0,100592 \cdot 10^{-2} \\
 E \cdot \Delta\varphi'_3 &= 0,001269 \cdot 10^{-2}, & E \cdot \Delta\varphi'_3 &= 0,000866 \cdot 10^{-2} \\
 E \cdot \Delta\varphi'_4 &= 0,141230 \cdot 10^{-2}, & E \cdot \Delta\varphi'_4 &= 0,146823 \cdot 10^{-2}.
 \end{aligned}$$



A  $\Delta\psi_0$  rúdelfordulásokból és a  $\Delta\varphi'$  csomóponti elcsavarodásokból a VII. táblázatban megadott  $\Delta M'$  javító értékeket lehet számítani. Az így kapott  $M' + \Delta M'$  nyomatékok a virtuális munka alapján számított és a legutolsó rovatban feltüntetett pontos értékekkel már jól egyeznek, további javításukra nincsen szükség.

#### IRODALOM

1. L. C. MAUGH: Stresses and Deformations in two-hinged Vierendeel Truss Arches. (Proceedings of the fifth International Congress of Applied Mechanics, 1938.)
2. M. MEGAHID: The Free Main System. (Ph. D. Thesis, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, 1948.)
3. N. NAYLOR: Side Sway in Symmetrical Building Frames. (The Journal of the Inst. of Struct. Engineers, Jan. 1950.)
4. F. STRÜSSI: Zur Berechnung des Vierendeelträgers. (Int. Vereinigung für Brückenbau u. Hochbau, Abhandl. 1950.)
5. E. LIGHTFOOT: A Method of Analysis of the Continuous Vierendeel Girder. (The Structural Engineer, Nov. 1951.)
6. I. A. EL DEMIRDASH: Statics of the Vierendeel Girder. „Int. Ass. for Bridge and Struct. Engg. Publ. 1952.)
7. I. A. EL DEMIRDASH & A. E. SHAABAN: The Vierendeel Girder with Equal Chord Stiffness. (Bull. of the Faculty of Engineering, Cairo University 1953—54)
8. I. A. EL DEMIRDASH & H. A. ABDEL WAHAB: The Continuous Vierendeel Girder. (Bull. of the Faculty of Engineering, Cairo University, 1957—58).
9. I. A. EL DEMIRDASH & A. E. SHAABAN: Solution of the Vierendeel Girder by Joint Rotations and amber Slopes. (Bull. of the Faculty Engg. Cairo University 1958—59).
10. I. A. EL DEMIRDASH: Der Durchlaufende Rahmenträger (Int. Vereinigung für Brückenbau u. Hochbau Abhandl. 1959.)

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A belsőleg sztatikailag határozatlan Vierendeel-tartó csomóponti elmozdulásai nagyon jól egyeznek a rúdközéppontokba beiktatott csuklók útján kialakított csuklós rendszer azonos értékeivel. Ennélfogva az utóbbiakat mind a folytatólagos Vierendeel-tartók ismeretlen támaszponti erőinek, mind a rúdlánccal merevített Vierendeel-tartó ismeretlen vízszintes övrúd erőjének a számítására jól fel lehet használni. A csuklós rendszer csomóponti elmozdulásait a csomópontok elfordulási szögeinek és ebből a Vierendeel-tartó rúdvégnyomatékainak a számításához is fel lehet használni.

A fentieknél azonban csak a nyírőerő befolyását szabad elhanyagolni. A normálerők és nyomatékok jelentős hatásai többé-kevésbé egyenlő nagyságrendűek és ezért mindkettőt figyelembe kell venni. Ha a Vierendeel-tartó hozzávetőleges számításánál mégis el akarnánk a normálerő hatását hanyagolni, úgy már nem érdemes egyenletrendszerrel dolgozni. Erre a célra a közelítő eljárások — mint a mezőnkénti fokozatos eljárás, a rugalmas erőpárok módszere, vagy a nyomatékok kiegyenlítésének módszere — már alkalmasabbak.

# K Ö N Y V S Z E M L E

A. Tárczy-Hornoch és W. Hrisztov

## TABLICI DLJA ELLIPSZOIDA KRASZOVSKOGO (DLJA ZONI 40—55°)

Tables for Krassowski-Ellipsoid (between 40—50° parallels) — Tafeln für das Krassowsky-Ellipsoid (Zone 40—50°). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959. 660. o.

Az idők múlása kemény próba. Mindnyájunknak dicsőség, ha ezt a próbát az emberi agy valamelyik terméke kiállja. A dicsfényhez azonban többnyire gyakorlati haszon is járul, mert igazában csak a múlt és jelen összes értékes eredményeinek felhasználásával lehet haladni. Jól érzékelteti ezt az előttünk fekvő, terjedelmes mű előszava is. Az világlik ki ugyanis belőle, hogy fő célja megkönnyíteni azokat a felsőgeodéziai számításokat, melyeket GAUß-féle koordinátákkal végzünk a KRASZOVSKIJ-féle ellipszoidon. GAUß és KRASZOVSKIJ születése között 101 esztendő telt el, a Gauß-féle szögtartó hengervetület és a Kraszovszkij-féle ellipszoid megszületése között még ennél is több. GAUß a feudalizmus korában alkotott, KRASZOVSKIJ a szocializmuséban. Mégis e két régen porladó agy termékének időnkbeli összekapcsolásából jött létre a geodéziai ábrázolások egyik legfontosabb módja.

A táblázatok készítésének gondolata az MTA 1956. évi Geodéziai Konferenciáján gyakorlati szükségletből vetődött föl és még ott ajánlással érett. A hatalmas munkát TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus az MTA Geodéziai Kutató Laboratóriuma és HRISZTOV VLADIMIR akadémikus a Bolgár Tudományos Akadémia Geodéziai Központi Laboratóriuma nevében közös feladatnak elvállalták. A könyv 1959 nyarán — az Akadémiai Nyomdához méltó, tetszetős köntösben — került asztalunkra.

A munka úgy oszlott ketté, hogy a változó együtthatók segítségével való számításokat (amelyeknél tehát a megadott együtthatók között interpolálni kell) a bolgár laboratórium, az állandó együtthatókkal való számításokat pedig (ezeknél az együtthatók között nem kell interpolálni) a magyar végezte el.

A felhasznált képletek és jelölések legnagyobb része HAZAY ISTVÁN és TÁRCZY-HORNOCH ANTAL: A Gauß-Krüger-koordináták számítása (Budapest, 1951), valamint WL. HRISTOV: Die Gaußschen und geographischen Koordinaten auf dem Ellipsoid von Krassowsky (Berlin, 1955) című könyvéből származik. További fontos forrásnak kell tekintenünk HAZAYNAK az állandó csatlakozópontú redukciós számítási eljárásra vonatkozó tanulmányait. (Átszámítás a Gauß—Krüger-vetületnél egyik vetületi sávról a szomszédos vetületi sávra, Földmérési Közlemények 1950/3—4. és A Gauß—Krüger-koordináták átszámítása keskeny sávokról szélesebb sávra, Földmérési Közlemények 1951/2.), valamint EILINGZFELD FERENC és SZÁDECKY-KARDOSS GYULA által a Hazay-féle koordinátaátszámítási módszer használhatósági tartományának kiterjesztésére végzett munkát is (Geodézia és Kartográfia 1957).

A mű 68 oldalas orosz nyelvű bevezetéssel kezdődik. Ez felvilágosít a könyvben előforduló jelölésekről, megmagyarázza — pontos matematikai alapon — minden egyes táblázat tartalmát és egy-egy ügyesen összeállított szám példával szemlélteti használatát. A képleteket különleges jelek bontják részekre, figyelmeztetül arra, hogy mely tagokat vegyük figyelembe dm, cm vagy mm éles számításához. Ez a jól megírt, nagyon szépen nyomott, nélkülözhetetlen bevezetés teljes egészében megismétlődik angolul és németül is.

A bevezetést harmincféle táblázat követi. Közülük 16 a bolgár, 14 a magyar laboratórium munkája. A sajtóhibák elkerülése céljából a táblázatokat a nyomda fotomechanikai úton készítette, az írógéppel írt, ellenőrzött eredeti táblázatokról.

A bolgár laboratórium által számított táblázatok elsősorban a következő feladatok megoldására készültek: az alapfüggvényeknek, a görbületi értékeknek, a meridiánok és paralellkörök közötti területeknek a számítása; a földrajzi szélesség meghatározása a meridiánív hosszából; az első és második geodéziai fő feladat megoldása földrajzi, illetve Gauß-koordináták alapján; földrajzi koordinátákból Gauß-koordináták, lineármódulus és meridiánkonvergencia számítása; Gauß-koordinátákból földrajzi koordináták, lineármódulus és meridiánkonvergencia számítása; a Gauß-féle vetület irány- és hosszredukcióinak kiszámítása;

a Gauß-koordináták átszámítása 3 fokos sávról 6 fokra, vagy szomszédos 3 fokra, illetőleg 6 fokos sávról 3 fokra vagy szomszédos 6 fokra, a változó együtthatók módszerével.

A magyar laboratóriumban készült táblázatok első része főként a Gauß-koordinátáknak, a meridiánkonvergenciának és a lineármódulusnak a földrajzi koordinátákból, vagy a földrajzi koordinátáknak, a meridiánkonvergenciának és a lineármódulusnak a Gauß-koordinátákból való kiszámítására használható.

További részében a Gauß-koordinátáknak a különböző sávok között — az előbb említett valamennyi változatban — való átszámítására szolgáló táblázatok vannak, arra az esetre, midőn a feladatot az állandó együtthatók módszerével, vagy a redukációs eljárással oldjuk meg.

Mindkét laboratórium vezetőjét az a gondolat vezette a táblázatok szerkesztésekor, hogy a könyv használói számításait számológéppel fogják végezni.

Mikor 1957 nyarán a mű kézirat nyomdába került, a szerzők bizonyára azt hitték, hogy e tárgykör területén jóidőre elvetették a jövődől minden gondját. Nem így történt. TÁRCZY-HORNOCHOT tovább foglalkoztatta ez a fontos időszerű probléma és azóta a Gauß-koordináták átszámítására több újabb megoldást talált. Közülük különösen a háromcsatlakozópontú ívmetszéses módszer célszerű, mert a számítás helyességére átfogó, gyors ellenőrzést is ad. Örvedetes, hogy a könyv táblázatai ezekre az átszámításokra is jól használhatók. A közelítő koordináták megfelelőbb kiszámítására kidolgozott szellemes módszere a régebbi átszámítási eljárásokhoz is előnyösen használható, ezért örömmel értesültünk arról az elhatározásáról, hogy a könyvet erre a célra néhány oldalas füzettel kiegészíti. Ha ez megtörténik, a könyv értéke, valamint használhatósága tovább fokozódik és nyilván ki fogja állni az idők próbáját is.

*Dr. Regőczy Emil*

*M. V. Pentkovszkij*

#### NOMOGRAFIA

Az orosz eredetiből fordította WEIDINGER László. Lektorálták: Dr. ACÉL JÁNOS, a mat. tud. kandidátusa, Dr. HAJÓS GYÖRGY, Kossuth díjas akadémikus. Az oroszból fordított magyar kiadást szerkesztette: BÉKÉSSY ANDRÁS. Akadémiai Kiadó, 266 oldal, 148 ábrával, 3 melléklettel.

E mű mondhatni kizárólag a pontsoros nomogramok különböző válfajaival foglalkozik alaposan és részletesen. Az anyag beosztása és tárgyalása igen világos és felhasználja a pontsoros nomogramok osztályozásában a klasszikus nomográfia eredményeit. A skála és annak szerkesztése alapja a pontsoros nomogramnak. Ebből a szempontból áttekinthetően és érthetően ismerteti a skála szerkesztéseit, transzformációit és bemutatja ezeknek széleskörű alkalmazásait. Különös figyelmet fordít a szerző a leolvasások pontosságára és elsőnek mutat rá arra, hogy a pontsoros nomogram alakja tetemesen befolyásolja a leolvasás pontosságát.

Kétségtelen, hogy e munka a maga nemében ma első helyet foglal el a világirodalomban és nagy nyereségnek tekinthetjük e munka megjelentetését magyar nyelven. Azok részére, akik a pontsoros nomogrammal, annak teljes terjedelmében meg kívánnak ismerkedni, a munka alapos tanulmányozását a legmelegebben ajánlhatjuk. Mivel rendelkezésemre állt a munka eredeti szovjet és annak német fordítása, megállapíthattam, hogy a fordítás kitűnő, híven adja vissza a szerző gondolatait és nagyon sok értékes megjegyzést találunk a szerkesztés részéről is. A könyv haladó nomografus továbbképzéséhez is nagyon hasznos.

E könyv kapcsán felelevenednek előttem a nomográfia megalapítójának D'OCAGNE professzornak szavai, aki bemutatván az intézetében levő nomográfiai múzeumát, ahol a világ összes nyelvein megjelent nomográfiai szakmunkákat őrizte, közte szerény, német nyelven megjelent munkáimat is, átadott egy francia nyelvű füzetet a szovjet nomografusok munkáiról és a legnagyobb elismeréssel nyilatkozott GLAGOLEFF és PENTKOVSKIJ munkáiról és melegen ajánlotta a velük való kapcsolat felvételét. 1937-ben fel is vettem GLAGOLEFF professzornal a kapcsolatot és kölcsönösen kicseréltük munkáinkat és az általa dedikált könyveket ma is őrzöm. GLAGOLEFF professzor munkája pedig maga az utolsó négy évtized legjobb idevágó munkái közé tartozik. A nomográfianak ezen hatalmas előtörése a Szovjetunióban, a hatalmas ipari fejlődés úttörője volt.

A pontsoros nomogramok a matematikus számára sok érdekes tárgyalási anyagot nyújthatnak, azonban a gyakorlat is közrejátszik, amely megállapítja, hogy a skálaszerkesztés és az ezzel járó esetleges transzformáció oly körülményes, hogy indokolt a szerző azon kijelentése, amely szerint ajánlatos, hogy a nomogram tervezése és kivitelezése kettéválasszassék. Talán helyesebb az az álláspont, amely az igazi nomografusra jellemző, hogy a magatervezte nomogramot fel is tudja rajzolni, mert akkor azonnal meggyőződhetik tervezésének helyes voltáról, megállapíthatja az esetleges változtatásokat. A használati nomogram kivitelezése azután már gyakorlott kezekbe kell hogy kerüljön.

A pontsoros nomogramok szerkesztésével járó nehézségek következtében — és erre e helyen is rá kell mutatnom —, mindinkább előtérbe kerülnek a vonalsereges nomogramok, amelyekhez kész hálózatokat lehet felhasználni, tehát a skálaszerkesztés alól — legalábbis a legtöbbször — megkaphatjuk a felmentést. Ma már a legváltozatosabb és nyomdatechnikai pontossággal készülő osztáspapírok vannak forgalomban, sőt különleges példákra is, amelyek lényegesen megkönnyítik és hozzáférhetővé teszik a görbesereges nomogramok szerkesztését és használatát, amit egyébként e könyv szerkesztője a 89. lapon található jegyzetében helyesen megemlíti. Nagyon jó szolgálatot tenne egy vonalsereges nomogramokról szóló könyv, amely még eddig néhány kisebb próbálkozást nem tekintve, a világirodalomban sem jelent meg.

Néhány szót kívánnék még a nomenklaturához fűzni. Ezen a téren — bár a könyvnek egyik fontos feladata lett volna végleges állapotot teremteni —, egységességet nem lehet találni. Ha már „osztásköz” és „becsztás” van az elnevezések között, talán helyesebb lett volna a skála szó helyett az „osztás” elnevezést használni, anélkül, hogy ez tévedésre okot szolgáltatna. Nem találkoztunk az osztáspont, de főleg az osztásegység fogalmával sem, amelynek pedig nagy jelentősége van. A 185. lapon ugyan szó van a „mértékegység” fogalmáról, de ez így ott nem elég szabatos. Ez is indokolná az osztás fogalmának bevezetését. Ezen a téren tehát a fogalmak tisztázása még sok kívánnivalót hagy hátra, amire a jövőben különös figyelemmel kell lenni. Megfontolandó még az is, hogy a matematikában kissé idegenül hangzó „sereg” szó helyett, a „nyaláb” szót alkalmazzák és a hálózat és hálósábra elnevezéssel — amelyek nemzetközileg is használatosak —, megbarátkozzanak.

Mindezeket nem tekintve, a könyv megjelentetése nagy nyeresége a magyar műszaki rodalomnak és minden hozzáértőnek csak javára és segítségére szolgál.

*Balogh Arthur*

*Dr. Mihailich Győző*

## A XIX. ÉS XX. SZÁZADBELI MAGYAR HÍDÉPÍTÉS TÖRTÉNETE

Akadémiai Kiadó. Budapest. 1960. 128 o. 37 ábrával. Ára: 35,— Ft.

A könyv szerzője a ma élő hidász-mérnökök nesztora, aki a századforduló óta, tehát több mint két emberöltőn át nemcsak szemlélője volt a magyar hídépítés minden eseményének, de aktív résztvevője, sőt kezdeményezője és irányítója is, és mint tanár nevelője volt annak az immáron két generációt számláló, hatalmas mérnökseregnek, amelyek ebben az időben tevékenykedett. Úgy szólna nem volt a magyar hídépítésnek olyan eseménye, amelyhez MIHAILICHNAK valami köze ne lett volna.

Ezért igen helyes gondolat volt, hogy az Akadémia megbízta őt a magyar hídépítés történetének megírásával. Minthogy azonban senki sem lehet saját korának — különösen, ha abban maga is nagy szerepet játszik — tárgyilagos történetírója, és csupán emlékirat-szerűen rögzítheti a lejátszódott eseményeket, ezt a könyvet is úgy kell tekintenünk, mint szerzőnek e korszakról írt naplóját, s a jelenkor hidásza, akik neki mind tanítványai voltak és benne mesterüket tisztelik, mintegy körülük nesztorukat, és áhitattal hallgatják a magyar hídépítésről szóló megemlékezéseit. Szerző bámulatoss emlékezőtehetsége sok olyan eseményt idéz, aminek hézagoss műszaki irodalmunkban nyomát sem lehet találni.

Az a tény azonban, hogy szerző nemcsak írója e könyvnek, de aktív szereplője is, oka a könyv némely hiányának. Először is a magyar hídépítés XX. századi történetét lehetetlen úgy megírni, hogy ne fedezzük fel minduntalan MIHAILICH hatását, ne ütközzünk bele az ő tevékenységébe. S ő mint szerző túlszerűen volt ahhoz, hogy kiemelje saját működésének fontosságát, hatását és irányító tevékenységét. S ezáltal a könyv nélkülözi, legalábbis a XX. századra vonatkozó része, a teljességet, mert az MIHAILICH működésének megfelelő hangsúlyozása nélkül nem lehet egész. Különösen a magyar vasbeton-hídépítés története válik hiányossá, ha kihagyjuk belőle MIHAILICH teremtő működésének kellő ismertetését és mel-

tatását. Másik hiánya a könyvnek, ami ugyancsak fenti okból — MIHAILICH aktív hidász voltából — ered, a könyvnek bizonyos szempontból való egyenetlensége. Azok a fejezetek (XX. század), amelyek a kortárs szemével vizsgált eseményeket tárgyalják, lényegesen bővebbek és részletesebbek az elmúlt XIX. század hídépítéseit ismertető fejezeteknél; sőt szerző a XX. századról szóló részekben is egyenetlenül tárgyalja a közúti és vasúti hidakat, és utóbbiakkal — amelyekre a MÁV is úgyszólván belügyeiként kezelte és tervezte — mostohán bánik az előzőkhöz képest, amelyeknek tervezésében vagy irányításában közvetlenül része volt. Ebben része van annak a körülménynek is, hogy — miként azt a szerző előszavából megtudtuk, — informátorai közt csak egyetlenegy vasúti mérnök volt, az is csak a második világháború alatt ment át a közúti hídosztályból a vasúthoz. Szerző lelkes hidász-mivoltából származik az is, hogy lelkesültségében általában csak a jól megoldott feladatokat ismerteti, a hibákat, melléfogásokat, szerencsétlenségeket éppen csak említi, de semmieset sem boncolja részletesen (Így érdekes lett volna, ha részletesen kitért volna pl. a sinkai viadukt repedéseire, ZIELINSKI és KOSSALKA vitájára, vagy behatóbban tárgyalta volna a bolond úti hídkatasztrofának okait és a kaposvári feszített híd bajait). Általában a könyv egész szerkezetén meglátszik szerzőnek az a törekvése, hogy — márcsak a rendelkezésre álló szűk terjedelem miatt is — kiemelje másfél évszázad hídépítéseiből azokat a hidakat, amelyek mint legjellegzetesebb alkotások a fejlődést jelzik. A haladás eme mérőföldköveinek előtérbehelyezésével tömör képet rajzol nemcsak hidjaink fejlődéséről, de hidászmérnökeink úttörő tevékenységéről is. Hogy ilyen törekvés mellett a vasúti hidak háttérbe szorultak, az magyarázható abból, hogy a MÁV a ráháruló felelősség s a vasúti teher veszélyesebb volta miatt kötelező óvatosságból kevéssé vállalta az úttörő szerepét. Fenti törekvése miatt szerző úgyszólván csak a nagy hidakkal foglalkozik s a könyvből nem tudjuk meg, milyen szerkezetekkel hidalták át a kis nyílásokat, milyenek azok a hidak, amelyek az országban százával épültek (pl. a MÁV kavicságyas hídjai). Szerzőnek azonban a haladást jelző hidak ismertetésére kellett szorítkoznia, mert a számára megszabott terjedelemben sehogyse fért be másfél század magyar hídépítésének okuyomozó története és — sajnos — nem férték be az érdekesebb szerkezeteket megvilágító rajzok és tervrészletek, amiknek fényképek nem helyettesíthetnek, és amik egy műszaki történeti munkában különben nem hiányozhatnak. A KPM tert- és irattárának elpusztulásával magyarázható, hogy a könyvből sok helyen hiányoznak a konkrét adatok.

Mind ezek a felsorolt nehezítő körülmények hozzáak magunkkal, hogy a könyvet ne mint történet, de mint a hídépítés nesztorának visszaemlékezéseit forgassuk, és úgy tekintsük, mint egy rendkívül értékes forrásmunkát, melyre bizonyos idő múlva, a kellő történeti távlat megszerzése után felépülhet az a könyv, melyet szorgos tervtári és szakirodalmi kutatásnak kell megelőznie, s amelyet tervrészletekkel, pontos adatokkal, valamint a vonatkozó lehetőleg teljes irodalmi dokumentációval kell kiegészíteni, és amelynek részére lényegesen nagyobb terjedelmet kell biztosítani.

A könyv 5 fejezetre osztva külön-külön tárgyalja a híd tartószerkezetének anyaga szerint csoportosítva a hidak történetét. Ez a tárgyalási mód kissé fellazítja a hídépítés történetét, és többször úgy tűnik fel, mintha a különböző anyagú hidak egymástól függetlenül fejlődtek volna. Talán helyesebb lett volna a fejlődést egységesen tárgyalni, az egymásra való hatást is vizsgálva, és a felülett korszakot a hídépítés fejlődését döntően befolyásoló eseményekkel részekre osztani.

Bevezetőben szerző a hazai felső oktatás rövid történetét ismerteti, kár, hogy csak az egyetemmel alakulásig. Pedig érdekes lett volna a hídépítésen és sztatika oktatásának fejlődését és annak a hídépítésekre gyakorolt hatását végigkísérni napjainkig. KHERNDL, KOSSALKA és ÁLGYAY működésének ismertetése közben szerző az oktatás kérdéseire ugyan még kitér, de azok a részek nem függnék össze a bevezetővel, melynek címe megkívánta volna, hogy a felsőoktatás kérdését legalább utalásokkal napjainkig végigkísérjük.

Az I. fejezet fahídjainkról szól. Ebben szerző részletesen ismerteti a régi erdélyi fahidakat, köztük a híres tordai Aranyos-hidat, amelyek a XIX. század eleji magyarországi technikai kultúráról tesznek tanúbizonyságot.

A II. fejezet a kőhidak, a III. pedig a boltozott betonhidak történetét ismerteti. Magyarországon a hídépítésnek ez a faja meglehetősen mellőzött volt, s ehhez képest e fejezetek is rövidek. A III. fejezetben a szerző kitér a magyar cementgyártás kezdeteire s az első cement-felhasználásokra is.

A IV. és leghosszabb fejezet a vashidakkal foglalkozik, ami természetes is, mert a tárgyalt másfél században ezek építése volt a legfontosabb, s a hidak egyideig majdnem kizáróan vasból épültek. E fejezet az első öntöttvashíd megemlítése után részletesen ismerteti a HOFFMANN testvérek és MADERSPACH Károly érdekes és eredeti hídjait, majd a budapesti Lánchíd építését megelőző tervezetéseket; magával a hídépítéssel és a megépült híddal, a magyar műszaki irodalomban amúgyis kivételesen kimerítően feldolgozott témával, csak



röviden foglalkozik. Ezután szerző részletesen ismerteti KHERNDL Antal működését és az egész magyar hidépítésre gyakorolt, soha el nem múló hatását.

A múlt század végéig épült kavartvasból készült Tisza- és Dunahidak rövid ismertetése után az eskü-téri és fővám-téri hidak terveinek beszerzése végett kiírt pályázat történetének, valamint e hidak építésének tárgyalása következik. E korszaktól kezdve, mikor is szerző személyes működése kezdődik, sűrűsödnek az adatok. A Lánchíd átépítésének, ebben GÁLLIK István és BEKE József szerepének ismertetése után a nagyobb szilárdságú acélok felhasználásának kérdését tárgyalja, ami a két világháború közti időszak kísérletezéseinek tárgya volt.

A vasúttal szerző — mint már említettem — általában mostohán bánik. Így az 1907-ben megjelent vasúti hídszabályzatot, s az azt készítő ZELOVICH Kornél működését meg sem említi, pedig a tárgyalat közötti hídszabályzat is ennek alapján készült. Csak futólag említi az államvasúti hídosztályt, és a tapasztalatok összegyűjtése és felhasználása miatt is oly fontos hídvizsgálatokat. Megjegyzem, hogy a 65. oldalon említett 25 t-ás mozdonyt teherként nem 1951-ben írták elő, hanem 1926-ban az akkor kiadott szabályrendelet-tervezetben.

Az 1919-ben felrobbantott Tiszahidak helyreállításának tárgyalását a két világháború közötti hidépítések ismertetése követi. Ebbe a korba esik KOSSALKA hídepítő, tanári és tudományos működése, melyet szerző részletesen ismertet, megállapítva méltó helyét és szerepét a magyar hidépítés történetében és a műszaki tudományban. A két világháború közt játszódik le a Boráros-téri híd építése, a Margithíd szélesbítése és az Árpádhíd építésének megkezdése. Szerző mindezeket részletesen tárgyalja, de a MÁV hídepítőtevékenységgel e korszakban is egyenlőtlenül foglalkozik, így pl. nem említi meg a fontos híderősítő tevékenységet, amelynek folyamán néhány igen eredeti megoldást alkalmaztak.

A következő korszak a II. világháború pusztításainak és hídhelyreállítási munkáinak ideje. Szerző részletesen tárgyalja a közúti hidakat, de már a két vasúti Dunahíd helyreállításának ismertetése elnagyolt. Végezetül a magyar mérnökök külföldi hidépítési tevékenységéről (heluani Nílushíd) számol be. A rendelkezésre álló szűk terjedelem lehetett az oka, hogy szerző a IV. fejezetben nem tárgyalta részletesen a hegesztés kérdését, és nem ismertette az első hegesztési szabályzat keletkezését, az első hegesztett hidakat (a teljesen hegesztett győri Rábahíd, a balatonboglári, piliscsabai gyalogfelüljárókat stb.) és a hegesztés mai állapotát és nehézségeit.

Az V. fejezet a vasbetonhidakról szól. Ez szerzőnek igazi tere, amelynek története nem választható el az ő tervezői és oktatói, valamint tudományos kísérletező működésétől. Az ő személyének és könyvének jelentőségét és hatását megírni természetesen más valakire vár! A vasbeton eredetének és első alkalmazásának ismertetése után az első magyar vasbetonhidak építéséről ír, kiemelve Dr. ZIELINSKI Szilárdnak szinte apostoli működését. A vasbeton előretörése és az acélhidak egyeduralmának megtörése a két világháború közti időre esik, amikor már MIHAILICH az egyetemen felnevelt olyan mérnökgyárdát, amelyik tudott is vasbetont tervezni. Ugyanebben a korban kezdik a nagy közútépítéseket is, aminek következménye, hogy a nagynyílású Duna- és Tiszahidakat kivéve általában vasbeton közötti hidak épülnek. Ekkor építik az első vonórudas ívhidakat, melyeket szerző részletesen ismertet, és amelyeknek építése különböző szerkezeti javításokkal átnyúlik a második világháború utáni időkre. Az ekkor mutatkozott nagy acélhiány világszerte elősegítette a vasbeton fejlődését, s a helyreállítások során a középnyílásokban több helyen vasbetonhidat építenek a lerombolt vashidak helyébe (győri sétatéri híd). A háború utáni vasbeton helyreállítások és új hidépítések részletes ismertetése után szerző az előregyártás és feszítés helyzetét vázolja, röviden rámutatva az e téren jelentkezett nehézségekre és elmaradásunk okaira. Befejezésül a magyar hidépítés biztató jövőjét vázolja lelkes szavakkal.

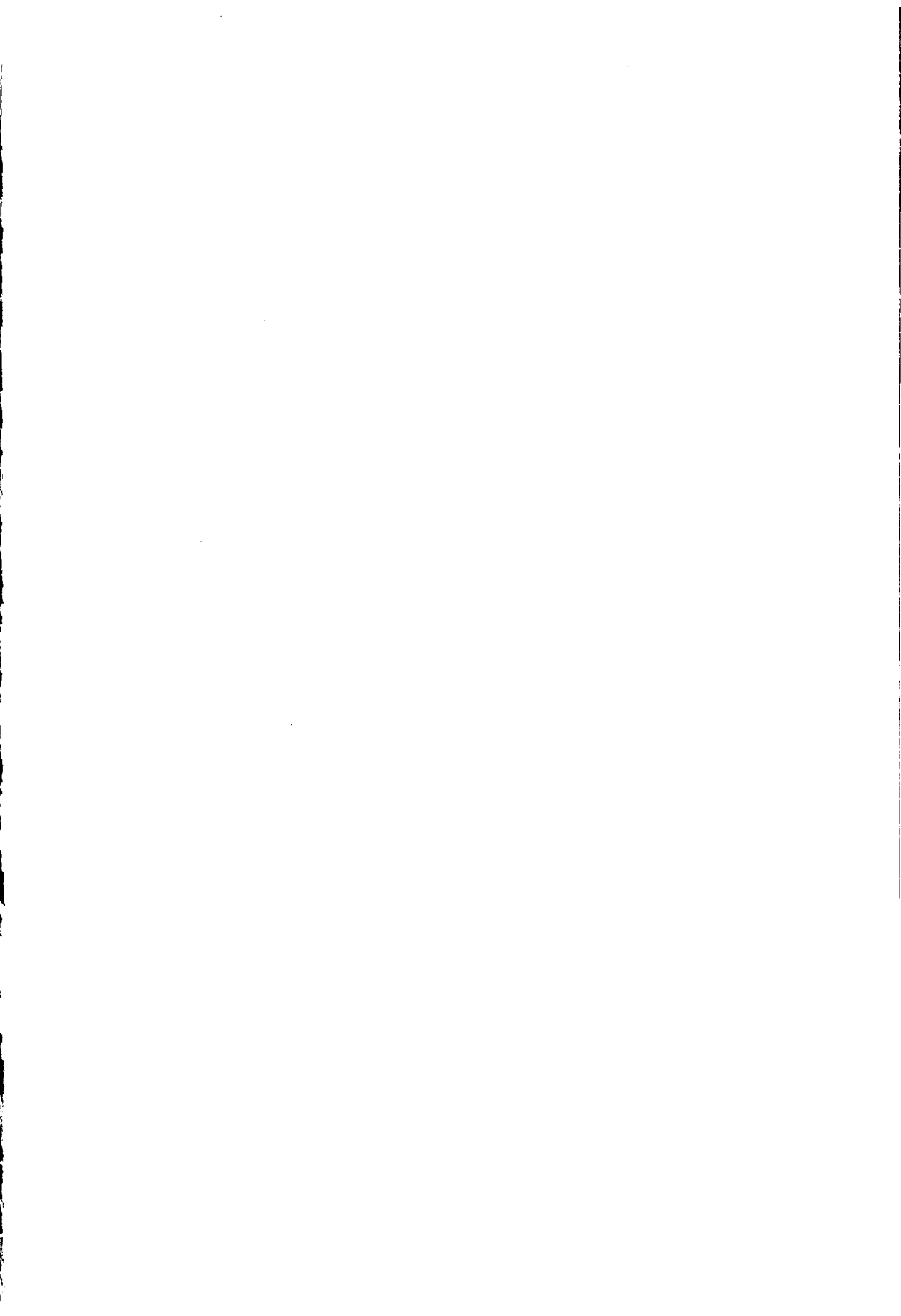
Néhány valószínűleg elnézésből származó tévedést meg kell említenem, hogy azok a könyv II. kiadásában kijavítottassanak. A komáromi Dunahíd nem a csehek építették (89. o.); ők csak a szlovákiai part első nyílását szerelték és az acélananyag egy részét szállították. A dunaföldvári Dunahíd képe hibásan van KOSSALKA hídjaként közölve (13. ábra), a kép a háború után épült hídé. Ugyancsak hibás a szegedi új Tiszahíd közölt terve (23. ábra), mely nem a megépült gerinclemez híd, de egy előzetes rácsos variánst tüntet fel.

Az új kiadásnál pótolni kellene emellett néhány elmaradt részletet, melyek közül a már említetteken kívül csupán a legszembetűnőbbeket sorolom fel: írni kellene a gombosi gőzkompról és a helyén épített Dunahídról, annak helyreállításáról, a múlt század közepén a Tisza felett épült vasúti fahidakról, a fumei forgóhidakról, a sok kárpáti vasúti viaduktról is, amelyek ugyan nincsenek Magyarország területén, de amikor épültek, magyar munka eredményeként ott voltak. A déli összekötő Dunahíd helyreállításának leírásából nem derül ki a négy helyreállítási periódus (1. szovjet provizorium, 2. a K-híd, 1946. 3. a végleges híd első vágánya és 4. a második vágánya alatti híd). Említést érdemelt volna a fővám-téri híd budai nyílásának összeroppanása az okaival és a felemelése.

A Lánchíd háború utáni újjáépítésének leírásából elnézésből kimaradt annak megemlézése, hogy az újjáépítés tervezője SÁVOLY Pál volt, aki új számító eljárást alkalmazott, mely tetemes gazdasági előnyt is jelentett („Magyar Közlekedés-, Mély- és Vízépítés” 1950 II. kötet 3. sz.) Ezt szerző pótolni is kívánta egy, a könyvbe utólag elhelyezett toldással, aminek megemlézésére e sorok íróját is felkérte.

Mindent összefoglalva a könyv rendkívül érdekes memoár, amelyet a jelenkor hidászai, valamennyien MIHAILICH tanítványai, nagy élvezettel és mesterüknek kijáró tisztelettel olvasnak, a későbbi generáció számára pedig nélkülözhetetlen forrásmunka, mely a feledéstől megment rendkívül sok, műszaki irodalmunkban eddig sehol le nem írt eseményt. A könyvért éppen ezért az egész mérnöktársadalom hálája és köszönete illeti meg a szerzőt és nagyon üdvös lenne, ha az Akadémiai Kiadó a könyvet nagyobb terjedelemben másodszor is kiadná, amikor az említett hiányok pótolhatók, és a könyv egy teljes irodalmi dokumentációval kiegészíthető lenne.

*Dr. Korányi Imre*



## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása és ennek segítségével az excentertest elkészítése .....	191
<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása adott méretű görgő esetén .....	201
<i>Grega Béla</i> : Az iparban használatos excenterek egyenletének meghatározása adott méretű görgő esetén a paralelgörbe egyenletének felhasználásával.....	211
<i>Csonka Pál</i> : A Macaulay-féle eljárás alkalmazási körének kiterjesztése.....	217
<i>Csonka Pál</i> : A rugalmas körhengerháj feszültségfüggvényéről.....	221
<i>Balogh Arthur</i> : Adalék a lengésekkel kapcsolatos számítások egyszerűsítésére.....	227
<i>Szelényi Tibor és Váczy István</i> : Árammal izzított drótok alacsonyabb hőmérsékletének megállapítása extrapolációval .....	247
<i>Hazay István</i> : Sztatikai koordinátaki egyenlítés iránymérésekkel, tájékozó irányok nélkül .....	259
<i>Tichý M. és Vorlíček M.</i> : Előre nem látható módon változó hajlékonyságú többtámaszú tartók és keretszerkezetek .....	283
<i>Váczy István és Z. Nagy Lajos</i> : Ultravacuum-mérő, ultravacuum-előállítás.....	293
<i>Valkó Iván Péter</i> : Akusztikai berendezések zajossága.....	313
<i>Balogh Arthur</i> : Torzióslengés karakterisztikus egyenlete együtthatóinak kiszámítása..	333
<i>Szöke Béla</i> : Motoros irányváltásnál keletkező ütések a hajtás hézaggal bíró elempárjaiban .....	359
<i>Loa I-can</i> : A finom szén mosása hidrociklonban .....	377
<i>Hankó Géza</i> : A fotogrammetria alkalmazása az 1 : 10000 és nagyobb méretarányú térképezéseknél a hazai viszonyok között .....	393
<i>I. A. El-Demirdash</i> : A kerettartók (Vierendeel-tartók).....	429

## KÖNYVSZEMLE

<i>Tárcy-Hornoch—Hrisztov</i> : Tafeln für das Krassowsky-Ellipsoid — Regőczy Emiltől	457
<i>Pentkogszkij, M. V.</i> : Nomográfia — Balogh Arthurtól.....	458
<i>Mihailich Győző</i> : A XIX. és XX. századbeli magyar hídépítés története, Korányi Imrétől	459