

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

36. KÖTET

1—4. SZÁM



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

1965

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

36. KÖTET 1—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 utca 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.

El 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

36. KÖTET



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

1965

VI. OSZT. KÖZL.



RÁZSÓ IMRE

1904—1964

Rázsó Imre 1904. október 14-én Kassán született. Gépészmérnöki oklevelét a Budapesti Műegyetemen 1927-ben, míg gazdasági akadémiai oklevelét a Magyaróvári Gazdasági Akadémián 1931-ben szerezte.

1929-től a Magyaróvári Gazdasági Akadémia Géptani Tanszékén dolgozott tanársegédi állásban, majd később részt vett az ugyanitt működő Mezőgazdasági Gépkísérleti Állomás munkáiban is. Itteni kutatásai közül a biogáztelepekkel, valamint a cséplési szemveszteségekkel kapcsolatos munkáit kell kiemelni.

1946-ban az újjászervezett Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Géptani Tanszékének vezetője, majd 1949-től a Budapesti Műszaki Egyetem Mezőgazdasági Géptani Tanszékének professzora lett.

Rázsó Imre a mezőgazdasági gépészeti tudományok területén kimagasló szerepet játszott. Nevéhez fűződik a traktorok stabilitási viszonyainak, a kerekek gördülési viszonyainak, valamint a traktorok vontatási hatásfokának részletes vizsgálata. Részletes elméleti tanulmányok alapján kidolgozta a mély és meredek falú árkok készítésére szolgáló árokvonó ekét és annak méretezési elveit. Nagy munkát végzett a magyar aratócséplőgép, valamint a helyes betakarítási módszer kialakításában is. Az utóbbi időben a homoktalajok megmunkálásának gépesítési problémái foglalkoztatták, s elvi iránymutatásai ott is igen tevékenyen hatottak.

A magyar és nemzetközi tudományos életben tevékenyen vett részt. 1949 óta a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja. A Gépipari Tudományos Egyesületben kifejtett munkásságáért a Bánki Donát emlékérem aranyfokozatával tüntették ki.

A magyar mezőgépészek tisztelettel őrzik emlékezetükben Rázsó Imrét, a tudóst és embert.

Sitkei György

RATKOVSKY FERENC

1900—1965

RATKOVSKY Ferenc akadémikus, Kossuth-díjas, 1965. március hó 9-én elhunyt. A magyar erősáramú elektrotechnika egyik legkiemelkedőbb egyénisége, a korszerű erősáramú elektrotechnika úttörője volt. Halálával nagy veszteség érte ezt a tudományágat.

RATKOVSKY Ferenc 1900. május 18-án született Sopronban. Már diplomája elnyerése előtt néhány hónappal a Ganz Villamossági Rt. szolgálatába lépett. Működését a gyár próbatermében kezdte, amelynek rövidesen helyettes vezetője és egyben BLÁTHY Ottó Titusz közvetlen munkatársa lett. 1924-ben főmérnökké nevezték ki, 1925-ben pedig a gyár transzformátorszámítási és szerkesztési irodájának vezetését bízták rá. 1929-ben a gyár helyettes igazgatója, 1935-ben igazgatója lett és megbízást kapott az összes számítási, tervezési, kísérleti és műszaki-kereskedelmi osztályok vezetésére. 1939-ben ügyvezető igazgatónak nevezték ki.

A Ganz-gyár 1927. évtől kezdve mintegy 50 szabadalmát jelentette be, illetve valósította meg. Az általa szerkesztett transzformátorok mind a teljesítőképesség (1927-ben 42 MVA-es, 1928-ban 110 kV-os egység), mind a kis súly szempontjából világviszonylatban is élenjárók voltak. Korszerűsítette a nagyfeszültségű készülékek gyártását. Irányította a teljes erősáramú ipar műszaki fejlődését és tevékenyen vett részt az országos villamosításban. Különösen a feszültségszabályozó transzformátorok terén jelentek meg új konstrukciói. A rendelkezésre álló kapcsoló szerkezeteknek megfelelően a szabályozási kapcsolást a kisebb feszültségű oldalon oldotta meg. Elosztóhálózati, fogyasztói önműködő feszültségszabályozó berendezése, különösen annak automatikája, külföldön is nagy elismerést aratott. Jelentős eredményei közé sorolható, hogy továbbfejlesztette a világon elsőként Magyarországon üzembekeverülő 50 frekvenciás vasútvillamosítás Kandó-féle villamos mozdonyrendszerét. Tetszőleges teljesítményre és sebességre alkalmas, frekvenciaváltós rendszerű járművét, amelynek sebessége folyamatosan szabályozható volt, a Francia Államvasutak is alkalmazták.

1932-ben a Budapesti Műegyetemen, majd 1936-ban a Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen magántanári képesítést szerzett. A Magyar Tudományos Akadémia 1939-ben Berzeviczy-díjjal tüntette ki.

1941-ben a Főváros felkérésére Ganz-gyári állásáról lemondva Budapest Főváros Elektromos Műveinek vezetését vette át. A felszabadulás után újult erővel látott munkához. Irányította az Elektromos Művek sérült berendezéseinek kijavítását és a Mátravidéki Erőmű újjáépítését. Megtartva az Elektromos Művek vezetését, 1948—60. években a kormányzat felszólítására az országos villamosítás munkálataiban mint műszaki irányító vett részt, azonkívül a Ganz Villamossági Gyár műszaki tanácsadójaként a legfontosabb tervezői munkákat vezette. Számos új, illetve gazdaságosabb megoldás készült a javaslatai alapján. Ezek közül legfontosabb volt az országos hálózat 100 kV-os feszültségének 120 kV-ra való felemelése, amely 10 esztendő alatt 200 millió Ft-ot kitevő megtakarítást eredményezett és jelentékenyen megkönnyítette a szükséges nagy energiamennyiségek átvitelét. A szabadalma szerint készült nagyfeszültségű és nagyteljesítményű transzformátorok és szabályozó szerkezetek kialakítása is hasonlóképpen jelentékeny megtakarítást jelentettek. Az alaphálózati feszültség szint felemeléséért és nagy transzformátorok kialakításáért kiváló műszaki tudományos tevékenysége alapján, figyelembe véve sokoldalú alkotó munkásságát, a kormányzat 1952-ben Kossuth-díjjal tüntette ki. 1951-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává, 1954-ben pedig rendes tagjává választotta.

RATKOVSKY Ferenc munkásságát tudományos közleményei csak szórványosan mutatják. Mind elméleti, mind szerkesztési és gazdasági számításait és munkáit mindig a ténylegesen előforduló, a gazdasági élet legfontosabb feladatainak megoldására összpontosította.

RATKOVSKY-nak nemcsak szerkezetileg, de elvben is teljesen új, világviszonylatban is feltűnést keltő két szabadalma: az 1935-ben konstruált kisteljesítményű automatikus decentralizált feszültségszabályozó, és az 1937-ben megalkotott frekvenciaváltós mozdony. Utóbbit az első gyakorlatilag használható 50 periódusú Kandó-féle mozdony követte. A nagyfeszültségű és nagyteljesítményű transzformátorok korszerű típusainak saját szabadalmi szerinti való kialakítása és kifejlesztése szintén egyike a kiemelkedő tudományos és műszaki eredményeinek.

A villamos energiagazdálkodás számos kérdésével foglalkozott. Alkotó javaslataival jelentékeny mértékben fejlesztette a villamos energiarendszer kialakítását. Rendkívül sokoldalú munkásságában a műszaki tudás és rátermettség mellett a nagyfokú gazdasági hozzáértés nyilvánult meg. A szerteágazó feladatok között mindig a lényegre tudta figyelmét összpontosítani.

Ha életművén végigtekintünk, megállapíthatjuk, hogy személyében a magyar villamosipar és a magyar energiagazdaság egyik legkiválóbb egyéniségét vesztette el. Alkotó, eredményekben gazdag teremtő munkássága példaképpen áll előttünk. Emlékét kegyelettel őrizzük.

Szendy Károly

RATKOVSKY FERENC IRODALMI MUNKÁSSÁGA

1. Villamos gépek melegedése. *Elektrotechnika* (1923), április 15.
2. Die Erwärmung elektrischer Maschinen. *ETZ* (1925), május 22.
3. A mágnesező áram harmonikusai. *Elektrotechnika* (1925), február 25.
4. Transzformátor védőberendezések. *Elektrotechnika* (1928), február 15.
5. Schutzeinrichtungen für Transformatoren. *Elektrotechnik und Maschinenbau* (1928), 27. füzet.
6. Transzformátorok. *Elektrotechnika* (1929), november 15.
7. Önműködő feszültségszabályozó. *Elektrotechnika* (1935).
8. Ein neuer Spannungskleinregler. *Elektrotechnik und Maschinenbau* (1935), 31. füzet.
9. Le réglage décentralisé de la tension et son importance économique. *UNIPEPE* (1936), június 10–20 hágai konferenciája (III-C-11).
10. A világítási feszültség szabályozásának gazdasági jelentősége, *Köztségfejlesztés* (1936), január. 31.
11. Nagyteljesítményű és nagyfeszültségű transzformátorok különleges problémái. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa, VI. kötet (1942), 4. füzet.
12. A MÁV V-44 sorozatú Ganz-Kandó-Ratkovszky rendszerű villamos mozdony műszaki leírása. Ganz és Társa katalógus (1943).
13. A mátravidéki erőmű a megvalósulás útján. *Magyar Energiagazdaság* 1 (1948), 1.
14. Nagyvasutak 50 periódusú villamosítása és a periódusváltós rendszer. *Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 8 (1952), 2. szám.
15. Elektrifizierung von Vollbahnen mit 50 Hz Einphasenstrom und das Periodenumformer-system. *Acta Techn. Hung.* 4 (1952), 1–4.
16. 50-Cycle Main-Line Electrification and the Frequency-Changer System. *Hungarian Heavy Industries* (1953), 12.
17. Budapest Főváros Elektromos Művei transzformátorainak hibastatisztikája. *Villamosság*, (1959), május.
18. Az 50-periódusú vasútvillamosítás továbbfejlődése hazánkban és külföldön (akadémiai székfoglaló). *Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 33 (1964), 1–4.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI
TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK AZ 1965. ÉVI
NAGYGYŰLÉS KERETÉBEN TARTOTT
NYILVÁNOS ÜLÉSE

ELNÖKI MEGNYITÓ

OSZTROVSZKY GYÖRGY

levelező tag

Mai osztályülésünknek hazánk felszabadulásának huszadik, Osztályunk fennállásának pedig tizenötödik évfordulója különleges jelentőséget biztosít.

Ha végigtekintünk az elmúlt 15 év történetén, igen érdekes és Osztályunk szempontjából felette nagy jelentőségűnek minősítendő az a tény, hogy a mérnöki fejlesztéssel kapcsolatos problémák egyre inkább a figyelem középpontjába kerültek. Az említett időszak alatt jelentős oly erők képződtek, melyek ezt a fejlődést lehetővé tették. A műszaki fejlesztésre irányuló igények már eddig is igen komoly súllyal jelentkeztek, de ez a folyamat az elkövetkezendő tervekben még fokozottabban fog érvényesülni.

Ezen igen jelentős eredményhez nem kismértékben járult hozzá az Osztály tevékenysége, valamint az Osztály keretében működő bizottságok széles körű intézeti, tanszéki, államigazgatási munkája, melyeknek külön-külön és együttesen komoly szerepük volt abban, hogy a műszaki fejlesztés problémái minden vonalon az érdeklődés és tudományos kutatás hcmlokerébe kerüljenek.



BESZÁMOLÓ A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA 1949—1964. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

BOGNÁR GÉZA

AKADÉMIKUS, OSZTÁLYTITKÁR

Húsz évvel ezelőtt új társadalmi rend építése kezdődött hazánkban, amely a társadalom gyökeres átalakításával gyors gazdasági és kulturális fejlődés alapját teremtette meg. A húsz év alatt megtett útról, elért eredményeinkről, hiányosságainkról, további feladatainkról ezekben a napokban országszerte számot adunk.

Általánosan ismert, hogy a műszaki tudományos kutatás területén a termelés fejlesztésével közvetlenül összefüggő feladatok végrehajtásán dolgozó kutatók munkájukkal döntő módon befolyásolják gazdasági célkitűzéseink megvalósítását.

Az elmúlt két évtizedben a műszaki tudomány, a műszaki kutatás szerepe és fontossága hazánkban lényegesen megnőtt. A műszaki tudományok fontosságának a felismerését tükrözte az az elhatározás, amelynek eredményeképpen az 1949-ben végrehajtott akadémiai átszervezés során megalakult a Műszaki Tudományok Osztálya. A régi Magyar Tudományos Akadémiának Műszaki Tudományok Osztálya nem volt.

A Műszaki Tudományok Osztályának létrehozása megteremtette a lehetőséget a hazai műszaki tudományos erők összefogására. Az Osztály feladatai közé tartozott a műszaki tudományos kutatás fellendítését szolgáló leghelyesebb módszerek kialakítása, az ipari kutatási hálózat kiépítésének előkészítése, az egyetemeken folyó tudományos kutatás erősítése, a tudományos káderutánpótlás biztosítása, valamint a tudományos eredmények gyakorlatba való átültetésének elősegítése.

A Műszaki Tudományok Osztálya az előtte álló sokrétű és nagy fontosságú feladat végrehajtásának előkészítésére kiépítette a *tudományos bizottságok hálózatát*.

Az Osztályhoz tartozó valamennyi szakterületen rövid idő alatt megalakultak a tudományos bizottságok, amelyekben több száz tudós és a legkiválóbb szakemberek vettek részt. A legfontosabb 19 szakterületen működő tudományos bizottság segítségével megindult a műszaki tudományos kutatás, amelynek során kijelölték a nemzetközi és a hazai műszaki tudományos helyzetkép alapján a fő fejlesztési irányokat.

Az 1953—54-es években a Műszaki Tudományok Osztályához tartozó

bizottságok kidolgozták az ország ipari és közlekedési távlati tervjavaslatait. Bizottságaink hosszú éveken át rendszeresen nyújtottak tudományos segítséget különböző ipari üzemeknek. Valamennyi bizottságunk fontos szerepet töltött be az Országos Távlati Tudományos Kutatási Tervet képező főfeladatok kialakításában.

Az Akadémia és a Műszaki Tudományok Osztálya az országos kutatási hálózat kifejlesztéséhez jelentős segítséget adott, de a megnövekedett országos kutatási bázis összefogását és irányítását érdemben ellátni már nem tudta. Az 1960. évi 24. sz. törvényerejű rendelet az Akadémia feladatát újból szabályozta és azt a saját hatáskörében végzett kutatások irányításán és fejlesztésén kívül a más főhatóságok keretében folyó alap kutatások elvi irányításában jelölte meg.

Az Akadémia munkájára további befolyást gyakorolt az is, hogy létrejött a Tudományos és Felsőoktatási Tanács, amely összefogja az országos kutatást a főfeladatokat irányító koordináló bizottságok útján, valamint az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, amely a maga szakértő bizottságaival számos műszakfejlesztési koncepció-tervezetet dolgoztat ki.

A tudományos káderképzés 1963-ban az egyes akadémiai osztályokról teljes egészében átkerült a Tudományos Minősítő Bizottsághoz, amely munkáját szakbizottságokon keresztül látja el.

Az új helyzetben tevékenységünk súlypontja az akadémiai és más főhatóságok alap kutatásainak irányítására, ellenőrzésére, valamint a tudományos minősítettek továbbfejlődésének segítésére helyeződött. A nem kívánatos párhuzamosságok kiküszöbölése céljából az év elején újjászervezett bizottságaink is már az új helyzetnek megfelelően átdolgozott szervezeti szabályzat alapján kezdték meg működésüket.

Amikor megköszönöm bizottságainkban működő tudósainknak és szakembereinknek munkáját, amellyel közvetve vagy közvetlenül segítették elő a magyar műszaki tudományos kutatás fejlődését, kérem valamennyi bizottságunk tagját és az összes műszaki tudományos fokozattal rendelkezőket, hogy továbbra is segítsék a Műszaki Tudományok Osztálya előtt álló feladatok teljesítését, a műszaki tudományos kutatásnak az eddiginél gyorsabb fejlődését és az elért tudományos eredmények népgazdasági hasznosítását.

Az Osztály tudományos szervező tevékenysége mellett is gondot fordított az akadémiai műszaki alap kutatási bázis erősítésére.

Ma már elég jelentős az a kutatási hálózat, amely a Műszaki Tudományok Osztálya irányítása alatt áll.

2 intézet, 4 laboratórium, 8 munkaközösség és 8 támogatott tanszéki kutatóhely tartozik közvetlenül hozzánk, amelynek költségvetési és beruházási kerete évi 97 millió forint. A kutató intézményekben foglalkoztatott kutatók és kisegítő személyek száma pedig összesen 571 fő. Az Osztály kutatási bázisának felfejlődése lényegében az utolsó 5 évben következett be. Az ezt megelőző

időkben az Osztály irányítása alatt folyó kutatások többségükben az egyetemi tanszékeken folytak.

A jelenlegi helyzetet — bár az utóbbi években jelentősebb fejlődésről tudunk beszámolni — nem tartjuk kielégítőnek, mert úgy véljük, hogy a Magyar Tudományos Akadémia akkor tud maradéktalanul megfelelni az alapszabályban foglalt feladatának, ha az alapvető fontosságú tudományterületeken alap-kutatási bázissal rendelkezik. A műszaki alapkutatás fontossága jelenleg országosan nem kap kellő kiemelését. Ha ezeket a hiányokat rövid időn belül nem pótoljuk, akkor az ország távlati fejlesztési tervei sem nyernek kellő megalapozást.

Helyzetünket vizsgálva meg kell állapítanunk, hogy két szakterületen az utóbbi évben jelentős haladást értünk el. A *Műszaki Fizikai Kutató Intézet* építése befejeződött, és megvan a lehetősége annak, hogy egy jól felszerelt alap-kutatási intézetben folyjék a szilárdtest-fizikai kutatás, amely a híradástechnika, a vákuumtechnika és fényforrástechnika fejlesztését van hivatva alap-kutatási szinten elősegíteni. A fiatal, alig néhány éves múltra visszatekintő intézet már eddig is figyelemre méltó eredményeket ért el. Az intézetnek az új, korszerű székházba való átköltözésével remélhető, hogy a kutatómunka még hatékonyabbá válik.

Ugyancsak jól halad a hazai automatikai alap-kutatás fő bázisának, az *Automatizálási Kutató Intézet*nek az építése, amely az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság hathatós támogatásával előreláthatólag 1965. végére befejeződik. Az automatizálás igen nagy szerepet játszik korunk tudományos-technikai forradalmában, és a magyar népgazdaság jelenlegi problémái között is kiemelt jelentőségű. Az az elmaradás, amely ezen a vonalon hazánk és a fejlett ipari országok között fennáll, szükségessé tette megfelelő kutatási bázis megteremtését. Az alig néhány éves múltra visszatekintő automatikai kutatás terén is vannak már kezdeti eredményeink, amelyek megfelelő segítséggel további sikerekkel biztatnak.

A szilárdtest-fizikai és az automatikai kutatások a kiemelt fontosságú akadémiai feladatok közé tartoznak.

A nyolc kiemelten fontos akadémiai téma közül háromnak a gondozása Osztályunk feladata. A szilárdtest-fizikai kutatásokat a III. és VI. Osztály közös bizottsága koordinálja.

A témák vezetői a mostani nagygyűlés keretében számolnak be eddigi eredményeikről és a további feladatokról.

Az Osztályhoz tartozó harmadik kiemelt téma az „Ország természeti erőforrásainak kutatása és feltárása”, melynek kutatását több *geotudományi* laboratóriumunk és a Bányászati Munkaközösség látja el.

A földtudományok területén, hazánk jelentős hagyományokra tekinthet vissza, de a felszabadulás a kutatás jellegében és fejlődésében alapvető változást hozott. A jövőre nézve fontosnak tartjuk a földtudományi kutatások egységes szemléletű irányításának megteremtését.

Nem ilyen jelentős a fejlődés a műszaki mechanika területén. Mind ez ideig nem rendelkezik sem az Osztály, sem más főhatóság a *műszaki mechanika* területén önálló kutatóintézettel. Ismeretes, hogy az elméleti és alkalmazott mechanikai kutatás milyen jelentős hatással van több iparág munkájára és ezért rendkívül fontos egy műszaki mechanikai kutatóintézet létrehozása. A műszaki mechanikai kutatóintézet létesítésével és szükségességével az Országos Tervhivatal, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, valamint az Építésügyi Minisztérium egyetért, és létesítésének fontosságát az Akadémia elnöksége is határozatban mondta ki. Úgy véljük, soronkövetkező legfontosabb feladatunk az, hogy több évi előkészítő munka után létre hozzuk a mechanika és elméleti mechanikai technológia kérdéseivel foglalkozó új kutatóintézetet.

Anyagi lehetőségeink reális felmérése azt mutatja, hogy ezenkívül több éven át más új kutatóintézet létesítésére nem gondolhatunk, és az alapkutatási bázis fejlesztésének új útjait kell keresnünk.

Az akadémiai *műszaki alapkutatás* fejlesztésének lehetőségét látjuk abban, hogy ipari kutatóintézetekben, akadémiai témákat, illetve akadémiai kutatócsoportokat helyezünk el, valamint az ott folyó alapkutatásoknak akadémiai témává nyilvánításával azok tudományos ellenőrzését és irányítását az Akadémia lássa el. Az Osztály a hozzá tartozó szakterületeken megfelelő előkészítő munkálatokat végzett, felmérte azokat a lehetőségeket, amelyek alapján meg lehet erősíteni a népgazdaság távlati fejlesztése szempontjából fontos alapkutatási témák kutatását az ipari kutatóintézetekben, ahol azok az akadémiai kiemeléssel nagyobb segítséget kapnának. Reméljük, hogy az ipari tárcák az Akadémia ilyen irányú kezdeményezését kedvezően fogadják és ezzel a műszaki alapkutatások erősítése irányába jelentős lépést tehetünk.

A Műszaki Tudományok Osztálya úgy mint eddig, továbbra is nagy súlyt helyez az egyetemi tanszékeken folyó akadémiai kutatásokra. Úgy látjuk, hogy az egyetemi tanszékek az alapkutatás szempontjából hosszú időn át az alapkutatási tevékenység hasznos műhelyei maradnak.

Az egyetemi kutatás további fejlődését segíti a Művelődésügyi Minisztériumnak az a kérése is, hogy a nem akadémiai támogatással működő tanszékek kutatásainak tudományos irányítását és ellenőrzését is rendszeresen az Akadémia lássa el. A Műszaki Tudományok Osztálya szívesen tesz eleget ennek a felkérésnek és a tudományos kutatás fejlesztése érdekében a szükséges segítséget kész megadni.

Ezek után engedjék meg, hogy rátérjek röviden az Osztályhoz tartozó főbb szakterületeken az elmúlt 15 évben elért kiemelkedő eredmények ismertetésére anélkül, hogy teljességre törekednék, annál is inkább, mert az egyes intézményeknek, kutatóhelyeknek a tárgyalt időszakban végzett munkáját, fejlődését és eredményeit a kiküldött írásos melléklet részletesen ismerteti.

Az *automatikai* kutatás területén elméleti vonatkozásban a legfontosabb tevékenység volt a gyors nemzetközi fejlődésnek hazai szakemberek számára történő interpretálása. Ezen belül jöttek létre olyan részeredmények, mint például új, gyakorlati eljárás nemlineáris jelenségek számítására. A komplex automatizálás területén elsősorban az ammónia-szintézis dinamikai viszonyainak feltárásában értek el eredményeket, amelyek a közeljövőben megvalósítandó számológépes irányításhoz már alkalmazhatók lesznek. Nemzetközi színvonalú eredmények születtek nagy szinkrongenerátorok feszültség szabályozása területén. Az autodin kutatás eredményeit ma már nagy angol cégek kívánják licenciaként megvásárolni. Az Intézetben kidolgozott új analóg szabályozási kapcsolásokat ma már a műszeripar alkalmazza gyártmányában. Az automatizálás gazdaságossága terén végzett metodikai vizsgálatok KGST szinten is értékelt irányelvekként szerepeltek.

A *hőenergetika* területén befejezték a légkondenzációs keverőkondenzátor elméleti és kísérleti alapvizsgálatait, az atomenergiahasznosítással kapcsolatosan tisztáztak egyes termodinamikai alapkérdéseket, javaslatot dolgoztak ki egy mozgóalkatrészek nélkül működő termokémiai hőtranszformátorra, eredményeket értek el az előtét-gázturbinák vonalán és alapvető összefüggéseket tártak fel a belső-égésű motorok égési folyamataival és a gyúlási késedelemmel kapcsolatban.

Az *erősáramú elektrotechnika* területén jelentősebb eredmények születtek a túlfeszültségvédelem szempontjából lényeges zivatar-statisztikával és a nagy turbógenerátorok horonyszigetelésének elméleti vizsgálatával kapcsolatban. Elkészült egy 50 erősítőkörös analóg számológép, amely a villamoshálózatok tranziens jelenségeinek vizsgálatán túlmenően, más tudományos és műszaki kérdések matematikai összefüggéseinek megoldására és értékelésére is alkalmas.

A *gépészeti* tudományok területén a kutatások a jobb és gazdaságosabb méretezésre, valamint a gépelemek optimális gyártástechnológiájának megállapítására összpontosultak. Ennek eredményeképpen egy gyorsan nitridálható acéltípust dolgoztak ki. A hegeszthetőség vizsgálatára az eddigi empirikus mérőszámok helyett elméletileg megalapozott módszert munkáltak ki. Újmódszereket dolgoztak ki különböző szerkezetek és hegesztett kötések rugalmas-képlékeny alakváltozásának értékelésére.

Az *áramlástechnika* területén sikerült olyan számítási módszert kidolgozni, amelynek segítségével igen jó hatásfokú vízgépek tervezhetők. Alkalmazásának eredményeképpen jelentősen javult a hazai gyártású szivattyúk és ventillátorok minősége. Jelentős eredményeket értek el a kavitációs hatások modellvizsgálata terén is.

A *kohászat* területén a *fémtan* témakörében tökéletesítették a termikus analízis egyes módszereit. Eredményesen foglalkoztak az olvadákok gáz-talanítási problémáival, előbbre vitték a martenzit képződésének tudományos

magyarozatát, végül eredményesen foglalkoztak újrakristályosodási problémákkal.

A *fémek képlékeny alakításának* területén nagyszámú saját laboratóriumi és nagyüzemi kísérletek alapján kidolgoztak egy olyan elméletet, amelynek segítségével az alakítási műveleteknél fellépő erők és teljesítményszükségletek kiszámíthatók. A számítási elméletre támaszkodva kidolgozták a képlékeny alakításra szolgáló gépek és berendezések jelentős része számára a tervezés elméleti alapjait.

A *műszaki fizika* területén a fémfizika témakörben a wolfram-nyomszennyezések hatásmechanizmusának egyes vitatott kérdéseit tisztázták. Ennek eredményeképpen jobban megmunkálható és formatartóbb wolfram-huzalok állíthatók elő; az elektrolumineszcencia témakörben a fényporok minőségének javítása, cinkszulfid-egy kristályok feketedésének, valamint fotokémiai viselkedésének elemzése; az elektronfizika témakörében az izzólámpákban lejátszódó ívkisülések vizsgálata, új katód típusok kidolgozása és az ultranagyvákuum előállításával kapcsolatos kísérletek jelentettek kiemelkedő munkát. A félvezető témakörben új elméleti eredményeket értek el a félvezető anyagokban jelentkező töltéshordozó-rekombináció entrópia és élettartam matrixainak az irreverzibilis termodinamika módszereivel történő meghatározására.

A *híradástechnika* területén nyelvstatisztikai automata készült, amely írott szövegek értékelésével a nyelvészeti tudomány számára nyújt segítséget. Folyamatban van egy kísérleti elektronikus telefonközpont kidolgozása és olyan beszédhang-utánzó generátor építése, amely a beszéd spektruma mellett, annak dinamikáját is leképezi.

Jelentősek a színes televízióval kapcsolatos kutatások, amelyek keretében újszerű áramkörökkel színcsikgenerátor, diabontó és monitor készült. Az akusztikai témakörben a beszédhangok vizsgálata és az ultrahang-optikák vonatkozásában értek el új eredményeket.

Az optika területén folyó kutatás nyomán eredmények születtek a sugárzásnak kitett helyek optikai ellenőrzésével, továbbá az elektronikus vezérlésű spektroszkópiai és időfelbontó berendezések kidolgozásával kapcsolatban.

Az *építéstudomány* területén a tartószerkezetek témakörében jelentős a vasbetonlemezek elméleti törő-erejének számítására alkalmas összefüggések meghatározása; több közelítő eljárás kidolgozása, különböző alakú és alaprajzú membránhéjak közelítő méretezésére; a hajlított héjak méretezésének megoldása; a függőtetők elméletének tisztázása; több gyakorlati alak méretezésének kidolgozása; a matrix-számításnak szilárdágtani kérdések megoldására való alkalmazása. Jelentősek a beton szilárdulásának gyorsítására, valamint alakváltozási tulajdonságaira irányuló vizsgálatok, az épületfizikai kutatások, a kinetikai folyadékelméletnek a szemcsés talajokra való alkalmazása, a cölöpök teherbírási, illetve verési igénybevételével kapcsolatos elméleti vizsgálatok és helyszíni kísérletek eredményei. Az építészettörténeti és építészetelméleti

témakörben végzett anyaggyűjtés és kutatás lehetővé tette a nagy magyar építészetre vonatkozó monográfia-sorozat megírását, továbbá a XX. század építészeti tevékenységének elemzését és értékelését. A településtudományok témakörében megállapították, hogy a mezőgazdasági jellegű települések milyen módon tehetők alkalmassá a megváltozott funkciók ellátására. A vízépítési témakörben figyelemre méltó az öntözési normák szivárgási és egyéb veszteségek szabatosabb meghatározására vonatkozó eljárások kidolgozása, a folyócsatornázás, valamint a hajózás között fennálló összefüggések tisztázása, továbbá a hordalékmozgás elméletének területén végzett kutatások és a talajvíz áramlásával kapcsolatban végzett elméleti és laboratóriumi kísérletek.

A közlekedésépítés területén tisztázták a gyorsforgalmú közlekedés és az útburkolatok, illetve pályák kiképzésével kapcsolatos elméleti kérdéseket, az egyes közlekedési eszközök egymáshoz viszonyított hatékonyságát, továbbá az utazási igények mennyiségi és térbeli problémáit, valamint a közúti forgalom időbeli lefolyásának és ezzel kapcsolatban az útvonalak és különféle útkeresztezések teljesítőképességének törvényszerűségeit. Fontos eredményeket hoztak a hézagmentes vasúti felépítmény viselkedésével kapcsolatban végzett elméleti kutatások, valamint gyakorlati megfigyelések és mérések.

A geodézia területén a másodperc-libellák teljesítőképességének szabatos meghatározása, az invardróttal való alapvonalmérés pontosságának növelése az elektronikus távmérők követelményeinek kielégítésére, a geodéziai műszerek egységes vizsgálati rendszerének kidolgozása és a matematika-statisztika eredményeinek alkalmazása a geodéziai kiegyenlítőszámítások területén jelentett kiemelkedő tevékenységet.

A geofizika területén lényeges teljesítmény volt a földáram és a geológiai szerkezetekre jellemző anizotrópiaellipszis-rendszerek kidolgozása, továbbá a földi elektromágneses tér időbeli változásában mutatkozó pulzációk törvényszerűségeinek elemzése. A mélytengeri árkok keletkezési mechanizmusának vizsgálata, a Föld expanziós elméletéhez vezetett, amelynek segítségével a belső felépítésre vonatkozó számos kérdés magyarázatot nyert.

A geokémia területén meghatározták a magmás ércesedések fő típusainak optimális kristályosodási mélységeit és kimutatták a vulkáni és egyéb magmás folyamatokban lejátszódó szelektív migrációs mechanizmust: a transzvpaporizációt. Kimutatták a hőmérséklet és nyomás függvényében az illók korai koncentrációk és észlelhető szöveti változásokat, és ez alapon meghatározták a Föld mélyebb övei egyes izzónfolyó rendszereinek illótartalmát. Kidolgozták az üledékes kőzetek devolatilizációjának elvi értékelési lehetőségeit. A mól-százalékos alapról a súlyszázalékosra való áttéréssel megoldották az ásványtani és kémiai elemzés közvetlen kapcsolatát. Jelentős eredményeket értek el a szénközettani vizsgálatok és a fémek mikrobiológiai dúsítása terén.

A geológia területéről jelentősek a bauxitképződéssel kapcsolatos kutatások, valamint a negyedkor és a triász vizsgálata. A részletvizsgálatok szinté-

zisének eredményeképpen a magyar medencék mélyszerkezetére kiterjedő korszerű és átfogó földtani kép alakult ki. Az ország területén kimutatott szilurképződmények új alapokra helyezik az ország korai fejlődésére vonatkozó földtani képet.

A *bányászati* tudományok területén a bányatelepítések analitikus vizsgálata és a vágatok biztosító szerkezeteinek teherviselő-képességével kapcsolatos kutatások emelkednek ki. Figyelemre méltók a hidrociklon vizsgálatok és a flotációs folyamatok elemzése terén végzett munkálatok. Az olajbányászati kutatások terén kidolgozták a kutatások alapját képező mesterséges, szabályozható geometriai és felületi tulajdonságú testek gyártási technológiáját. Megállapították, hogy a telepflvadékok felületaktív komponensei jellemzők a rétegre és így a genetikai és a migrációs kutatásokban hasznosíthatók. A kidolgozott módszerek alkalmasak a vízelárasztásos kőolajtermelési folyamatoknál alkalmazandó szintetikus felületaktív anyagok kiválasztására.

Az *ipargazdaság* terén az állóeszközök kihasználására és a munka szervezésére vonatkozó kutatásoknak kísérleti alkalmazása számottevő gazdasági eredményekkel járt. Az eddigi tapasztalatok jelentős kihatással lehetnek a népgazdaság távlati tervezésére.

A kutatási eredmények mellett meg kell említenünk azt a fejlődést, amely az Osztály folyóirat- és könyvkiadási tevékenységében, valamint a nemzetközi kapcsolatok vonatkozásában végbement.

A Műszaki Tudományok Osztálya gondozásában 1950-től évente *átlagosan 10 műszaki szakkönyv* kerül kiadásra. Ha ezt összevetjük a negyvenes évek egyik két műszaki könyv átlagával, akkor láthatjuk, hogy a fejlődés igen számottevő. 15 év alatt összesen 143 mű jelent meg.

Ugyancsak jelentős a fejlődés a *folyóiratkiadás* területén is. Felszabadulásunk 20. évfordulójára elkészült az *Acta Technica* 50. kötete.

Az *Acta Technica*t a nemzetközi szakirodalom magasra értékeli. Az itt megjelent tanulmányokat számos esetben méltatják és hivatkoznak rá. Jól látja el a magyar műszaki tudományos eredményeknek a külföld felé történő reprezentálását.

Ugyancsak nagyon kedvezőek a vélemények az *Acta Geologica* tanulmányairól is.

Az Osztálynak ezenkívül két magyar nyelvű tudományos folyóirata van: a Műszaki Tudományok Osztály Közleményei, valamint az Építés és Közlekedés Tudományok Közleményei. Az Osztály négy folyóirata évenként 280 ív terjedelemben jelenik meg, átlagosan mintegy 250 tanulmánnyal.

Az Osztály *nemzetközi kapcsolatainak* fejlődését mutatja, hogy amíg 1952-ben az Osztály támogatásával 18 kiutazás történt, addig 1964-ben ez a szám 147-re nőtt.

Kiküldetéseinknek alapját a szocialista országok tudományos akadémiaival kötött egyezmények képezik. Ezenkívül jelentősek a szocialista orszá-

gokkal fennálló műszaki-tudományos együttműködési szerződés keretében biztosított kiküldetések. Ennek keretében történő kiutazásoknál lehetőség van arra, hogy az akadémiai kutatók ipari kutatóintézeteket és üzemeket is meglátogassanak és ott tanulmányokat folytassanak. Az utolsó években jelentősen bővültek kapcsolataink a tőkés országokkal is, és több tudományos munkatárs utazott ki 4–6 hetes időtartamra Franciaországba, Ausztriába és Olaszországba, illetve külföldi ösztöndíjasként az Egyesült Államokba és Kanadába.

Külön ki kell emelni a külföldi tanulmányutaknak azt az újabb formáját, amely a Minisztertanács határozata alapján az utóbbi három évben vált lehetővé. Hat hónaptól két évig terjedő időre biztosít lehetőséget a magyar állam kiemelkedően fontos témáknak bármely országban történő tanulmányozására. E hosszú, devizafedezetes tanulmányutak keretében a Műszaki Tudományok Osztálya részéről eddig 3 tudományos munkatárs volt 6–6 hónapon át külföldön — egy a szilárdtest kutatás, kettő pedig az automatizálás területéről.

A kiküldetésekkel kapcsolatosan nyomatékosan felhívjuk kutatóink figyelmét a nyelvtanulás fontosságára, mert számos esetben előfordul, hogy a meglévő lehetőségeiket kutatóink nyelvismeret-hiánya miatt nem tudják kihasználni.

Jelentős számban vesznek részt külföldi kutatók a hazai tudományos tanácskozásokon és konferenciákon.

Az elmúlt évben 64-en jöttek tanulmányútra. Az Osztály által rendezett tudományos tanácskozásokon pedig 109 külföldi vett részt; ami bizonyítja azt, hogy elért eredményeinkre mindjobban felfigyelnek külföldön.

A tudományos tanácskozások rendezésénél a korábbi évektől eltérően a takarékosági szempontokat fokozottabban érvényesítjük. Ezért az eddigi gyakorlattól eltérően minden tudományos tanácskozáson részvételi díjából kell fedezni a konferencia anyagának megjelentetési költségét, valamint az összes nem tudományos jellegű szolgáltatások kiadásait is.

Befejezésül az Osztály belső szervezetében beállott változásokról néhány szót.

Mint a beszámolóból is kitűnik, a Műszaki Tudományok Osztálya számos tudományterületet foglal magába.

Annak érdekében, hogy a tudománypolitikai, illetve átfogó szakmai kérdések beható megvitatására mód legyen az Osztály keretében, a Műszaki Osztályhoz tartozó szakterületeket szakcsoportokra osztottuk. Ily módon az egymáshoz közel álló szakterületek akadémikusai megfelelő szervezeti keretben tárgyalhatják meg a felvetődő kérdéseket és az Osztály munkájába a korábbi éveknél fokozottabb mértékben kapcsolódhatnak be.

A fentiek alapján a Műszaki Tudományok Osztályán belül létrehoztuk az energetikai és automatikai,
a gépészeti és kohászati,
a híradástechnikai,

a mérnöki, építészeti és közlekedési, valamint
a föld- és bányászati tudományok

szakcsoportját. A szakcsoportok fő feladata a szakterületileg hozzájuk tartozó akadémiai kutatóhelyek és tudományos bizottságok munkájának irányítása és ellenőrzése. Akadémikusaink szükség szerint két szakcsoport munkájában is részt vehetnek. A szakcsoportok munkáját kívántuk segíteni azzal, hogy tanácskozó tagként bevontunk a szakcsoportokba néhány, a tudományok doktora fokozattal rendelkező szakembert is.

Az Osztály keretében a tudományos szakcsoportok munkájukat fél évvel ezelőtt kezdték meg, ezért a szakcsoportok munkáját értékelni még korai lenne. Az eddigiek során megállapítható, hogy a tudományos szakcsoportok az Osztály által kitzűzött feladatok teljesítését az előírt határidőknek megfelelően rendszeresen és jól végrehajtják. Akadémikusaink a jelentős többletmunkával járó feladatokat szívesen vállalják. Egyik szakcsoportunk tevékenysége a szakcsoport vezetőjének betegsége miatt még nem bontakozott ki. A szűkebb szakmai kérdéseket a szakcsoportok tárgyalják le és hoznak megfelelő döntéseket. A szakcsoportok létrehozásával az Osztályon belül — mint az az előbbiekből is kitűnik — a szakmai irányítást kívánjuk eredményesebbé tenni.

Napirendre került a föld és bányászati tudományoknak önálló osztállyá való alakulása. Ismeretes, hogy a geotudományoknak a Műszaki Tudományok Osztályából való kiválása már több éve vajdúd és megoldásra váró nyitott kérdés. Úgy gondoljuk, hogy az Akadémia közgyűlése helyesen foglal állást, ha jóváhagyja a föld és bányászati tudományok osztálya felállítására vonatkozó előterjesztést. Hosszas előkészítő munka eredményeképpen, véleményünk szerint helyesen alakul ki a leendő föld és bányászati tudományok osztályának profilja a geológia, geokémia, geofizika, geodézia, bányászati tudományok, meteorológia, valamint a jelenleg a II. Osztályhoz tartozó földrajzi tudományok egy önálló osztályba való összevonásával. E szakterületek fontossága, a meglévő akadémiai kutatási bázis nagysága, valamint az a jelentős tudományos kapacitás, amit a geotudományok művelői ma hazánkban képviselnek, szükségessé teszik ezt a lépést.

Összefoglalóul elmondhatjuk, hogy eddigi erőfeszítéseink összességükben eredményesek voltak és az elmúlt 15 évben, a párt és a kormány tudományt értékelő és támogató politikájának eredményeképpen Magyarországon a műszaki kutatás jelentősen fejlődött. A műszaki tudományos kutatás területén dolgozóknak azonban az eddiginél fokozottabb mértékben kell törekedniök a kutatómunka eredményességének további növelésére, a rendelkezésre álló eszközök jobb kihasználására, mindenkor szem előtt tartva azt, hogy tevékenységükkel közvetve, vagy közvetlenül hatékonyan kell segíteniök a szocialista népgazdaságot.

HOZZÁSZÓLÁSOK AZ OSZTÁLYTITKÁRI BESZÁMOLÓHOZ

MAJOR MÁTÉ akadémikus

Tegnap meghallgattuk főtitkárunk beszámolóját, az elnökségi beszámolót, ma pedig saját osztálytitkárunkét. Azt hiszem, egyöntetűen megállapíthatjuk, hogy az elmúlt 15 esztendőben az Akadémia munkájában, speciálisan a mi Osztályunk munkájában óriási fejlődés következett be. Az előadásból világosan lemérhető volt ez a fejlődés, ennek ellenére azonban a tegnapi elnökségi beszámolóban az Osztályról szóló része meglehetősen szűkös volt. Helyesnek tartanám, ha az Osztályvezetőség részéről ezt a záróülésen valaki szóvá tenné.

Ha objektíven próbáljuk vizsgálni a dolgot, bizonyos mértékig érthető az Osztály munkájának az elnökségi beszámolóban ilyen szűkös kezelése, hiszen ez az Osztály az Akadémia legnagyobb osztálya, ennek a legnagyobb osztálynak igen sokrétű munkája van, a tudományok egész sorát foglalja magában. Ennek a ténynek elég sok hátránya is van abból a szempontból, hogy mint egyetlen osztályt kezelik az Akadémián belül, aminek következtében nem részesül a tudományok számának és súlyának megfelelő elbánásban és figyelembevételben. Az Osztály kezdettől fogva megkísérelte, hogy valamiféle differenciálódást biztosítson az Osztályon belül, hogy az egyes tudományágak fejlődése biztosítva legyen. Ezért hívta életre a bizottsági rendszert. Ez a bizottsági rendszer meglehetősen hosszú ideig jól bevált, mert valóban képviselte saját szakterületét, és igyekezett a szakterület ügyeit az Akadémia szintjén előrevinni. Ennél nagyobb és jelentősebb továbblépést jelentett azonban az, hogy a tavalyi akadémiai gyűlés után az Osztályon belül szakcsoportok alakultak, amelyek gazdagabban tudják képviselni a szélesebb szakterület ügyeit, ámbar az is igaz, hogy ez még nem lehet végleges megoldás, hiszen éppen az Osztály jelenlegi nagysága, túlzott szélessége, a szakterületek túlzottan nagy száma miatt az Akadémián belüli fejlődése sincs megfelelően biztosítva. Egy-egy nagy szakterületet csupán egy-két ember képvisel akadémikusi és levelező tagi minőségben, ami nehezíti a belső továbbfejlődést.

A differenciálódásnak jelentős ténye, hogy a geotudományok kiválnak az Osztályból és remélhető, hogy rövidesen vagy a közeli esztendőben a szakcsoportok megalakítandó újabb akadémiai osztályoknak lesznek bázisai.

A továbbiakban néhány kisebb megjegyzést akarok csak tenni. Az egyik ilyen dolog, hogy az Akadémia VI. Osztálya bizonyos funkciókra akadémikusokat elnökül, vagy bizottsági tagként kinevez anélkül, hogy az illetővel ezt előzetesen megbeszélné. Én például így lettem a Műszaki Tudományok Történeti Bizottságának alelnöke, így lett egyik kollégám ugyanennek a bizottságnak a titkára, egy másik kollégám az én bizottságomnak a titkára. Nem hiszem,

hogy nehéz lett volna az ilyen kérdéseket megbeszélni az illetőkkel, még mielőtt a megbízást megkapják.

Az Osztály működésével kapcsolatban másik észrevételem az, hogy az intézkedések néha kettősek, két arcúak. Mint bizottsági elnök felszólítást kaptam arra, hogy a bizottságom küldjön ki egy alkalmi bizottságot annak a funkciónak a betöltésére, hogy vizsgálja felül a bizottságban folyó tudományos témák eddigi vitelét. Amikor ebből a célból összehívtam a bizottságot és elmondottam az Akadémia VI. Osztályának kívánságát, a bizottság három tagja kivett a zsebéből egy-egy írást, amelyekkel őket ennek a vizsgálóbizottságnak tagjaivá jelölték ki.

Szeretném felhívni a figyelmet az Akadémiai Kiadó újabb szerződéskötési metódusára is, nevezetesen arra, hogy az Akadémiai Kiadó csak akkor köt szerződést a szerzővel, ha a kézirat már teljesen kész, benyújtásra került és a kéziratot a lektorok pozitíven véleményezték. Ez persze nem mindenkit érint, de egyes esetekben eléggé kényelmetlen helyzetet teremt. A mi Műszaki Tudománytörténeti Bizottságunk tervbe vette például egy mozdonytörténeti kiadvány elkészítését. A mű 80%-ban kész, nagy érdeklődésre tarthat számot, osztrák részről látatlanban már 3000 példányt lekötöttek, a magyar Közlekedési Múzeum 1000 példányt hajlandó lekötöni, de a szerződés nem köthető meg, mert a kézirat még nem teljesen kész, viszont a szerzők nem hajlandók szerződés nélkül tovább dolgozni. Ebben a pillanatban az a helyzet, hogy ezt a kiadványt vagy nem adjuk ki, vagy pedig egy másik kiadó rendelkezésére bocsátjuk, amely előbb köt szerződést, mielőtt a kézirat teljesen elkészül.

VERŐ JÓZSEF akadémikus

A tegnapi és a mai napon áttekintést hallottunk az Akadémia egészének, valamint a Műszaki Tudományok Osztályának 15 éves tudományszervező és tudománytermelő tevékenységéről. Az elmúlt év második felében megalakult szakcsoportok közül a Gépészeti és Kohászati Szakcsoport tudománytermelésének helyzetéről szeretnék egy-két szót szólni. Hallottunk a beszámolókból, méginkább olvashattunk azok mellékleteiben, ennek a két szakterületnek 15 éves tudományos terméséről elég bőven adatokat. A figyelembe veendő létszámhoz, gárdához képest ez a termés tiszteletreméltónak mondható.

A gépipar és a kohászat évi termelési értéke többször tízmilliárd forint. Csak egy részletet említenék meg: a magyar vaskohászat ebben az évben kereken háromnegyedmillió tonna acélterméket fog exportálni devizaszerzés céljából.

Ezek a számok a szakterület mögött álló ipar jelentőségét, egyúttal pedig ennek az iparnak kutatási igényeit, ezeknek az igényeknek a súlyát is jellemzik. Nyilvánvaló, hogy a tudománytervezés és a tudományos kutatás lehetőségeinek megteremtésében messzebbre előre kell nézünk, de azért azt hiszem, azt sem szabad egészen figyelmen kívül hagynunk, ami ma történik. Két olyan nagy iparágnak, mint a gépipar és a kohászat, valami alapkutatói, méginkább alkalmazott kutatási lehetőségre nyilván nyomós szüksége van. A Gépészeti és Kohászati Szakcsoport személyi összetétele olyan, hogy abban az akadémiai kutatást végző munkabizottságok, tehát egyetemi tanszékek jórészt képviselve

vannak, de személyi kapcsolatok révén a Szakcsoport irányító hatása bizonyos fokig érvényesülhet az iparág ipari kutatóintézetei felé is.

Ennek a kutatási lehetőségnek említett része, amely a Műszaki Tudományok Osztályának gépészeti és kohászati szakterületére irányuló alapkutatói lehetőségeknek az összességét jelenti, kétségtelenül fejlődött az elmúlt 15 évben, azonban állapotát, jelenlegi lehetőségeit ezeknek az iparágaknak jelentőségéhez képest semmiképpen sem lehet kielégítőnek mondani. A szóba jövő egyetemi tanszékek — amelyek 4 munkaközösségbe vannak szervezve — felszerelése, amennyire én ismerem, egyrészt rendkívüli hiányos, másrészt pedig azzal tudnám jellemezni korszerűségét, hogy általában a 20—25 évvel ezelőtti állapotnak felel meg. Valamennyi szóba jövő tanszék nélkülözni kénytelen egy egész sor olyan korszerű vizsgálati lehetőséget eszközök híján, amelyek külföldön, és pedig nem is a legnagyobb vagy nagy országokban már majdnem rutinvizsgálat számba mennek.

Csak egy példát említek meg. Az összes figyelembevehető tanszéken semmiféle lehetőség nincs arra, hogy alapkutató jellegű metallurgiai vizsgálatot lehessen végezni. Semmiféle ilyen felszerelés nincs az országban. A metallurgiai alapkutatóra pedig a kohászati termelésnek a jövő szempontjából feltétlenül szüksége volna.

Az ipari kutatóintézetek bizonyos tekintetben jobb helyzetben vannak, bár azok sem mondhatók minden tekintetben korszerűeknek, de most némi késéssel a fennálló hiányok pótlása folyamatosan megtörténik. Az ipari kutatóintézetekben folytatandó alapkutatóknak azonban más nehézségei vannak. Ezek elsősorban abból származnak, hogy az ipari kutatóintézeteknek látszólag csak egy, valójában azonban számra nem is tudnám kifejezni, hány irányító hatóságuk és területük van. Ezek az ipari kutatóintézetek munkájába beleszóló testületek sok tekintetben egyéni, szubjektív felfogást iparkodnak érvényesíteni. Példának csak azt említem meg, hogy 2 évvel ezelőtt a Vasipari Kutató Intézetnek ugyanazt a tématervét két különböző testület részéről két vád érte. Az egyik vád úgy szólt, hogy a Vasipari Kutató Intézet kizárólag alapkutatókkal foglalkozik, 3 héttel később egy másik testület viszont azt állapította meg, hogy a Vasipari Kutató Intézet az alapkutatókat teljesen elhanyagolja.

Ilyen vélemények elhangzása közepette természetesen nagyon nehéz egy ipari kutatóintézetben bármilyen határozott irányvonalat kitűzni és következetesen érvényesíteni. Az ebből származó nehézségek nyilván jelentkezni fognak a Műszaki Tudományok Osztályának abban a kezdeményezésében is, amelyet egyébként örömmel kell üdvözölni és amely az alapkutatói lehetőségek bővítésére — remélhetőleg — hasznosnak fog bizonyulni, hogy t. i. az ipari kutatóintézetekben az Akadémia irányítása alatt folyó és az Akadémia ellenőrzése alatt folytatandó alapkutatói témák is legyenek.

Ebből a vázlatos képből nyilván megállapítható az, hogy a gépészet és a kohászat alapkutatói lehetőségei ezidőszereint koránt sincsenek arányban a két iparág népgazdasági jelentőségével. Pedig alapkutatói igény természetesen van. Nem akarok részleteket említeni, de nyilván minden műszaki ember hallotta, hogy egyik távlati célkitűzésünk a szerkezeti anyagok szilárdságának fokozása, amely például acél vonatkozásában számszerűen azt jelentené, hogy a jelenlegi kb. 40–42 kp/mm² átlagos szilárdságról kerekken a kétszeresére emeljük a szerkezeti anyag szilárdságát. Ez azzal a következménnyel járna, hogyha az idei évben megvalósulna, hogy az exportálandó háromnegyed-

millió tonna acélból - durván számítva - kétszerannyi kész szerkezetet lehetne eladni, exportálni, természetesen jóval drágábban. Figyelembevétel a mennyiséget, ez nem mondható elhanyagolható tételnek népgazdasági szempontból sem.

Ennek a programnak a megvalósítása igen sokirányú alapkutatást kíván, elsősorban nem kohászatit, mert hiszen nagyobb szilárdságú acélfajta jelenleg is bőven van. A probléma a nagyobb szilárdságú acélok felhasználása, szerkezetekbe való beépítése körül fog mutatkozni, tehát elsősorban a műszaki mechanikának és az anyagvizsgálatnak kell megoldania a felmerülő problémákat.

Ebből a gondolatmenetből azt a következtetést kívánom levonni és mint javaslatot az osztályülés elé terjeszteni, hogy az osztálytitkári beszámolómban említett Műszaki Mechanikai Intézetnek, amely alapkutatási intézménynek van szánva, a megvalósítását erejéhez, a lehetőségekhez képest szorgalmazza. Az Osztály és az Elnökség támogatását is kérjük amire van egy reménység az Elnökségnek a pont közgyűlésén megtárgyalandó határozati javaslatok között, éspedig az a pont, amely azt mondja, hogy az Akadémia lehetőleg nagy erőket koncentráljon a termeléssel közvetlen kapcsolatban álló tudományágak alapkutatásaira.

Legyen szabad még egy kérdést felvetnem a gépész-kohász szakterület kutatási problémáiról. Ezt szintén egy javaslattal szeretném zárni. A kutatás körül folyó vitának világszerte két gyújtópontja van. Az egyik nagy vitapont akörül mozog, hogy a tudománytermelő, a kutató oldal egyre több anyagi eszközt kíván onnan, ahonnan az juttatható, a mi esetünkben a népgazdaság erőforrásaiból. Ebbe a vitapontba illeszkednék bele az, amit eddig elmondtam.

Van azonban egy másik súlyos vitapont, éspedig a tudomány, a kutatás eredményeit fogyasztóknak, felhasználóknak az az igénye és sokszor hangoztatott kívánsága, hogy szeretnék kézzelfoghatóan látni a tudományra, a kutatásra fordított összegek ellenértékét. Másszóval: a kutatási eredmények realizálásáról és a realizálás hasznának learatásáról van szó. Valamennyien, akik tudománnyal és kutatással foglalkozunk, az elmúlt években sok megbeszélésnek, vitának, sőt, vizsgálatnak voltunk hol cselekvő, hol szenvedő alanyai, amelyek mind a kutatás realizálásának kérdéseivel foglalkoztak, de általában mindig egyoldalúan, a kutató oldalon keresték azokat az akadályokat, nehézségeket, amelyek miatt az eredmények realizálása késik vagy elmarad.

Nem tudom, hogy a többi tudományágban mi a helyzet, a gépészetben és kohászatban azonban nagyon pontosan tudom azt, hogy nehézségek nemcsak kutatói oldalon, hanem felhasználói oldalon is vannak, éspedig különböző természetű nehézségek. Vannak közöttük objektívek, országos érvényű rendelkezések, utasítások, amelyeket az eredmények hasznosítása szempontjából szóbajövő termelői üzemek kénytelenek végrehajtani, de vannak szubjektív nehézségek is: a kutatási eredményektől, az újtól való húzódozás, illetve az új bevezetésével járó rizikónak, felelősségnek a nem vállalása. Mivel tudom, hogy mostanában is napirenden van a kutatás hatékonyságának javítása, ezen a helyen szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a következőkben a nehézségeket már ne a kutatói oldalon, hanem a felhasználói oldalon kíséreljük meg felderíteni. Azt a javaslatot tenném az Osztálynak, hogy minden arra illetékes szervhez juttassa el azt a gondolatot, hogy a kutatás hatékonyságának javítását most már kíséreljük meg a felhasználói oldalon, mert az elmúlt 15 év

tapasztalatai azt mutatják, hogy míg a vizsgálódást és az intézkedéseket a kutatói oldalra korlátozzuk, addig nem sikerül eredményt elérnünk.

Én viszont azt szeretném remélni, hogy ha ez a gondolat átmegy a köztudatba és érvényesülni tud, akkor a kutatási eredmények realizálásában sokkal jobb eredményeket fogunk elérni, mint amelyeket eddig sikerült elérni. Ez pedig minden kutatónak hő óhaja, segítve ezzel is a népgazdaság fejlődését és az életszínvonal javulását.

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikus

Nagy érdeklődéssel és figyelemmel hallgattuk Bognár Géza osztálytitkár sokrétű és tartalmas beszámolóját Osztályunk 15 évi munkájáról. Engedtessek meg nekem egyrészt mint olyannak, aki egyszerű tagként bár, de kezdettől fogva résztvettem az Osztály munkájában, másrészt mint a Föld- és Bányászati Tudományok Szakcsoportja egy szerény tagjának, hogy az osztálytitkári beszámolóhoz hozzászóljak.

Jóleső érzéssel és örömmel állapítottuk meg, hogy a beszámoló és az írásbeli melléklet a föld- és bányászati tudományok helyzetéről, az elért eredményekről és a bizottságok munkájáról a rendelkezésre álló időt figyelembe véve arányosan, körültekintően és ami különösen fontos, nagy elismeréssel emlékezett meg. Fogadja ezért az elismerésért őszinte köszönetünket. Úgy vélem, hogy a Föld- és Bányászati Tudományok Szakcsoportjának valamennyi tagja nevében beszélhetek, amikor kijelentem, hogy ez az elismerés számunkra újabb kötelezettséget jelent. Igérjük, hogy a továbbiakban is legjobb erőnkkel azon leszünk, hogy a magyar tudomány jó hírnevét öregbítsük és a magyar népgazdaság érdekeit szolgáljuk.

A beszámoló egy részletére kitérve, legyen szabad megemlítenem, hogy a beszámoló és írásbeli melléklete méltán emlékezett meg a magyarországi szeizmológiai kutatások nagy jelentőségéről és eredményeiről.

Mint a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió magyar nemzeti bizottságának ez idő szerinti elnöke is megállapíthatom ezt. Annál fájdalmasabban érintett, hogy a Föld- és Bányászati Tudományok Szakcsoportjának igen érdemes szeizmológus kutatók jutalmazására vonatkozó ideai javaslata nem talált meghallgatást.

Főtitkárunk és osztálytitkárunk is megemlékezett az elnökségnek a Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya felállítására vonatkozó javaslatáról. Hasonló tendencia szinte egyidőben több más országban is mutatkozik, nyilvánvalóan e tudományok problémáinak szoros egymáshoz kapcsolódása következtében. Megítélésünk szerint ez a természetes fejlődésnek a következménye, amely a régi 3 osztálytól, most már 10 osztályig jutott. Azt hiszem, hogy ez a fejlődés a 10 osztállyal nem zárult le. Hisszük és rajta leszünk, hogy az új osztály beváltsa a hozzá fűzött reményeket! Biztosra veszem, hogy a megalakuló új osztály módját fogja ejteni, hogy meleg köszönetét eddigi osztályunknak kifejezze. Saját véleményként azonban én is leszögezhetem, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya a föld- és bányászati tudományokat tőle telhetően támogatta és erősítette. Fogadják ezért őszinte hálánk kifejezését. Tekintsenek továbbra is közelálló testvérüknek, mint ahogy mi is annak fogjuk érezni a Műszaki Tudományok Osztályát!

LÉVAI ANDRÁS levelező tag

Mondanivalómat NEMES Dezső akadémikus referátumához kapcsolom, aki egyebek között azt fejtette ki, hogy véleménye szerint a társadalmi szükségesség és a kutatások közötti összhang Magyarországon nem kielégítő.

Ez olyan megállapítás, mellyel nekem messzemenően egyet lehet és kell értenem. Ha konkrétan megnézzük, hogy az energetikai és automatizálási tudományok szakcsoportján belül, amelynek tagja vagyok, hogyan áll ez a kérdés, akkor a következőket rögzíthetjük azzal a céllal, hogy ebből bizonyos következtetéseket — általános érvennyel is — le lehessen vonni.

Az energetikai és automatizálási tudományok szakcsoportján belül három akadémiai bizottság dolgozik, amelyeknek munkásságáról a mai osztálytitkári és a tegnapi elnökségi beszámoló is röviden megemlékezett. Az Elnökség beszámolója kiemelte, hogy ezen a szakterületen olyan irányú munkák folytak, amelyekben az előrehaladás lényeges, és megemlítette többek között az energia-rendszerek irányítására, a villamosforgógépek és villamoshajtások automatizálására, továbbá a nagy turbógenerátorok feszültség-szabályozására vonatkozó kiemelkedő munkákat. Vannak tehát olyan területek, ahol a kutatások társadalmi szükségességként jelentkező igények kielégítéséhez hozzájárultak. Azt hiszem, több ilyen területet is meg lehet jelölni a Műszaki Tudományok Osztályán belül. Talán utalok azokra az áramlástechnikai gépek területén elért igen jelentős eredményekre, amelyekre az osztálytitkár elvtárs beszámolójában célzást tett, ahol a kutatási munkák eredményeképpen ténylegesen komoly hatásfokjavulásról és minőségjavulásról lehet ma már beszélni.

Ha a kérdést úgy tekintjük, hogy a mi területünkhöz tartozó nagyobb témakört — az általános energetika területét — hozzávesszük, akkor az eredményekkel nem lehetünk megelégedve. Korántsem kielégítő például az az előrehaladás, amely az energetikai nagygépek területén jelentkezik, amelyek igen fontos belső és export piacot látnak el. Általában az erősáramú villamosenergiái ipar gyártmányaival kapcsolatban a műszeripar fejlesztése és annak üteme is olyan terület, amely ehhez — az egyébként elég heterogénnek nevezhető automatizálási területhez — tartozik, és ahol az előrehaladás nem kielégítő.

Konkrétan hivatkoznék itt a villamosenergetika területén folyó kutatásokra. Iparszervezési intézkedésekkel elértük, hogy a villamosenergetika területén — beleértve a villamosenergetikához tartozó hőtechnikát is — a kutatási bázisokat össze lehetett vonni. A koncentráció a villamosenergia-ipar belső sajátosságánál fogva azt eredményezte, hogy pl. az automatizálási kérdésekkel, mint alkalmazott kutatási területtel összevonva lehetett foglalkozni és igen jelentős eredményeket lehetett elérni az összevonás óta eltelt rövid idő alatt is. Az összevonás azonban egyúttal a kutatási bázis szélesítését is jelentette. Mindig arról panaszkodunk — nyilván joggal — ,hogy kevés a kutató. Iparszervezési intézkedésekkel is el lehet érni, — legalább is a mi területünkön el lehetett érni —, hogy a kutatási bázist lényegesen ki lehet bővíteni például az iparvállalatoknál dolgozó mérnököknek a kutatási hálózatba való bekapcsolásával anélkül, hogy őket jelenlegi munkahelyükről el kellene mozdítani. Megfelelő szervezéssel, a munkáknak központi irányításával ezt a lehetőséget igen hatékonyan fel lehet használni.

Azt hiszem, erre a lehetőség egyébként területen is megvan. Ahol ilyen az ipari szervezés, ott könnyű az Akadémia dolga, és nem következhet be az az eset, amelyről VERŐ akadémikus beszélt, hogy a kutatóintézetek többféle

irányítás alá esnek. Az irányítás az ipar feladata, de az ipar elvárja és meg is kaphatja az Akadémiától azt a támogatást, amelyet az Akadémia magasabb szintről, az elvi tudományos alapok szintjéről megadhat és akkor nem lesz az irányítás kétirányú.

Ilyen értelemben örömmel üdvözlöm BOGNÁR akadémikus osztálytitkárnak azt a javaslatát, hogy az Akadémia foglalkozzék az ipari kutatóintézetekben folyó alapkutatási témákkal. A kérdést ki lehetne szélesíteni, mert az alapkutatásnak és az alkalmazott kutatásnak szétválasztása nem mindig könnyű. Foglalkozzék az Akadémia szakbizottságain és szakcsoportjain keresztül az ipari kutatóintézetekkel anélkül, hogy az irányítást kézbe venné, mert ez az ipar feladata.

Amilyen jó hatásfokkal meg lehetett oldani a koncentráció kérdését a villamosenergetika területén, annyival nehezebb a megoldás az általános energetika területén, amely sokkal szerteágazóbb mint a villamosenergetika és ahol eddig nem sikerült konkrét, összevont, mind az alap, mind pedig az alkalmazott kutatások tekintetében megfelelő hatásfokkal működő intézkedések kidolgozása.

Az automatizálás területén elért eredményekről is megemlékezett mind az elnökségi, mind az osztálytitkári beszámoló és ezzel teljesen egyetérthetek. Azokon a területeken, ahol még nem lehetett ilyen intézkedéseket végrehajtani, az Akadémia feladata szintén abban kell, hogy megnyilvánuljon; hogy az Akadémián összegyűlt és a bizottságokban dolgozó tagok munkássága révén bizonyos irányítást adjon arra nézve, hogyan lenne célszerű a kutatásokat úgy csoportosítani, hogy a társadalmi szükségesség és a lehetőségek közötti összhang meglegyen.

Itt azonban fel kell hívni a figyelmet olyan körülményre, amely nagyon élesen kezd mutatkozni. Ez pedig az elektromos számítógépek egyre fokozódó hiánya. Az energetika és az automatizálás területén ez a hiány egyre nagyobb, ma már gátlólag hat a kutatómunkára és méginkább gátlólag hat az ipari és tervezési munkákra is. Úgy érzem, hogy szoros kooperációt kellene kiépíteni a III. Osztállyal, sokkal szorosabbat, mint ahogyan a jelekből látszólag megvan. Ezt azzal szeretném alátámasztani, hogy a mostani nagygyűlésünk tudományos ülésszakának programjában szerepel a kibernetika szerepe és alkalmazásának lehetőségei című témakör is, amelyről öt előadás lesz holnap. Az előadások között a műszaki tudományok nem fordulnak elő, mintha ott a kibernetikának nem lenne szerepe és jelentősége. Ez nyilván azt mutatja, hogy még Akadémián belül is van tennivaló és helyes, ha az osztályülés felhívja az Elnökség figyelmét erre a kérdésre, mert ha valahol, akkor éppen a műszaki tudományokban van a kibernetikai gépek alkalmazásának legfontosabb szerepe. A társadalmi szükségesség legalábbis ezt mutatja.

Szeretnék ez alkalommal is annak a véleményemnek hangot adni, hogy az Akadémián belül erősíteni kell a műszaki tudományok helyzetét, szerepét, teljesen egyetértve az ilyen értelemben eddig elhangzott hozzászólásokkal. Azzal a pár példával, amit voltam bátor Önöknek elmondani, ugyancsak ehhez a törekvéshez kívántam hozzájárulni.

BOGÁRDI JÁNOS levelező tag

Az osztálytitkári beszámolóból értesültünk az egyes szakterületek működéséről, az ott végzett kutatásokról, azoknak eredményeiről. Természetesen én is saját szakterületem néhány kérdéséhez szeretnék hozzászólni, első sorban a Nemzetközi Hidrológiai Decenniumról, amely méreteivel és az egész világra kiterjedő kutatási programjával 10 éven keresztül olyan óriási erőfeszítést kíván tenni a vízgazdálkodás, a vízépítés és a hidrológiai tudományos kutatás terén, amely valóban megérdemli a megemléstés annál is inkább, mert a Magyar Tudományos Akadémia, annak keretén belül a Műszaki Tudományok Osztálya, annak pedig Vízgazdálkodási, Vízépítési és Hidrológiai Bizottsága közre fog működni ennek a programnak a végrehajtásában.

Hosszú időt venne igénybe, ha csak vázlatosan is ismertetném a nemzetközi hidrológiai decenniumot. Ezt méreteiben csak a mindannyiunk által ismert, az elmúlt években végrehajtott óriási, és egész földünkre kiterjedő meteorológiai kutatásokkal lehet összehasonlítani, amelyek mostanában is folynak még a Nyugodt Nap Nemzetközi Éveinek formájában. A decennium olyan tudományos megfigyelő, észlelő, kutató munka hálózatát kívánja meg a hidrológia területén, amelyet egész földünkre kiterjedően kell megszervezni és végrehajtani, és amely azt az igen fontos gyakorlati célt kívánja szolgálni, hogy a társadalom vízigényének és a hidrológiai adottságokból fakadó lehetőségeknek összeegyeztetését miképpen lehet gazdaságilag és műszakilag optimálisan elvégezni.

Röviden ez a nemzetközi hidrológiai decennium célkitűzése és mint ismeretes, ez az ENSZ égisze alatt folyik, az UNESCO a gazdája, de természetesen számos ENSZ ügynökség, így az Élelmezési és Mezőgazdasági (FAO), a Meteorológiai (WMO), az Egészségügyi (WHO) stb. világszervezetek is részt vesznek benne, sőt társadalmi tudományos szervek és egyesületek is, így pld. a mi szakterületünkhöz tartozó Nemzetközi Hidrológiai Szövetség.

Teljes mértékben bekapcsolódunk a munkába mi is. Megalakult a hidrológiai decenniumnak Magyar Nemzeti Bizottsága és az Akadémia az előbb említett bizottsága révén szintén résztvesz ebben a munkában, ami annál inkább fontos, mert a nemzetközi hidrológiai decennium a dolog természeténél fogva egyáltalában nem korlátozódik a hidrológia szakterületére. A kapcsolódó tudományok seregét tudnám felsorolni: a geológia, a meteorológia, a talajmechanika, a mezőgazdaság, a biológia, a kémia, a fizika mind olyanok, amelyek részt vesznek ebben a munkában, és amelyek az eredményekben részeseülnek.

Ennek a hatalmas méretű kutatómunkának, amelyet 10 évre irányoztak elő és 1965. január 1-vel indult meg, két részét szeretném csak megemlíteni, amely ránk, magyarokra már a közeljövőben fontos feladatokat ró. Ez év szeptemberében Budapesten a dunai államokra vonatkozó előzetes koordinációt kell elvégeznünk, ami az Akadémia keretében fog megtörténni. Végül Budapesten valószínűleg az év végén az UNESCO kezdeményezésére nemzetközi hidrológiai szeminárium indul meg, ahol magyar kutatók, tudósok az egész világra kiterjedően hidrológusok továbbképzését kívánják biztosítani, amely természetesen nem korlátozódik kifejezetten csak a fejlődő országok szakembereire, hanem bárki részt vehet azon. Ezt is az Akadémiával karöltve fogjuk lebonyolítani.

HAVIÁR GYŐZŐ, a műszaki tudományok doktora

Felszólalásomban a teherviselő épület- és hídszerkezetek statikai vizsgálatának hazai eredményeit szeretném ismertetni. Ezek igen jelentősek mind a rugalmasságtan, mind pedig a képlékenységtan területén.

A rugalmasságtan elvei alapján folytatott kutatások térbeli tartórácsok, lemezek, lemezművek, héjak belső erőinek és alakváltozásainak meghatározására, illetve stabilitás vizsgálatára vonatkoznak, továbbá a folytatólagos többtámaszú változó inercianyomatékú függőhíd lehajláselméletére épített számítási eljárás kifejlesztését eredményezték.

A térbeli tartórács belső erőinek és alakváltozásainak meghatározására kidolgozott általános tartórács egyenlet elsősorban szakaszos rendszerekre vonatkozik, de jó közelítéssel alkalmazható folytonos szerkezetekre, így lemezekre és héjakra is. Lehetővé teszi a korszerű számítási eszközök: programvezérlésű elektronikus számítógépek használatát, és ezáltal e nagyon sokszorosan statikailag határozatlan rendszerek megbízható megoldását. Az eljárás lépést jelent előre a statikának megindított átalakítási folyamatában a programozott számítások bevezetéséhez.

A térbeli tartórácsrendszerek megoldására - vízszintes terhelés esetében - igen sokemeletes épületek acél vagy vasbetonvázainak belsőerő-meghatározásához kifejlesztettek olyan közelítő módszert, amely az eredeti összetett szerkezetet egyszerű tartórendszerrel helyettesíti ezt megoldja, majd az eredményeket visszavezeti az eredeti rendszerre.

Az Építéstudományi Munkaközösség keretében a folytonos teherviselő szerkezetekre vonatkozóan is eredménnyel járt a kutatás. Így héjakra a Szilárdságtani Kutatócsoport, ferde lemezekre és lemezművekre a Vasbetonszerkezeti Tanszék, lemezszerkezetek csavaró igénybevételének meghatározására a Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék végzett vizsgálatokat.

A képlékenységtanra épített elméletek kifejlesztését illetően megállapítható, hogy azokban hazai kutatóink tevékeny részt vesznek, - híven ahhoz, hogy magyar kutatónak a nevéhez fűződik a szerkezeti teherviselő anyagok plasztikus tartalékainak első, tudományosan igazolt kihasználási lehetősége.

A plasztikus mérekszámítás, a képlékeny tartalékok gyakorlati kihasználásán felül, lehetővé teszi a szerkezetnek a méretezését töréssel szemben szám szerűen megadott nagyságú biztonsággal. Ezzel kapcsolatban az Építőanyag Tanszék jelentős eredményű elméleti és igen kiterjedt kísérleti vizsgálatokat hajtott végre az Építéstudományi Munkaközösség keretében. Az Építőanyag Tanszék egy másik folyamatos témája a hazai feszítőhuzalok kúszási tulajdonságainak pontos megállapítása.

Az épület- és hídszerkezeteket legújabbán határállapotok figyelembevételével méretezik. Az említett törési, valamint az alakváltozási határállapoton kívül az Építéstudományi Intézet igen részletes elméleti és kísérleti kutatásokat folytatott a vasbeton és feszített beton repedési határállapotára vonatkozólag. Az Acélszerkezeti Tanszéken a vékonygerincű hajlított tartók gyártásával kapcsolatban folytatnak eredményes elméleti és kísérleti vizsgálatokat.

Befejezésül arra kívánom külön felhívni a figyelmet, hogy elméleti úton körülményesen számítható problémák megoldására, így feszültségi és törési állapotok meghatározására igen eredményesnek bizonyult a külföldi kapcsolatok jó megszervezése és a kérdésnek nemzetközi úton, együttműködés keretében való megoldása.

HORNUNG ANDOR. a műszaki tudományok doktora

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának programjához tartozik a gépipar fejlesztésének a támogatása is. A gépipar fontosságát az előttem szóló VERŐ József akadémikus részletesen kifejtette. A gépipar kulcsipar, mert enélkül a többi iparág sem tud eszközök híján hatásosan dolgozni. A kohó- és gépipar a nemzeti jövedelem 30%-át és az export 40%-át adja.

Úgy érzem, hogy Osztályunk a gépipar megsegítésében nem adta meg a szükséges támogatást és a jövőben az eddig kialakult gyakorlaton népgazdaságunk érdekében változtatni kell.

A napi sajtóban eleget olvashatjuk, hogy üzemeinkben a gépgyártási technológiánk igen elmaradott, drágán gyártunk. Pl. ugyanazt a gépet a Szovjetunió adataival összehasonlítva 50-80%-kal több munkaóra alatt állítjuk elő. Ezért mindent el kell követnünk, hogy a termelésünkben igen nagy szerepet játszó gépgyártási technológiával foglalkozzunk, mert különben a nemzetközi versenyben lemaradunk. Sajnos Osztályunk ezzel a kérdéssel keveset foglalkozik.

Igen visszás már maga az a statisztikai adatokkal igazolható tény is, hogy a különféle akadémiai bizottságokban a gépészmérnökök számarányuknál lényegesen kisebb számban vannak képviselve. Hasonló megállapítás tehető a műszaki könyvkiadással kapcsolatban is.

A gépgyártástechnológiai kutatás hiányosságára példaként megemlítem, hogy bár a Kohó- és Gépipari Minisztérium üzemeiben az összes kifizetett munkabéreknek több mint 50%-a forgácsolási bér, forgácsolás-kutatással jóformán alig foglalkozunk. Csupán a budapesti és a miskolci műszaki egyetemeken folyik kismértékű kutatás ezen a téren, de az ipari vonalon majdnem semmi.

Fel szeretném hívni a figyelmet a köszörülés terén fennálló fonák helyzetekre is. Mint ismeretes a köszörülés az a megmunkálási mód, mely alkalmas arra, hogy az állandóan növekvő igényeknek megfelelően a gépalkatrészek működő felületeit nagy méretpontossággal, ezredmilliméteres tűrésekkel, nagy alakhúséggel és fokozott felületi minőséggel munkáljuk meg. Sem ezzel a megmunkálási móddal, sem pedig a köszörű szerszámok minőségének fejlesztésével érdemileg egyáltalán nem foglalkozunk.

Ezzel szemben a Szovjetunióban a leningrádi VNIAS (Összszövetségi Köszörülési Tudományos Kutató Intézet) 700 dolgozót foglalkoztat, az amerikai Norton gyár kutató osztályán pedig 1500 fő dolgozik.

De nézzünk még egy olyan országot, mely az ipar fejlesztése terén rohamléptekben halad előre: Japán. Itt a köszörűs mérnököknek önálló egyesületük van. Ennek ma 458 tagja van. A köszörülés vonalán elért eredményüket csak egy példával kívánom megvilágítani. Itthon is ismerjük jól az SKF (Svéd Golyóscsapágygyár) gyártmányait, melyeknek a futáspontossága 1 század milliméter. Evvel szemben a japán golyóscsapágyak futáspontossága 1 ezred milliméter és meg kell még jegyezni, hogy a Tokióból Budapesre szállított golyóscsapágy ára nagyjából megegyezik a hazai gyártmány árával. Azért hoztam fel ezt a példát, mert a golyóscsapágy gyártásban a munka túlnyomó része éppen köszörülés.

A fentiek alapján a gépgyártás-technológiánk fejlesztésének első lépéseként azt javaslom, hogy a jelenleg egyetlen gépészeti bizottságot válasszuk ketté, gyártmányfejlesztési és gyártásfejlesztési bizottsággá. Ezek közül az utóbbi foglalkozzék gépgyártás-technológiánk fejlesztésével.

Végül hangsúlyoznom kell, hogy gépgyártás-technológiánk elmaradottságának nem az egyetlen oka, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya evvel a fontos kérdéssel nem foglalkozott kellőképpen, bár az elmaradásban kétség kívül ennek is szerepe volt.

VÁMOS GYÖRGY, a műszaki tudományok kandidátusa

Az Akadémia a népgazdasági erőforrások és egyes iparági erőforrások jelentős segítségével hatalmas kutató bázisokat hozott létre, ugyanakkor azonban egyik határozatával megszüntetett olyan kapcsokat, összekötő csatornákat, amelyek éppen lehetővé tennék, hogy ezek az intézmények azt kutassák, ami az iparnak, a népgazdaságnak tényleg kell, és az eredményeket megfelelő áttétellel az alapkutatásból az alkalmazott kutatásba és onnan az ipari alkalmazásba átvigyék.

A legutóbbi ipari átszervezés során erőteljes és helyes törekvés nyilvánult meg abban az irányban, hogy az alkalmazott kutatást a termelés közvetlen közelébe vigyék. A Műszaki Tudományok Osztálya 1951-ben létrehozta a Könnyűipari Bizottságot, amely a jelen beszámoló tanúsága szerint is eredményes tevékenységet fejtett ki. A Bizottság hozzásegített meghonosítani a sajátos könnyűipari kutatási ágazatokban: a textil-, bőr-, fa-, papír- és nyomdaiparban a régi rutinmunka helyett a tudományos gondolkodásmódot, a korszerű elemző, vizsgálati módszereket, amelyek alapján külföldön is elismert jelentős eredmények születtek.

HEVESI akadémikus kezdetől fogva az Akadémia egyik főfeladatának tekintette, hogy az alkalmazott kutatást az akadémiai intézmények, szervek munkájába megfelelően bekapcsolja. A Könnyűipari Bizottság ennek a szerepének meg is felelt, jól meg tudta valósítani az egyes területeken folyó eltérő alaptudományokon (mechanika, fizika, kémia) alapuló technológiai kutatómunka komplex összefogását.

A Bizottság rendszeres rendezvényeket tartott, vizsgálta a körébe tartozó egyes kutatószervek munkáját, s ezért az Elnökség és az Osztályvezetőség részéről többször elismerésben is részesült.

Ily előzmények után nem kis meglepetéssel értesültünk 1965. január havában arról, hogy az Elnökség a Bizottságot az Osztályvezetőség javaslatára megszüntette. Úgy vélem, hogy a Bizottság tagjai joggal sérelmezik, hogy 13 éves munkájukért az Akadémia nem fejezte ki köszönetét sem. A Bizottság megszüntetésének ténye nem tükrözi az Akadémia azon törekvését és a népgazdaság azon igényét, hogy az ipar és a tudomány kapcsolatait szorosabbra fűzzék.

A könnyűipar 1963-ban az ország ipari termelése netto értékének 23%-át szolgáltatta, de műszaki színvonalát, amely sajnálatosan eléggé elmaradt, tudományos megalapozottsággal jelentősen emelni kell, figyelemmel azokra az igényekre, amelyekre az új anyagok, új technológiák alkalmazása mind a hazai, mind a növekvő export szükségletek kielégítése, továbbá az importanyagok megtakarítása tekintetében elénk tár.

A könnyűipari kutatóintézetek és az ott dolgozó munkatársak egyes témákat, problémákat maguk is megoldanak és meg fognak oldani a jövőben is. Sajnálatos azonban, hogy ezen intézetek és az akadémiai intézmények kapcsolatának szervezéséről az Akadémia — úgy látszik — lemond, és ezzel a kutatómunkák gyakorlati realizálását ebben a szektorban nehezíti.

Ezért kérem az Osztályvezetőséget, hogy az e téren hozott korábbi határozatot vizsgálja felül, s közvetlenül kapcsolja be a könnyűipar tudományos dolgozóit az akadémiai tudományos munkába, ez által biztosítván az alap- és alkalmazott kutatás együttműködését, valamint a különböző tudományágak kutatásának szakágazonként is elengedhetetlen összehangolását a textil-, a bőr-, a fa-, a papír- és a nyomdaipar területén.

OSZTÁLYTITKÁRI VÁLASZ A HOZZÁSZÓLÁSOKRA

BOGNÁR GÉZA akadémikus, osztálytitkár

VERŐ akadémikus és LÉVAI levelező tag hozzászólásában felmerült a kutatási eredmények iparban való bevezetésének a kérdése. Egyetértek VERŐ akadémikussal abban, hogy a kutatási eredmények bevezetésének hatékonyságát eddig már elég sokszor néztük a kutatók oldaláról, de ha közelebbről vizsgáljuk ezt a kérdést, azt látjuk, hogy az ipar jelenlegi struktúrája, az ipar termelési mutatói, az új bevezetésével járó kockázat mind olyan tényezők, amelyek ellene hatnak a kutatási eredmények bevezetésének. Éppen ezért annak érdekében, hogy ez a rendkívül fontos kérdés megoldódjék — magam is szükségesnek tartom, hogy ennek a kérdésnek szervezeti, jogi és intézkedési oldalát vizsgálják meg a termelő vállalatok és az iparirányítás vonatkozásában.

Ugyanehhez a kérdéshez kapcsolódik az ipari kutató intézetek többszörös irányításának a problémája, a LÉVAI levelező tag által felvetett iparszervezési intézkedésekkel kapcsolatos problémák. Itt talán szélesebb vonatkozásban felmerül a tudományos kutatások országos irányításának és koordinálásának kérdése is, amely a baráti szocialista országokban már többé-kevésbé megoldódott, ha nem is egyforma módszerekkel. Az Akadémiának tudományirányító és koordináló tevékenységét alapszabálya értelmében az alap kutatásokra kell irányítania, viszont nincs országosan megoldva a nagyobb anyagi befektetést, nagyobb költségvetést és beruházást igénylő és nagyobb volumenű ipari kutatások irányítása és koordinálása. Ebben a kérdésben az a fejlődés jelentős, amelyet a baráti országokban látunk. Ezekben általában van egy felelősséggel és anyagi eszközökkel rendelkező olyan szerv, amelynek keretében az ipari kutatás irányítását és koordinálását maguk a kutatást végző szakemberekből alakított bizottságok végzik. Ez olyan országos probléma, amelynek megoldása elengedhetetlen feltétele annak, hogy a kutatási eredmények hatékonyan segíthessék elő a népgazdaság fejlődését.

A részletesebb kérdésekre áttérve, MAJOR Máté akadémikus kifogásolta, hogy az elnökségi beszámolóban nem szerepelt kellő súllyal a Műszaki Tudományok Osztályának tevékenysége. Ezt a kérdést a zárt közgyűlésen fel kell vetnünk és ragaszkodnunk kell ahhoz, hogy az Elnökség a Műszaki Tudományok Osztályát súlyának megfelelően kezelje. Kifogásolt adminisztratív intézkedéseket is. Egyetértek abban, hogy a funkciókra kijelölés, bizonyos megbízások kiadása — legalábbis akadémiai keretben — előzetes megbeszélés és hozzájárulás alapján történjék.

TÁRCZY-HORNOCH akadémikus felszólalásával kapcsolatban — azt hiszem, a Műszaki Tudományok Osztálya részéről is — kijelenthetem, hogy a megalakuló geosztályt hozzánk közelálló testvérosztálynak fogjuk tekinteni,

és gondolom, hogy a közös problémák megoldására esetleg közös bizottságok formájában fogunk közös munkát végezni.

LÉVAI levelező tag felemlítette az elektronikus számítógépek hiányát és kifogásolta a VI. és III. Osztály nem megfelelő együttműködését ebben a vonatkozásban. Bizonyos szervezeti intézkedések történtek, az Automatizálási Komplex Bizottság keretében szerepelnek a kibernetikának automatizálási vonatkozású problémái is, azonban ez végeredményben a kérdést nem oldja meg, mert ez elsősorban beruházási és devizakérdés.

Amit HORNUNG Andor, a műszaki tudományok doktora a gépiparra vonatkozóan felszólalásában elmondott, egyetértek vele abban, hogy a tudományterületeket megfelelő arányossággal kell képviselnünk és követnünk az Elnökség erre vonatkozó útmutatását, elsősorban azokon a területeken, amelyek közvetlenül összefüggnek a népgazdaság érdekeivel. VAMOS Györgynek a Könnyűipari Bizottság megszüntetésével kapcsolatos felszólalásához annyit tehetek hozzá, hogy országos viszonylatban szakembereinket rendkívüli módon leköti és munkájukat részben eredménytelené teszi a rengeteg bizottsági ülés. Az akadémiai bizottsági hálózaton felül a TFT, az OMFB, a KGST, a különböző minisztériumok, kutatóintézetek tudományos tanácsai a tevékenykednek és ad hoc szakbizottságok, valamint vizsgálóbizottságok működnek. Véleményem szerint ez a kérdés országos rendezésre szorul, de gondolom, hogy azoknak az érveknek az alapján, amelyeket VAMOS György felhozott, helyes lenne — és ezt javaslom is — ha a Könnyűipari Bizottság kérdését az osztályvezetőség újra megvizsgálná.

Megköszönöm azokat a kiegészítéseket, amelyeket BOGÁRDI levelező tag a nemzetközi hidrológiai decenniummal kapcsolatban, HAVIÁR Győző, a műszaki tudományok doktora pedig az építéstudományi munkaközösség eredményeivel kapcsolatban tett.

ELNÖKI ZÁRÓSZÓ

OSZTROVSZKY GYÖRGY levelező tag

Az Akadémia osztályai közül a Műszaki Tudományok Osztálya, a Kémiai Osztály és az Agrártudományok Osztálya népgazdasági jelentősége rendkívül nagy. Talán hazánk sajátos adottságaiból adódik, hogy e területeken súlyos népgazdasági problémákat kell megoldanunk, amelyek részben az ország nyersanyag helyzetével, részben történelmi adottságaival, fejlettségi adottságaival függnek össze. Kevés országra hárul ennyi nehézség és kevés ország értelmiségének kell ennyi problémával megküzdenie. De úgy gondolom, azok az erőfeszítések, amelyeket a kormányzat eddig tett és azok az erőik, amelyek eddig hazánkban kialakultak, alkalmasak arra, hogy a népgazdaság stabilitását tudományos oldalról biztosítsák.

VERŐ professzor nagyon világosan megmagyarázta, hogy a kutatás után most már a fő felelősség a megvalósítás oldalán jelentkezik. Ez valóban így van. Aki nézi az Osztály munkáját, láthatja, hogy a magyar kormányzat közel 4 milliárd forintot fordít évente tudományos kutatásra. Olyan összeg ez — a nemzeti jövedelem 2,5%-a — amelynél többet — fajlagosan — sem Anglia, sem Franciaország nem költ e célra, talán csak Amerika van e tekintetben előttünk. Az eszközök tehát megvannak, a probléma ott jelentkezik, hogy

nálunk sajátosan úgy oszlik meg a 4 milliárd forint, hogy ebből kutatásra 2—2,5 milliárd, alkalmazásra pedig 1,5—2 milliárd kerül. Durván számítva az alkalmazás és a kutatás aránya 1 : 1, még azt is feltételezve, hogy nem minden kutatás szolgálja azt a célt, hogy egyedi műben meg is valósuljon. Nagyságrendiségi problémák jelentkeznek, a realizálásra sokkal nagyobb mennyiséget kell adni.

Érdekes, hogy a kormányzat által néhány éve megvalósított műszaki fejlesztési alap elköltése körül 3—4 évvel ezelőtt még komoly problémák voltak. Most már ez az alap kevés. Nagyon jól látszik, hogy műszaki fejlesztésünk most már tudna alkotni, csak az eszközök eloszlása, a koncentráció, a polarizáció nem elég hatékony.

Az elmúlt 20 évben hatalmas fejlődésnek vagyunk tanúi. A Horthy-időkből meglevő 20 intézettel szemben ma már 131 tudományos intézetünk van, az akkori párszáz kutatóval szemben ma már 36 ezer ember dolgozik a kutatás terén, ebből 12 ezer tényleges kutató. Sajnos, a 12 ezer kutatóra 10 ezer téma esik, ami teljesen irreális. Ezen feltétlenül változtatni kell. Ez azonban nem egyszerű, hanem bonyolult folyamat. Örömmel közölhetem, hogy körülbelül 1 1/2—2 éve folyó módszeres munkával kezdenek már világosan kibontakozni a problémák és az ebből következő teendők is. A munka azonban rendkívül bonyolult és sajnos, ebben a tevékenységben úttörő munkát kell végeznünk, amely sohasem könnyű, másrészt pedig igen nagy felelősséggel jár. Ezért azoktól, akik türelmetlenek — és joggal türelmetlenek — némi türelmet kell kérnünk. Nem rossz az, ha naponként összehasonlítjuk saját műszaki helyzetünket Franciaország, Olaszország, Anglia, vagy a létszámban ugyan kicsiny, de gazdaságilag egészen más potenciálú Svájc vagy Svédország helyzetével, mert sajnos — a magyar műszaki fejlődéssel szemben az igények ilyen nagyságrendűek és ilyen színvonalúak. Ha azonban ezt az összehasonlítást végezzük, nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy az angol, a francia történelem másképpen folyt mint a magyar, és az említett országok másképpen vészelték át a két világháborút, mint hazánk. Ezeket a szempontokat a felvetett problémák elbírálásakor nem szabad figyelmen kívül hagynunk.

AZ EGYKRISTÁLYOK ELEKTROLUMINESZCENCIÁJA*

SZIGETI GYÖRGY

AKADÉMIKUS

MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET

1964-ben a *Reports on Progress in Physics* az elektrolumineszcenciával kapcsolatos kutatásokról összefoglaló beszámolót közölt. A beszámolót HENISCH a következő szavakkal kezdi:

„Az elektrolumineszcenciát széles körökben úgy tekintik, mint egy olyan területet, amelyet a kis fényhatásfok és a nagy elméleti konfúzió jellemez. Ma már az első vádpontot biztosan tagadni lehet, de a második még ma is feltétlenül fennáll.”

Ha az irodalmat áttekintjük, valóban úgy látszik, hogy a lasereknél sikerült a 100%-os hatásfokot megközelíteni és igen nagy fény-sűrűségeket — bár eddig még csak infravörösben és csak igen rövid idejű impulzusokban — elérni, ugyanakkor a szokásos elektrolumineszkáló lapok, panelek fény-sűrűsége még mindig rendkívül csekély (nagyságrendben $1/10 \div 1/100$ lumen/dm², $1/100$ W \div $1/1000$ W energiafelvétel mellett).

Az elektrolumineszcencia elméletére vonatkozólag az irodalomban számos közlemény jelent meg, amely a kérdést igen sok oldalról próbálja megközelíteni. HENISCH szerint úgy látszik, hogy többféle elektrolumineszcencia jelenséget kell megkülönböztetni és ezek mindegyike más és más okra vezethető vissza, szerinte egységes elmélet nem valószínű. Az eddigi magyarázatok a következő mechanizmusokat tételezik fel:

a) A kristályban valamilyen módon felgyorsított töltéshordozók gerjesztik a kristályban levő lumineszkáló centrumokat;

b) a kristályba injiciált kisebbségi töltéshordozók a vezetési sávból a vegyérték sávba való visszaeséskor a teljes tiltott sáv szélességének megfelelő energiát kisugározzák;

c) a rekombináció nem közvetlenül sáv-sáv között történik, hanem a kristályba beágyazott szennyezések által létesített lokalizált nívókon keresztül.

Mindegyik mechanizmusra az irodalomban számos példa található, és valóban egyik jelenségre az egyik, a másokra esetleg a másik mechanizmus illik jobban.

* Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya 1965. évi nyilvános osztályülésén a Matematikai- és Fizikai Tudományok Osztályával közös rendezésben, április 22-én tartott előadás.

A régebbi irodalom főleg por alakú lumineszkáló anyagokkal foglalkozik, újabban azonban mind nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az egykristályokon végzett vizsgálatoknak. Anélkül, hogy a kérdés egész irodalmáról teljességre törekvő képet kívánnánk adni, inkább a *Műszaki Fizikai Kutató Intézet* laboratóriumaiban végzett kísérleteket, ezek célkitűzéseit és az eddig elért eredményeket ismertetjük. Az idevágó irodalomból elég, ha hivatkozunk a HENISCH már idézett művében megadott igen részletes bibliográfiára.

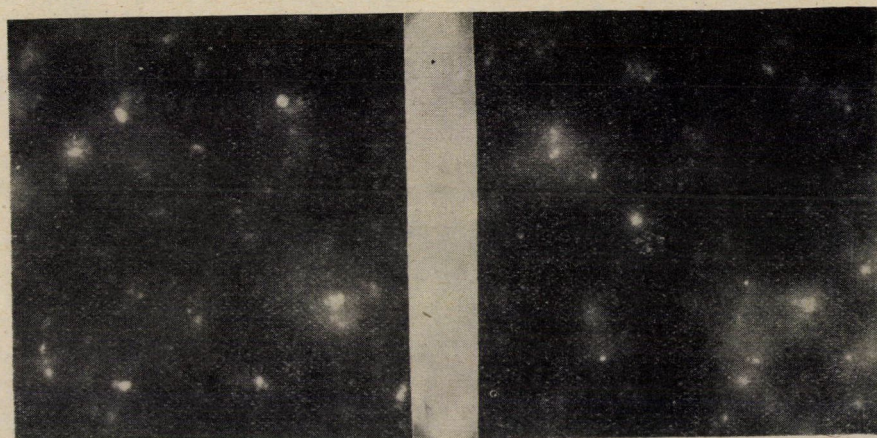
Kutatásaink egyik fő célja a jelenségek pontos mechanizmusának megismerése és annak a kérdésnek az eldöntése, vajon alkalmazható-e elektrolumineszcencia gyakorlati fényforrások előállítására. Kutatásaink során már régebben megállapítottuk, hogy az elektrolumineszcencia hatásfoka talán még nagyobb mértékben, mint egyéb fluoreszcencia jelenségek, elsősorban az alkalmazott anyagok tisztaságától függ. Első feladatunknak tekintettük ezért megfelelő tiszta alapanyagok előállítását.

Annak eldöntésére, hogy a jelenség létfelhőzésekor a villamos tér vagy a villamos áram energiájának a kristály felé való átadása hogyan történik, a mikrokristályos anyagokon végzett kísérletek nem bizonyultak kielégítőnek. Éppen ezért rá kellett térni lehetőleg nagyméretű, szennyezésmentes, vagy szándékosan aktivátor anyagokkal szennyezett egykristályok előállítására.

WAYMOUTH és BITTER, ANTONOV-ROMANOVSZKI, majd BODÓ és WEISZBURC már régebben megállapították, hogy a szokásos műanyagba ágyazott és ZnS port tartalmazó elektrolumineszcens cellákban a kristályszemcséknek csak igen kis része világít, a többi csak szórt fényt ad. Stroboszkópos felvételekkel kimutatták, hogy a váltakozóáram két félszériójában nem ugyanazok a szemcsék világítanak, illetőleg a fényporszemcsék által emittált fény intenzitásában az áram iránytól függően sok esetben igen nagy különbség van (1. ábra).

BODÓ és munkatársai azt is észlelték, hogy vannak szemcsék, amelyeknél a különbség kisebb, vagy alig észlelhető. Ebből is a világításnak a szemcse villamos térhez való orientációjától való függésére következtethettek. Ez a jelenség is megerősítette azt a szándékunkat, hogy a vizsgálatokat egykristályokra is kiterjesszük és megpróbáljunk jellemző adatokat kapni az egyes világító pontok mivoltára.

A ZnS nagykristályok előállítására alkalmas a Frerichs-féle módszer. Ennek további tökéletesítésére van szükség ahhoz, hogy megfelelő mennyiségben lehessen kb. 1 cm² nagyságú felülettel rendelkező és tűrhető (0,5 ÷ 1,5 mm) vastagságú egykristályokat előállítani. Ebből a célból KOVÁCS PÁL és SZABÓ JÁNOS végeztek vizsgálatokat. Megállapították, hogy melyik az optimálisnak mutató kályhakonstrukció és rámutattak a fluxus anyagok lényeges szerepére. Megfelelő kristályosodáshoz feltétlen szükség van Cl jelenlétére. Ismeretes az irodalomból, hogy a lumineszkáló ZnS előállításához általában NaCl fluxust szoktak használni. Ennek alkalmazása egykristályok készí-



a)

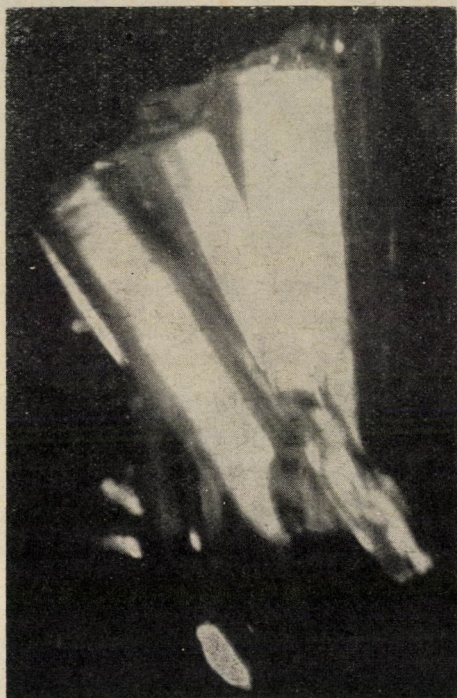
b)

1. ábra. Elektrolumineszkáló cella mikroszkópi felvétele. A cellába csak kisszámú fényporszemcsét építettek be. Négyzöghullámú gerjesztés, 20 msec ismétlődési idővel. a) Az egyik polaritás; b) a másik polaritás



2. ábra. Prizma alakú ZnS egykristály. A kályha magas hőmérsékletű zónájában kb. 1300 C °-on keletkezett. Mérete 3 mm (hossz)

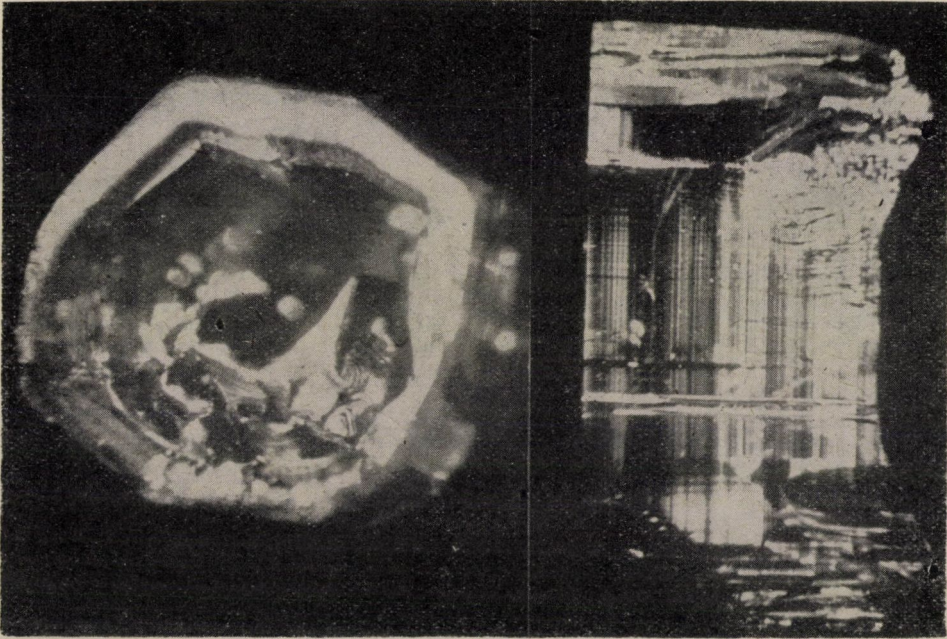
tésénél nem mutatkozott célszerűnek, mert a NaCl a kályha és csónak kvarc-anyagával igen gyorsan lereagált és azt tönkretette. Azt találták, hogy a SrCl_2 -nek párolgási sebessége kb. azonos a ZnS-ével és lényegesen kevésbé reagál a kvarccal, mint a NaCl. Az SrCl_2 fluxus alkalmazásával az eddig gőzfázisból előállítottaknál lényegesen nagyobb méretű, tökéletesebb ZnS egykristályokat tudtak növelni. A későbbi kísérletek során jónak bizonyult még



3. ábra. Összenőtt prizma alakú kristályok, melyek az előzővel azonos hőmérsékletű tartományban nőttek. Méretük 5×1 mm

SrCl_2 helyett HCl gáz adagolása is. Ily módon megfelelő szilárdságú, kristálytanilag viszonylag egyenletes ZnS egykristályokat sikerült előállítani, melyek néhány típusát a 2–5. ábrán mutatjuk be:

A ZnS egykristályok röntgenstruktúra vizsgálata azt mutatta, hogy a kristályok általában nem homogének, hanem együttesen mutatják a wurtzít és szfalerit struktúrát. A rétegződési hibák egyaránt előfordulnak a túlnyomórészt hexagonális kristályban mint köbös és a köbös kristályban mint hexagonális tartományok. Ezeknél a kristályoknál a szerkezetvizsgálat azt mutatta, hogy a legtisztább szerkezet az ún. "kink"-es kristályok középső, deformált tartományában található. Az ilyen kristálytartományok polarizált fényben nem mutatják az illeszkedési hibákra jellegzetes kettős törő sávokat,



4. ábra. Prizma alakú üreges ZnS kristály bázisalapja (ürege). A kristály 1300 C° feletti tartományban keletkezik. Átmérő 2 mm

5. ábra. Lap alakú ZnS kristály. A kristály közepes hőmérsékletű (1280 C°) tartományban keletkezik. Mérete 1 cm

és kémiai maratásuk sem hív elő hibahelyeket. A 6. és 7. ábrán egy ilyen kristálytartomány-fénykép, a 8–10. ábrán pedig a kristályok növekedésekor fellépő diszlokációk fényképe látható.

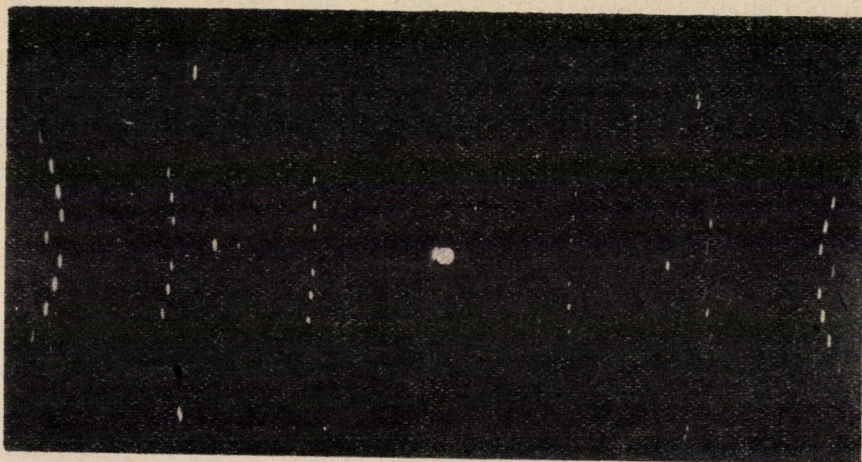
Megállapítottuk, hogy a kristályok defektstruktúrája lényeges hatással van a kristályok fotokémiai viselkedésére is. Ezzel a problémával az Intézet laboratóriumában Sviszt Pál foglalkozik. Megállapította, hogy a ZnS kristályok rövidhullámú ultraibolya fénnel való besugárzásakor különböző mértékben feketednek, ha különféle gázatmoszférában történik a besugárzás. Különösen erősen meggyorsítja a feketedést vízgőz jelenléte. Néhány kristály esetében gyenge feketedést észlelt még akkor is, ha a kristályokat evakuált edényben, vagy folytonos leszívás alatt sugározta be.

Sviszt későbbi vizsgálatai kimutatták azt is, hogy a vákuumban észlelt feketedés a ZnS kristályok felületén adszorbeált vízrétegre vezethető vissza. Ezen vízréteg a kristályok felületén a kristálynövelés közben keletkező ZnCl_2 -hoz lehet kötve.

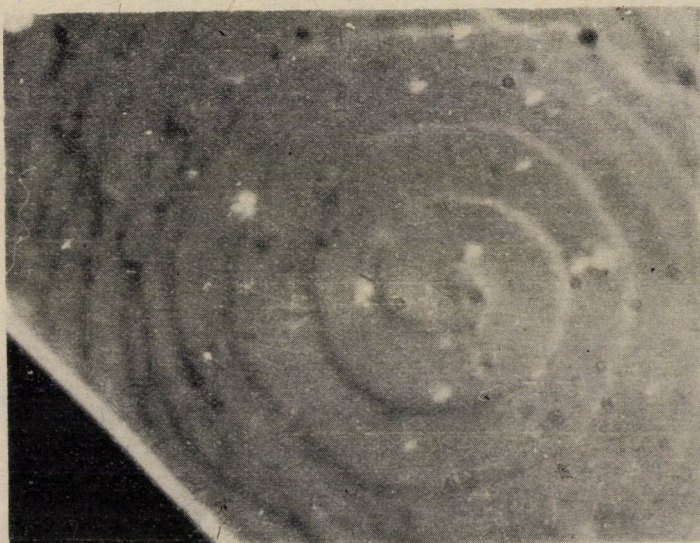
A vízgőzben besugárzott kristályokban vizsgálta a feketedés mértékét a besugárzás függvényében, a Zn precipitátumoknak a kristály felületén való eloszlását, továbbá a kifehéredés jelenségét. Különösen érdekesek itt azok az eredmények, amelyek a fotolitikus Zn-nek a kristályok felületén való eloszlására vonatkoznak (11–13. ábra).



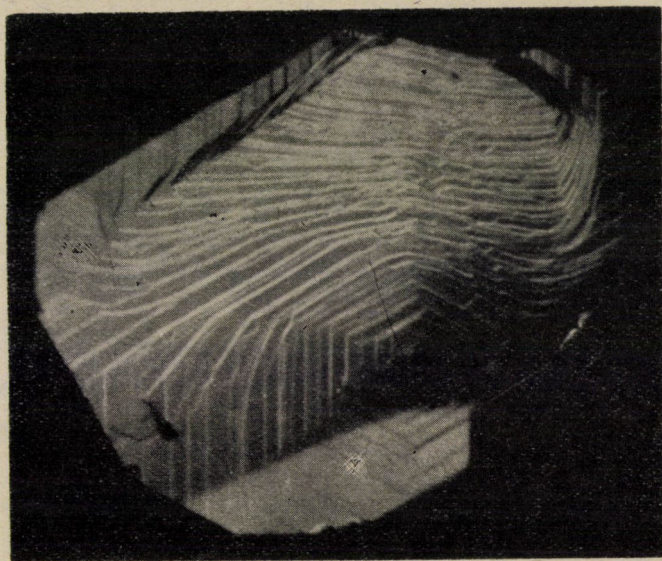
6. ábra. Kink-es kristály hibamentes tartománya. A felvétel polarizált fényben készült, kémiai maratás után. A kép felső jobb sarkában jól láthatók a kettős törő sávok. A kristály átmérője 1,5 mm. Szerkezete tiszta köbös



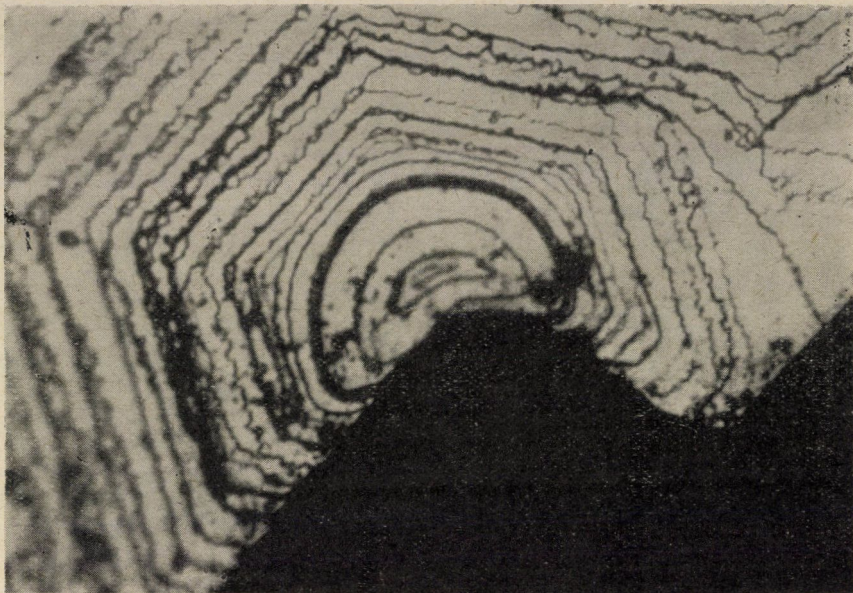
7. ábra. Hasonló kristály forgókristályos röntgen-felvétele, mely tiszta, 6 réteges, polytip



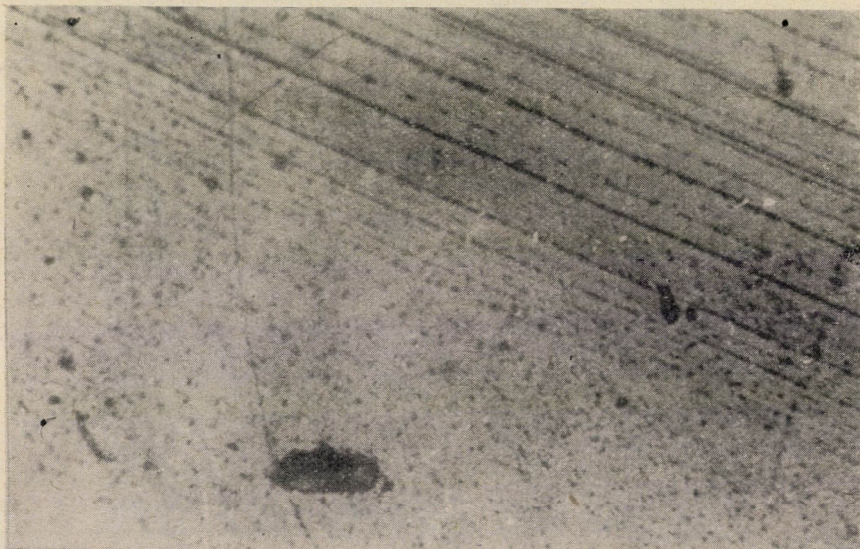
8. ábra. Spirál diszlokáció ZnS egykristály bázislapján. Lépcsőmagasság kb. 50 Å. Nagyítás 650-szeres



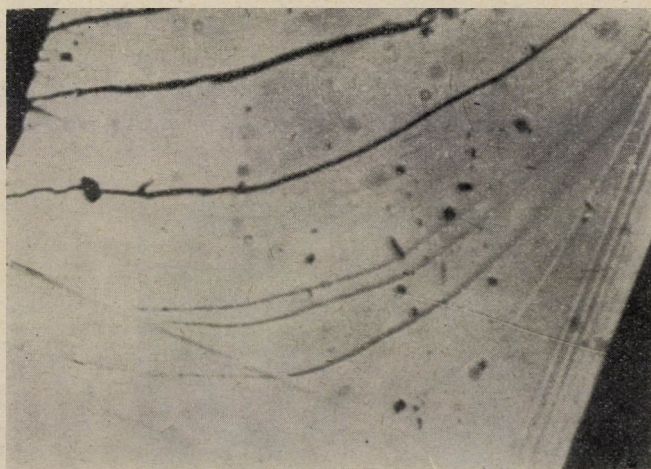
9. ábra. Poligonizált növekedési spirál ZnS kristály bázislapján. Lépcsőmagasság kb. 1000 Å, nagyítás 125-szörös



10. ábra. Két ellentétes csavarodású spirál diszlokáció felbukkanási pontja ZnS egykristály bázislapján. Nagyítás 250-szeres



11. ábra. Megfeketített kristályfelület. A képen jól látható, hogy a kiváló Zn fém kicsi, nem összefüggő szigeteket alkot, amelyek a felületet csak részben borítják. Szembetűnő az is, hogy a kiválások orientálódása a kép különböző részein különböző. A kép felső részén a Zn kiválás a C tengelyre merőlegesen futó rétegződési hibákat követi. A kép alsó részén, amelyen a feketítés előtt semmiféle orientált rendezetlenséget nem tudtunk kimutatni, nem figyelhető meg a kicsapódások ezen orientációja. Itt a kiváláson rendszertelenül jelennek meg



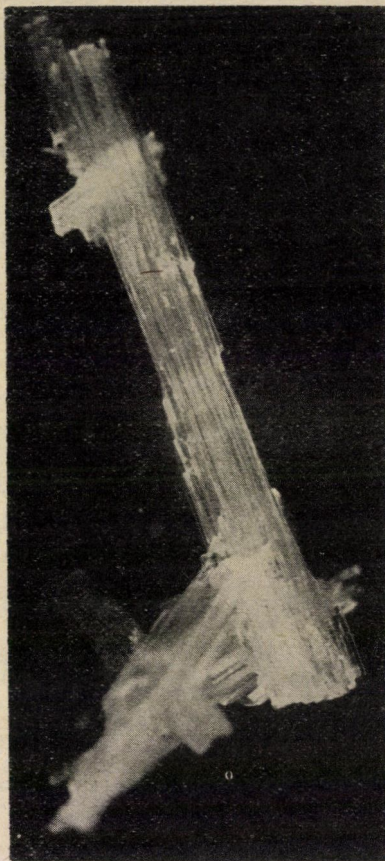
12. ábra. Hasítás által kapott átlagminőségű kristályfelület. A kép felső részén jól láthatók a rétegződések. Ezenkívül a képen törési lépcsők láthatók



13. ábra. A 12. ábra kristályfelületét mutatja be két perces nedves levegőben való besugárzás után. Itt is jól látható, hogy a fotolitikus Zn elsősorban a rétegződési hibák mentén és a törési lépcsők mentén helyezkedik el. Különösen jelentős, hogy a kép alsó részén levő hibás rétegek mentén is megjelenik a Zn, amely rétegek optikai mikroszkóppal nem voltak kimutathatók (ld. a 12. ábrát). Ilyen módon ez a megfigyelés azt bizonyítja, hogy ZnS kristályok bizonyos rács rendezetlenségeit a fotolízis jelenségének segítségével láthatóvá lehet tenni

E vizsgálatokat különösen indokolja az a tény, hogy az elektrolumineszcenciával kapcsolatos mérések során súlyosan zavaró körülmény, egyben pedig az elektrolumineszkáló cellák gyakorlati felhasználásának egyik akadály is, hogy az elektrolumineszkáló fény intenzitása a cellák üzeme során csökkent. Ezt a jelenséget BALÁZS, HÁRSY és SZABÓ vizsgálták behatóbban. Azt találták,

hogy a működés során a cellák kapacitása, veszteségi szöge és fényintenzitása egymással majdnem párhuzamosan, az első 1000 órában igen gyorsan, később lassan csökken. A csökkenés lényegesen gyorsabb volt azoknál a celláknál, amelyeknél a fénypor műanyagba volt beágyazva, mint a zománc dielektrikum



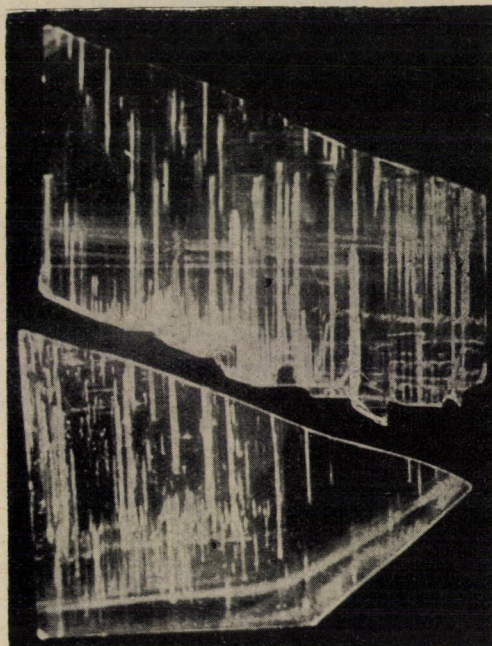
14. ábra. Önaktivált ZnS kristály fotolumineszkáló fényében fényképezve

celláknál. Ezek a vizsgálatok világosan mutatták, hogy a fénycsökkenés nem a világító pornak alapvető tulajdonsága, hanem a környezettel való kölcsönhatásra vezethető vissza. Valószínű, hogy a fotólízissel kapcsolatos fent leírt vizsgálat során nyert tapasztalataink a fenti témakörben szintén hasznosíthatóvá válnak.

Az eddig tárgyalt kristályok közvetlenül növesztés után kémiaiilag igen tisztáknak bizonyultak, és az önaktivált ZnS-okra jellemző kék emissziót mutatták (14. ábra).

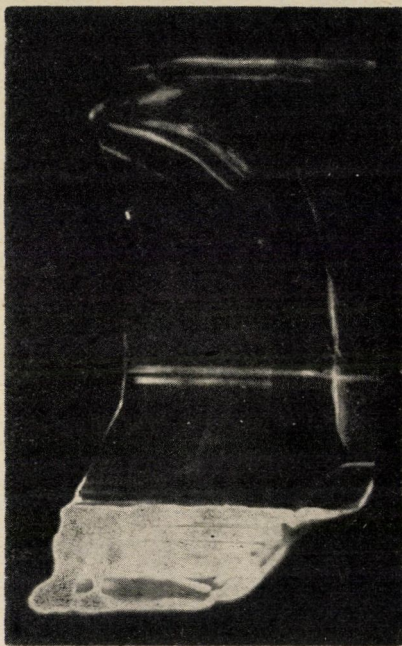


15. ábra. Aktivált, zölden fotolumineszkáló ZnS egykristály lumineszkáló fényében fényképezve.
Az ábrán látható lap strukturálisan igen jó



16. ábra. Két, rézzel aktivált ZnS egykristály fotolumineszcenciája

Ahhoz, hogy elektrolumineszkálásra vonatkozó és általában fizikai méréseket lehessen végezni, a kristályok felületére vagy fémes rezet párologtattunk fel, vagy CuS-t választottunk le, amelyet 7–800 C°-on N₂ atmoszférában behűtöttünk a kristályba. Ilyen módon sikerült olyan kristályokat is előállítanunk, amelyek zöld, kék, ill. narancsvörös lumineszcenciát mutattak. Az utóbbi eset arra mutat, hogy ellentétben egyes eddigi véleményekkel, a vörös világítás nem az izzítás nagy hőfokának, hanem a nagy rézkoncentrációnak a következménye (15–17. ábra).



17. ábra. Nagy réztartalmú ZnS egykristály vörös fotolumineszcenciája

Az aktivált kristályok elektrolumineszcenciája az ismert inhomogén viselkedést mutatja, ezért szükséges volt olyan berendezés, amelynek segítségével a kristály felületének igen kis (lehetőleg pontszerű) részéről származó fényét egy-egy szűk frekvenciatartományban időbeli lefutás szempontjából vizsgálat alá lehet venni.

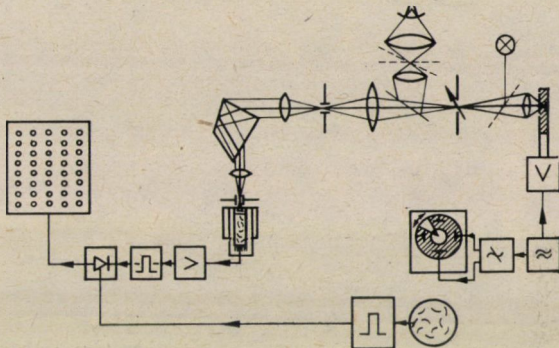
WEISZBURG, SCHANDA és BODÓ 1959-ben közölte az első idevágó eredményeket. Ebben a cikkben már rámutattak az egyes spektrumsávok intenzitásának különböző időbeli lefutására. A későbbiek során ezeket a vizsgálatokat SCHANDA János folytatta és ezekről a vizsgálatokról több cikkben számolt be.

Vizsgálatai során kidolgozott egy olyan módszert, amellyel a helybeli, időbeli és hullámhossz szerinti felbontást olyan mértékig tökéletesítette, hogy

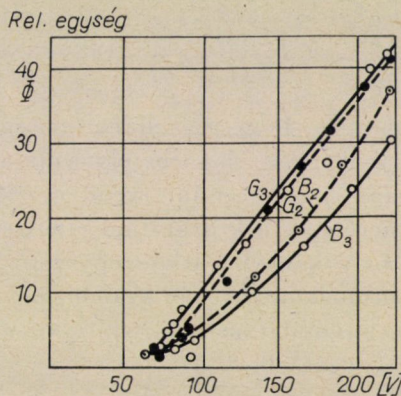
néhány fotont már észlelni tudott és így vette fel tetszés szerinti időpontban és adott frekvenciánál egy pontszerű fényforrásból kiinduló igen kis intenzitású fény értékeit (18. ábra).

Az eddigi mérések azt mutatták, hogy még egyetlen kristályban is a különböző világító pontoknál a fénykeltésnek különböző mechanizmusai lehetségesek. Így pl. impulzus-üzemnél különbség állapítható meg a Cu kék és zöld sávja között (19. ábra).

Már 1961-ben BODÓ és WEISZBURG megállapították, hogy porrátört SiC kristályok váltakozó feszültségű villamos térben az elektródoktól csillám-



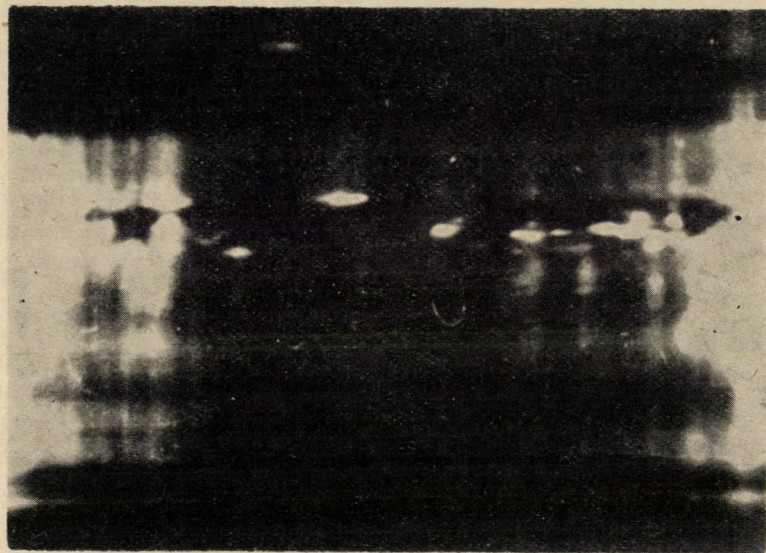
18. ábra. A hangfrekvenciás generátor erősítőn keresztül elektrolumineszkáló egykristályt táplál. Egyetlen pont képét mikroszkóp-optika a monokromátor belépő részére vetíti. Ezen optikai felépítésben mód van a világító pont megfigyelésére, a látómező beállítására, valamint hitelesítő fény bevetítésére. A monokromátor kilépő résznél áll a hűtött sokszorozó, melynek egyes fotonok által kiváltott impulzusait a vázlatosan jelölt elektronikus készülékek erősítik, diszkriminálják és kapuzzák. A kapu-impulzust fázistoló áramkör állítja be. A kapuzott impulzusokat scaler számlálja



19. ábra. Impulzus gerjesztés mellett egyetlen világító pont fénylökése amplitúdójának feszültségfüggését a zöld (G₂, G₃ görbe) és kék (B₂, B₃ görbe) színek-tartományban szemlélteti, negatív impulzus bekapcsolásakor (B₂, G₂) és pozitív impulzus bekapcsolásakor (B₃, G₃). A kék színek-tartományban a fény impulzus amplitúdója követi az exp (-b, v) függést, a zöld fényamplitúdó a feszültséggel lineárisan változik

mal elszigetelve a ZnS-hoz hasonló módon világításra gerjeszthetők. Fényhullámvizsgálatok azt mutatták, hogy itt is, mint a ZnS-nál egy-egy áramirány mellett mindig ugyanaz, de az áram megfordulásakor más-más pontok világítanak. A nagy ZnS egykristályok birtokában viszont megállapítottuk, hogy a ZnS egykristályokat a Loszev-féle elrendezésben, tehát tűkontaktus segítségével egyenárammal világításra tudtuk gerjeszteni.

Az egykristályok vizsgálatát általában lap alakú kristályokon szokták végezni. Minthogy a lapok orientáltan nőnek, a kontaktusok elhelyezésének



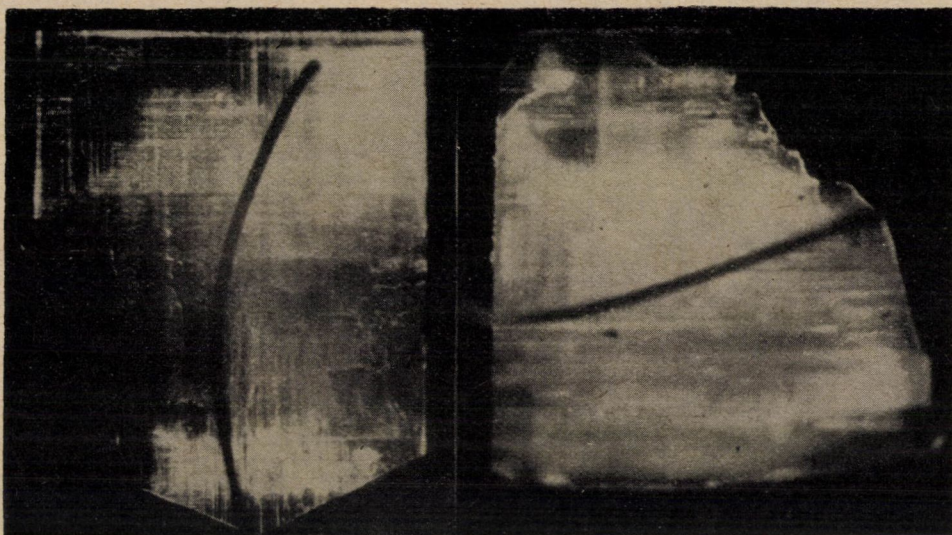
20. ábra. Egy a c-tengelyre merőlegesen, a lap síkjába kontaktált elektrolumineszkáló kristály képét mutatja. Jól látható, hogy a kontaktusok alatt a világítás csaknem homogén, a kontaktusok közötti kristálytartományban élesen világító foltok jelennek meg

nagy szerepe van. Ismeretes, hogy a villamos térnek és a kristálytani c-tengelynek relatív elhelyezkedése erősen befolyásolja a világítást (20. ábra).

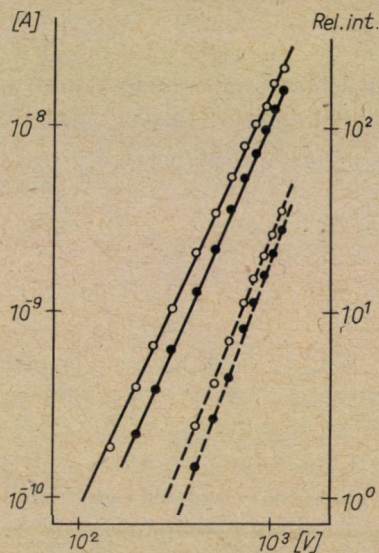
Orientáció miatt előnyösebb az ún. szendvics-elrendezésű kontaktus, ahol a térirány mindig merőleges a kristálytani c-tengely irányára. Az ilyen típusú kontaktusokkal, melyek egyike átlátszó, vezető SnO_2 -rétegen végzett kísérletekről a szerző a toruni konferencián számolt be. Megállapítható, hogy ilyen típusú kontaktusok használatánál a kristály világítása sokkal homogénebb, mint az ún. gap-elrendezéseknél (21. ábra).

Alkalmas ez az elrendezés az egykristályok villamos tulajdonságainak vizsgálatára is. Mint ismeretes, fém-félvezető kontaktusoknál töltéshordozó injekció lép fel. A 22. ábra az indium-kontaktusok mellett észlelt feszültség-áram és fényintenzitás-feszültség karakterisztikát mutatja.

Lényeges észleletnek tekinthető még e vizsgálatok során, hogy sem a váltakozóáramú, sem az egyenáramú gerjesztéssel a kristály átütését nem sikerült elérni, bár a feszültséget a világítás megkezdésétől számítva többszörösre növeltük. Az átütés mindig a kristályt megkerülve, a környező levegőben történt.

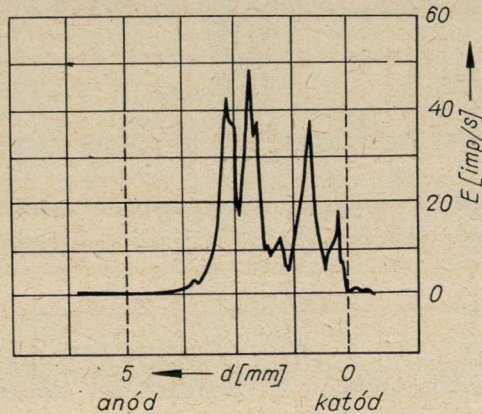


21. ábra. Elektrolumineszkáló ZnS egykristály. Az alsó lap arannyal kontaktált, a felső lap kontaktusa átlátszó SnO_2 réteg, amelyre tüvel csatlakoztatjuk a gerjesztő feszültséget



22. ábra. Indiummal gap-ben kontaktált ZnS egykristály feszültség-áram és feszültség fény karakterisztikája. A világítás arányos az árammal. Egyenáramú mérés

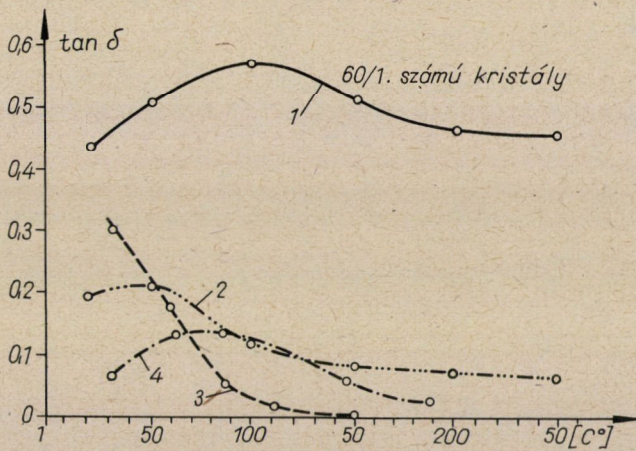
Az egykristályok elektrolumineszcenciáját vizsgálva a *Román Tudományos Akadémia Fizikai Intézetével* együttes munka során P. PETRESCU és KOVÁCS Pál megállapították, hogy az egykristályokon mutatkozó pontszerű elektrolumineszcencia és a kristályok exo-elektronemissziója között összefüggés van. A 23. ábrán látható egy kristály exo-elektronemissziója, melyet a kristály egyes felületelemeinek letapogatása útján nyertek. Ennek az érdekes felismerésnek további kivizsgálása és ebből a következtetések levonása még folyamatban van.



23. ábra. Elektrolumineszkáló ZnS egykristály exo-elektronemissziója világítás közben. Az ábrán látható csúcsok egybeesnek az elektrolumineszkáló pontok helyével

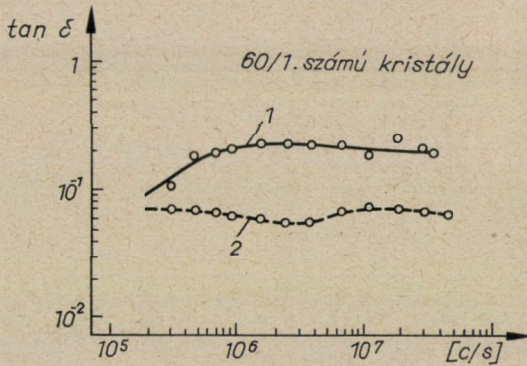
Az egykristályokon eddig végzett mérések konzisztens képet látszanak mutatni az egykristályok tulajdonságairól. Vannak azonban mérések, amelyek azt mutatják, hogy látszólag azonos, vagy közel azonos struktúrájú, közel azonos rézmennyiséggel doppel kristályok egyes tulajdonságai között igen nagy szórás és néha teljesen ellentétes viselkedés mutatkozik.

1947-es NAGY Elemérrel együtt végzett saját méréseink Mn-nal aktivált szilikát fényporokon a dielektromos veszteségek és a fotolumineszcencia hőmérsékletfüggése között egyértelmű összefüggést mutattak. Sőt, a lumineszcenciának a Mn-tartalom változtatásával mutatkozó változása is azonos menetű volt a fényhatásfok változásával. Hasonló eredményre jutott később ZnS porok vizsgálatánál M. RIEHL is. Ezzel szemben ZnS egykristályok dielektromos veszteségeinél nem lehetett egyértelmű különbséget találni az aktiválatlan és a különböző mennyiségű rézzel aktivált kristályok között. A dielektromos veszteségek hőmérsékletfüggése nem mutat egyértelmű összefüggést a fotolumineszcencia hőmérséklet-függésével. A dielektromos veszteség egyes kristályoknál úgy, ahogy ezt az irodalomban porokra vonatkozólag leírták, megvilágítás hatására a fotokondukciónak növekedésének megfelelően növekszik (24. és 25. ábra).



24. ábra. 60/1. számú kristály dielektromos veszteségének és a fotolumineszcensmisszió intenzitásának hőmérsékletfüggése

1 görbe tan δ UV-vel megvilágítva; 2 görbe tan δ sötétben; 3 görbe kék réz sáv maximumának hőmérsékletfüggése; 4 görbe zöld réz sáv maximumának hőmérsékletfüggése.

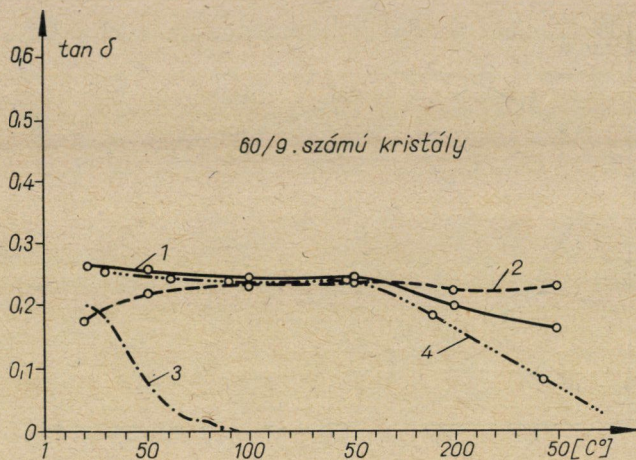


25. ábra. 60/1. számú kristály dielektromos veszteségének frekvenciafüggése
1 görbe UV megvilágítás esetén, 2 görbe sötétben.

Más kristályoknál viszont a dielektromos veszteség ultraibolya megvilágítás hatására — ellentétben a várt változással — lényeges csökkenést mutat (26. és 27. ábra).

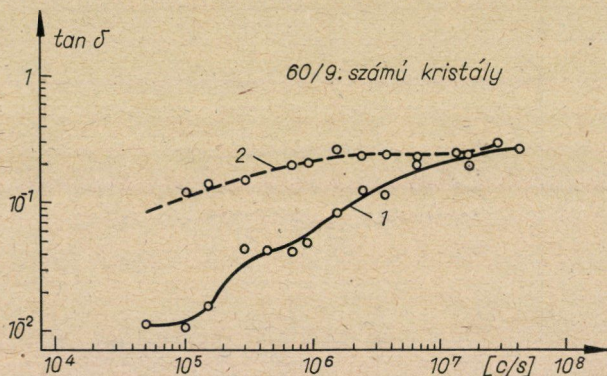
További rendellenesség, amelyet csak egykristályoknál észleltünk, abban mutatkozott, hogy szilikát vagy szulfid foszfor poroknál az egyes sávok intenzitásának és alakjának hőmérsékletfüggése egyértelmű, jól reprodukálható képet adott, az azonos körülmények között növesztett és utólag azonos mennyiségű rézzel aktivált különböző egykristály példányoknál viszont az egyes sávok hőmérsékletfüggése teljesen különböző képet eredményezett (28. ábra).

Azt észleltük, hogy egyetlen egykristály az egész felületén egyenletesen megvilágítva 3650 Å hullámhosszúságú ultraibolya fényvel a kristály egyen-



26. ábra. 60/9. számú kristály dielektromos veszteségének és fotolumineszcencia intenzitásának hőmérsékletfüggése.

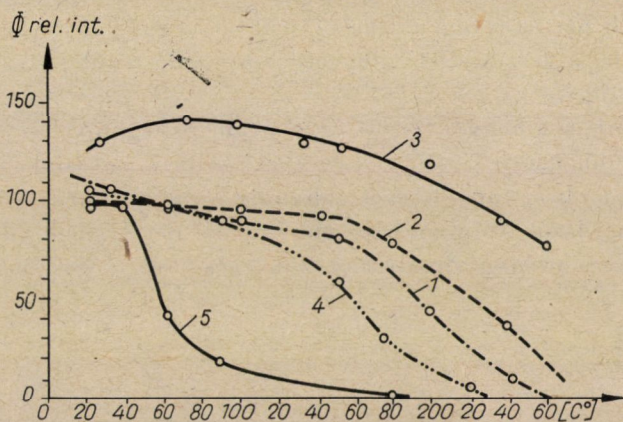
1 görbe $\tan \delta$ UV megvilágítással; 2 görbe $\tan \delta$ sötétben; 3 görbe kék réz sáv maximumának hőmérsékletfüggése; 4 görbe zöld réz sáv maximumának hőmérsékletfüggése



27. ábra. 60/9. számú kristály dielektromos veszteségének frekvenciafüggése

1 görbe UV megvilágítás esetén; 2 görbe sötétben.

letes hevítésekor a mikroszkopikusan hibátlanabb részekben a lumineszcencia sokkal hamarabb kezdett csökkenni, mint a kristálynak láthatóan hibás részein. Arra lehetne következtetni, hogy a porok tulajdonságai a hibásabb egykristályokéval azonosak, a tapasztalat viszont azt mutatja, hogy a porok hőmérsékletfüggése a kevesebb hibahelyet tartalmazó kristályok hőmérsékletfüggéséhez áll közelebb. Véleményünk szerint ebből a megfigyelésből további következtetéseket még korai volna levonni, mindenesetre az egykristályokon végzett mérések éppen a kristályok különböző volta és a különbségeknek más módszerekkel való figyelembevétele mellett a mechanizmusra valószínűleg újabb fevilágosítást fognak adni.



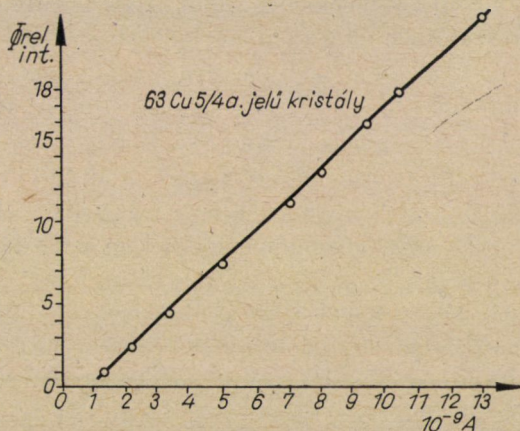
28. ábra. Különbözö lumineszkáló anyagok fotolumineszcenciájának hőmérsékletfüggése

1 görbe cinkszilikát fénypor; 2 görbe ZnS : Cu (10^{-4} g/g) fénypor; 3 görbe ZnS : Cu egykristály zöld sávja (60/2. sz. kristály), 4 görbe ZnS : Cu egykristály zöld sávja (61/2. sz. kristály); 5 görbe ZnS : Cu egykristály kék sávja (61/2. sz. kristály).

Igen érdekesek az elektrolumineszcenciának a feszültségtől való függéséről szerzett tapasztalatok. Azt találtuk (29. ábra), hogy az elektrolumineszkáló fény intenzitása az átfolyó áramerősséggel arányos (egyenáramú gerjesztés esetén).

Ha viszont az áram függvényében a kristályra jutó feszültséget rajzoljuk fel, úgy azt találjuk, hogy az áram növekedésével a kristályon a feszültségés nem arányos az áramerősséggel, hanem egy alulról nézve erősen konkáv görbét mutat (30. ábra).

Ha ezt a megfigyelést próbáljuk értékelni, arra kell következtetnünk, hogy — mivel a fény a töltéshordozók számával arányos és nem a kristályra jutó villamos teljesítménnyel — egy-egy töltéshordozó valószínűleg

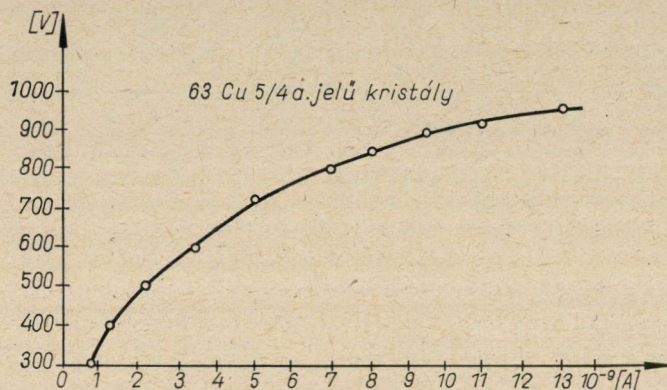


29. ábra. ZnS : Cu egykristály fényintenzitás-áramerősség összefüggése

a kristály egy bizonyos rétegén áthaladva gerjeszt egy fénykvantumot, a gerjesztések száma a feszültségtől független és valószínűleg csak a kristály struktúrájától függ.

Tekintettel arra, hogy a feszültség az áramerősség növelésével az áramnál lényegesen lassabban növekszik, a fénygerjesztés lm/W hatásfoka adott kristály esetén az áramerősség növelésével rohamosan javul.

A töltéshordozók számának növelésekor a kristály nem világító részeire jutó feszültségesés a fénygerjesztéshez szükséges feszültségeséshez viszonyítva



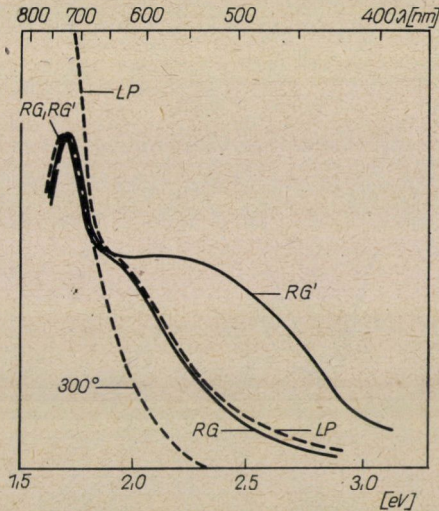
30. ábra. Rézzel aktivált ZnS egykristály feszültség-áram karakterisztikája

(%-osan) csökken. Ezzel szemben a világító átmeneten mutatkozó feszültségesés — minthogy az áramerősség növelésével a fény lineárisan nő — valószínűleg állandó marad. (A mérési hiba határain belül.)

A jelenséget lehetne átütésszerűen felfogni — mert pl. gázkisüléseknél a normális katódosés tartományában a katódosés függetlenül az átfolyó áramerősségtől állandó —, azonban ennek ellene mond az a körülmény, hogy a világítás megkezdésétől számítva a feszültséget legalább egy nagyságrenddel lehetett növelni anélkül, hogy a kristály átütése bekövetkezett volna. Így tehát a kristályra jutó feszültséget két összetevőre bonthatjuk: az egyik a kristály tömegére eső, az árammal nemlineárisan növekvő rész, a másik pedig a világítást előidéző, az áramtól nagyjából független állandó rész. A feszültség növelésének az szabott határt, hogy a kristályt megkerülve a környező levegőben történt átívelés, vagy a lokális felmelegedések miatt a kristályhoz vezető kontaktus ment tönkre.

Az a körülmény, hogy a spektrumsávok helye, függetlenül a gerjesztés módjától (fotolumineszcencia, katódolumineszcencia vagy elektrolumineszcencia) lényegileg változatlan marad, viszont az egyes sávok intenzitásviszonyai a gerjesztés módjától, sőt azonos gerjesztés esetén a kristály temperaturájától erősen függenek, arra látszik mutatni, hogy a fény kibocsátása a gerjesztési

módtól függetlenül minden esetben azonos úton (ugyanazokból a centrumokból) történik, azonban a gerjesztő energiának a kristály által való felvétele, másrészt az energia továbbítása a kristály és a centrumok között erősen függ a gerjesztés módjától, a kristály állapotától (hőmérsékletétől), szennyezett-ségétől, és az esetleges kristályhibáktól). Az egyes spektrumsávok pedig vagy az egyes adott szennyezési nívók közötti, vagy pedig valamely megengedett zóna és lokalizált nívó közötti átmeneteknek felel meg. Arra is lehet következ-



31. ábra. Hidegen lecsapott ZnS ún. fehér lumineszcenciája. A lumineszkáló sáv gyakorlatilag átfedi a teljes látható tartományt

tetni, hogy a hőmérséklet növelésével bekövetkező fénycsökkenés a kristály és a centrum közötti energiaátadás befolyásolása útján történik. Azok a dielektromos veszteségek, amelyeket nagy kristályoknál tudunk mérni, lényegesen nagyobbak, mint a fény kisugárzásának megfelelő energiahányad, számításaink szerint több, mint egy nagyságrenddel haladják ezeket túl. Így az általunk vizsgált ZnS egykristályoknak az elektrolumineszcencia hatásfoka is csak 5–10% vagy ennél is kisebb volt. Így tehát az eddig vizsgált egykristályokon mért dielektromos veszteségek hőmérsékletfüggése, vagy aktivátor koncentrációtól való függése, az eddigi mérések szerint nem a lumineszcenciával kapcsolatos mechanizmusból adódik.

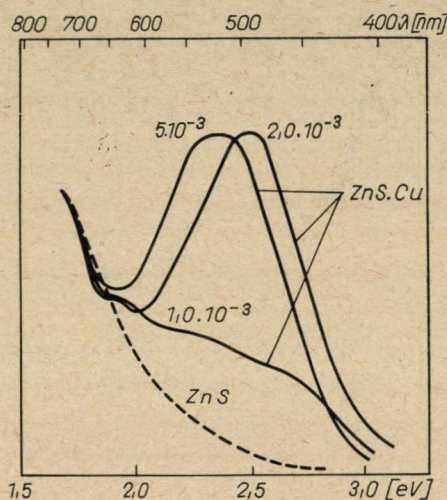
A lumineszcencia mechanizmusának tisztázását más oldalról is próbáltuk megközelíteni.

A lumineszcencia centrumok keletkezésének körülményeire lehetett következtetni azokból az érdekes kísérletekből, amelyeket intézetünkben izzítatlan, lumineszkáló ZnS-ek előállításánál végeztek. LENDVAY Ödön azt találta, hogy megfelelő körülmények között vizes oldatban szobahőmérsékle-

ten lecsapott ZnS kristályok is képesek lumineszkálni. Megfelelő tiszta ZnS esetén ez az emisszió fehér (31. ábra).

Az izzítatlan ZnS-ok vizsgálata azt mutatta, hogy aktivátorok a ZnS kristályokba izzítás nélkül is beépíthetők. Sikerült előállítani Ag, Mn, Pb és Cu-mal aktivált izzítatlan ZnS-okat is. Ezekben a lumineszcens porokban spektrális mérésekkel a felsorolt aktivátorokra jellemző sávokat sikerült kimutatni (32. ábra).

Már a bevezetésben említettük, hogy a lumineszcenciára vonatkozó vizsgálataink fő célja az volt, hogy az elektrolumineszcencia mechanizmusát,



32. ábra. Izzítás nélkül előállított Cu-mal aktivált ZnS fotolumineszcencia spektruma. Az ábrán a különböző réztartalmakhoz tartozó sávok vannak feltüntetve. Az egyes sávok 7200 Å-re vannak normálva

a centrumok mibenlétét és az energiaátadás módját tisztázzuk. Vizsgálataink főleg ZnS-ra irányultak. Az energiaátadás viszonyaival kapcsolatban érdekes eredményekre vezetett ez a kísérlet, amelyben különböző lumineszkáló szerves molekulák adszorpcióját, majd ezek kölcsönhatását vizsgáltuk szervesetlen foszforokon, pl. ZnS-on és ZnO-on. Sikerült megállapítani, hogy a szerves és szervesetlen anyag között erős kölcsönhatás van, amely a szervesetlen foszfor lumineszcenciájának szenzibilizációjában nyilvánul meg. Ezekre a vizsgálatokra, amelyek még folyamatban vannak, és amelyekből még végkövetkeztetés nem vonható le, e helyen nem kívánunk részletesen kitérni, csak utalunk arra, hogy ezek a kísérletek is az általános célkitűzés más irányból való megközelítését képezik.

A HAZAI AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÁS FŐBB EREDMÉNYEI ÉS IRÁNYAI*

BENEDIKT OTTÓ

AKADÉMIKUS
MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

I. Bevezetés

Bevezetőül két megjegyzést kell előrebecsátani. Az *egyik* az, hogy amennyiben szó lesz a hazai automatizálási kutatásról, természetesen a legnagyobb súlyt az alapkutatásra fogjuk helyezni. Ez magától értetődő, ha arra gondolunk, hogy ezzel a kérdéssel az Akadémia nagygyűlése keretében foglalkozunk és hogy kapcsolatos az Akadémia által kiemelt akadémiai tudományos témák egyikével. A *másik* megjegyzés, amely az elsővel szoros kapcsolatban áll az, hogy bár igyekezni fogunk rátérni általában a hazai automatizálási kutatás kérdéseire, nem térhetünk ki az elől, hogy az akadémiai feladatainkról és munkáinkról beszélve ezt ne a most fejlődő *Automatizálási Kutató Intézetünk* szemszögéből tegyük, hiszen, mint az Akadémia Műszaki Osztálya, elsősorban ezért vagyunk felelősek.

Mielőtt rátérnénk arra, hogy néhány szóval leírjuk eddigi szerény eredményeinket és utána vázoljuk az óriási, előttünk álló feladatokat, hangsúlyoznunk kell, hogy a hazai automatizálási kutatás egész problematikája éppen most kezd egyik döntő szakaszába jutni. Sok éven át csak egy kis lelkes csoport volt az, amely a Magyar Tudományos Akadémián belül az automatizálással kapcsolatos alapkutatás területén dolgozott. A minimálisan szükséges létszám, műszerezettség és épületi kapacitás hiányában csak azt tűzhette ki céljául, hogy tájékozdják az automatizálás külföldi helyzetéről és eredményeiről, munkája alapján szerezzen elméleti és gyakorlati tapasztalatokat, és így neveljen ki egy tudományos gárdát, amely arra készül fel, hogy majd amikor hazánkban is zöld út nyílik az automatizálás előtt, a vele összefüggő alapkutatás központjává váljék.

Ehhez a csoporthoz tartoztak azok, akik állandóan írásban és szóban léptek fel, mint a hazai automatizálás propagandistái és igyekeztek felrázni a közvéleményt, rámutatva a világszinthez viszonyítva fokozódó elmaradásunkból származó nagy veszélyekre.

Örömmel állapíthatjuk meg, hogy ez az első, úgyszólván előkészítő szakasz, lezáródóban van. Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság vezetése alatt sok száz kompetens szakemberből álló kollektíva dolgozta ki a hazai

* Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya 1965. évi nyilvános osztályülésén, április 23-án tartott előadás.

automatizálási koncepciót, amelyet néhány héttel ezelőtt a kormány Gazdasági Bizottsága mint a hazai további tervezés egyik alapját fogadta el.

Pártunk és kormányunk vezető személyiségei erélyes lépéseket tettek a teljesen lemaradt hazai automatizálási alapkutatás gyors felfejlesztésének biztosítására. A Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság elnöksége között létrejött szerződés szerint az utóbbi elvállalta intézetünk székházának sürgős megépítését és létszámának gyors növelését és az általános takarékosági intézkedések ellenére ezt már nagyrészt keresztül is vitte. Így végre Intézetünk kollektívája részére fontos és nagy feladatok teljesítésének feltételei kezdenek megteremtődni, s így végre kezdünk elérkezni fejlődésünknek ahhoz a pontjához, ahol egyrészt már lehetséges és másrészt szükséges is tiszta képet alkotni a vállalandó feladatokra vonatkozólag.

Az eddigieket azért kellett előrebecsátani, hogy könnyebben érthetővé váljék, hogy mi magunk hogyan ítéljük meg azokat az eddigi eredményeinket, amelyekről a továbbiakban röviden szólni fogunk. Mi úgy véljük, hogy ezekért az eredményekért nem kell szégyelnie magát ennek a nehéz viszonyok között dolgozó, helyiség, műszer, műhely és segéderők hiányával küzdő kis kollektívának. Ugyanakkor azonban világosan kell kimondanom, amint azt már előljáróban jeleztük, hogy mi eddigi eredményeinket az előkészítési és tanulási időszakhoz mértén megfelelőnek tartjuk, és hogy azoknak a feladatoknak, amelyekre később rá fogunk térni és amelyeket már a kormány segítségével létrejött új szemszögből nézve kell összeállítanunk, a legközelebbi években összehasonlíthatatlanul nagyobb és fontosabb eredményeket kell szülniök.

II. Eddigi eredmények

Elméleti vonatkozásban elsősorban a nemzetközi fejlődés interpretációja volt a cél. Ezen a hazai szakemberek számára készülő feldolgozás közben több kisebb-nagyobb részeredmény születik, így a statisztikus méretezés alapösszefüggésének, a Wiener-Hopf egyenletnek egy egyszerűsített levezetése, egy hasznos mérnöki módszer szakaszosan lineáris közelítéssel számítható nem-linearitások figyelembevételére, egy olyan különleges analóg számológép, amely a szabályozások tervezésénél alapvető gyökhelygörbék, frekvencia-jelleggörbék rajzolására, gyors szintézisre alkalmas. Számos belső és külső problémát oldottunk meg az Intézet analóg számológépén, ezt a munkát most szolgáltatásszerűvé fejlesztjük.

Az *elektronikus elemek* területén további fejlesztési munkát végeztünk a ma már ipari gyártásba került, alapkutatásban nálunk fejlesztett Optima szabályozó számára. Elkészült egy sokcsatornás, tiszta félvezető, mozgó alkatrészt nem tartalmazó méréspontváltó, amelynek a hozzátartozó analóg-digitális átalakítóval 2 mV a minimális érzékenysége. 1965-ben ezt legalább

egy nagyságrenddel tovább javítjuk és 1000 párhuzamos mérésre tesszük alkalmassá. Ehhez is kapcsolódik a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Automatika és Telemechanika Intézetével együttműködésben készülő, 1965 végére tervezett sokcsatornás optimalizátor. Az analóg szabályozórendszerek további lépéseként készül egy háromállású, nagymegbízhatóságú rendszer, amelynek beavatkozó-szerve többoldalú kooperációval fejlesztés alatt álló léptetőmotor lesz. Ennek az új rendszernek az első laboratóriumi változatai már 1964-ben részben elkészültek, 1965 végére újabb prototípusokkal gazdagodunk, a jövőben pedig előreláthatólag átadhatjuk az eredményt az iparnak. Lényeges haladás történt a digitális differenciál-analizátor elven működő rendszerek kidolgozásában. Egy aritmetikai berendezés elkészült, amely lyukszalagos programról rajzgépet tud vezérelni. Ezt a berendezést az idei ipari vásáron is bemutatjuk. A berendezés az alapja a szerszámgépek numerikus vezérlését szolgáló interpolátorfejlesztésnek, amelyet a Villamos Automatika Intézettel kooperációban végzünk.

A villamos hajtások területén az autodin kutatások azzal az eredménnyel zárultak, hogy egy nagy angol cég az illetékes magyar külkereskedelmi szerven keresztül licencia-szerződést kötött az autodin angliai gyártására és terveink alapján már meg is kezdték egy 50 kW-os gép angliai próbagyártását.

Tovább folyt a nagy szinkrógépek számára általunk kifejlesztett és ma már a Ganz Villamossági Művek által szállított feszültség szabályozók korszerűsítése a vezérelhető szilíciumegyenirányítók alkalmazásának irányában.

Az ipari folyamatok komplex automatizálása terén 1964-ben folytattuk a Péti Nitrogénmű ammóniaszintézisköre dinamikai viszonyainak vizsgálatát, lefolytattuk az első nagyobb, tartós mérési sorozatot. Eddigi munkánkat azonban a műszerhiány nagyon akadályozta. Mégis — a korábbi eredmények elismeréseként is — a vegyipar Intézetünket bízta meg az új péti üzem számológépes irányításának hazai előkészítésével, kooperációs szerződésben dolgozva az e tekintetben legfejlettebb nemzetközi színvonalat képviselő dán Topsoe céggel. Az optimális irányítás algoritmusát 1966 második felében szállítandó digitális számológépre a dán cég és Intézetünk közösen dolgozzák ki, a kidolgozott ismeretanyag a két fél közös szellemi tulajdona lesz. Ez lesz hazánkban az első számológépes folyamatirányítás, egyben nagyszerű iskola a további munkák önálló kidolgozásához.

A nitrogéniparban elsőrendű szerepet betöltő reaktorokon kívül a vegyipar egyik legfontosabb alaptervezése, a desztillációs kolonna (pl. olajiparban). A desztillációs folyamatok optimális irányításának előkészítésére a Műegyetem Vegyipari Műveletek Tanszékén dolgozó félüzemi kolonnán kezdünk kísérleti méréseket.

Bár e beszámoló első sorban az akadémiai jellegű kutatási eredményekkel és célkitűzésekkel foglalkozik, mégis néhány szóval utalni kell az 1964 évi országos kutatási eredményekre is.

A *digitális technika bevezetése* területén előrehaladás történt közepes digitális berendezések kifejlesztésében. A villamosenergia-iparban elkészült, illetőleg előrehaladott állapotba került egy digitális adatfeldolgozó és távközlő berendezés, amely más folyamatok irányítását is szolgálhatja. Hasonló munkák folynak az Elektronikus Mérőműszerek Gyárában és a Villamos Automatika Intézetben. Ennek a fejlesztésnek az összehangolása most van folyamatban és kapcsolódik a Központi Fizikai Kutató Intézetben fejlesztett nukleáris célú digitális berendezések szélesebb ipari alkalmazásának programjához.

Előrehaladott stádiumba került a nemzetközi egységes szabályozási rendszerbe beilleszkedő analóg szabályozóköri elemek fejlesztése, úgy hogy azok gyártása 1965-ben már megkezdődhet. Az ipari kutatóintézetek és gyári fejlesztési osztályok egyre szélesebb választékban állítanak elő különböző automatika elemeket, érzékelőket, szabályozókat és beavatkozó-szerveket. A vegyiparban, energiaiparban és élelmiszeriparban tovább haladtak a folyamatok irányításához szükséges dinamikai elemzés területén.

E szerény eredményeink felsorolása után térjünk rá az előttünk álló hatalmas feladatok problémáira.

III. Az automatizálás hazai kutatásának problémái

Akkor, amikor az automatizálás hazai kutatásának problémájáról beszélünk, igen nehéz feladat előtt állunk, mert sok tekintetben programot kell szabnunk a most fejlődő akadémiai Automatizálási Kutató Intézetünk és a vele szoros kapcsolatban dolgozó más intézmények számára egy bonyolult, sokszor ismeretlen határfeltételű területen. Így tehát leghelyesebb, ha a problémafelvető jelleget választjuk és igyekszünk rámutatni azokra a szempontokra, amelyekből feladataink kijelölésénél kiindulunk és azokra a nehézségekre, amelyeket majd le kell küzdenünk.

Mindenekelőtt emlékeztetnünk kell arra, hogy az automatizálás korunk egyik legdinamikusabban fejlődő és legszerteágazóbb tudománya. Határait roppant nehéz megszabni. Számos definíció született az utolsó évtized során az automatizálásra. Azonban, amint azt az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága számára készített összefoglaló szovjet tanulmány is leszűrte, megnyugtató, egyértelmű meghatározást nem tudtak adni. Ez érthető is, mert az automatizálás szervesen nő ki a műszaki fejlesztés, ezen belül pedig a gépesítés, kemizálás, műszerezés folyamatából és kölcsönhatást gyakorol társadalmi, gazdasági, szervezési, oktatási mechanizmusokra, a matematika és a biológia területére és így nomenklatúrával való eléggé üres foglalkozás lenne egzakt megfogalmazásra törekedni, amelyek szükségképpen szétválaszthatnának összetartozó dolgokat és amelyek legfeljebb pillanatnyi helyzeteket rögzítenek, de

nem számolnának az idő múlásával. Mindez azonban máris mutatja a terület-kijelölés problematikáját egy ilyen roppant széles és nem definit módon elhatárolt tudományban. Mi mindenesetre úgy látjuk, hogy amit helyettünk mások akár a gépészetben, akár a híradástechnikában, szilárdtest-fizikában, matematikában, technológiai tudományokban elvégezhetnek, örömmel fogadjuk, magunknak az összekötés és a szükséges szintetizálás feladataira kell összpontosítanunk szerény erőinket.

A feladatkielölés másik súlyos problémája: helyzetünk józan értékelése a világban. Az automatizálás roppant kutatásigényes, eszközigenyes folyamat, amelyben az élenjáró ipari hatalmak részben magas műszaki fejlettségük, részben katonai feladataik miatt rendkívüli erőfeszítéseket tesznek. Jellemző összehasonlító adat a viszonyokra, hogy az Amerikai Egyesült Államokban jelenleg 20 000 számológép működik és kb. 10 000 van megrendelés alatt. Magyarországon jelenleg 10 számológépet tartanak nyilván, tehát a fejkvóta eszerint is 1:100 arányú. A helyzet azonban a valóságban még sokkal rosszabb. Összesen két olyan viszonylag közepes teljesítőképességű és közepesen korszerű géppel rendelkezünk, amelyet fejlett ipari országban üzemen tartának, a többi nehezen használható, megbízhatatlan, muzeális darab. Világos, hogy ilyen arányok mellett feladatainkat roppant szerényen kell megszabni, gondosan mérlegelve, hogy mit, hogyan, milyen körülmények között tudunk átvenni és hol érdemes önálló munkába kezdeni.

Ezzel kapcsolatosan először az elméleti munka néhány aktuális problémájával foglalkozunk.

1. Az elméleti munka időszerű kérdései

Az utolsó években az automatizálás terén vezető országokban hatalmas, szerteágazó, majdnem burjánzó elméleti tevékenységet figyelhetünk meg és ezzel párhuzamosan egy állandóan sürgető igényt az előreszaladó elmélet és alkalmazásainak összekapcsolására. Sok divatos téma is született, amely néha lényegesen több publikációt, mint belátható időn belül lehetséges alkalmazást mutat fel. Mi különösen fontosnak tartjuk saját távlati elképzeléseink számára az úgynevezett identifikációs problémát. Az identifikáció legjobban kidolgozott különleges területe az alakfelismerés, ezen belül is az alfanumerikus alakfelismerés, amely gyakorlati alkalmazásra elsősorban a bankok csekk forgalmának automatizálásában került, a csekken levő számadatok közvetlen gépbe történő beadásával, majd az aláírások automatikus azonosításával. Mi nem ezt a már részben kitaposott, bár távolról sem lezárult utat kívánjuk járni, hanem néhány az ipari automatizáláshoz közelebb álló, de lényegében hasonló kérdést vizsgálunk. Az egyik a geofizika területével kapcsolatos, ahol sokcsatornás regisztrátumok hasonlóságából próbálunk gépi úton következtetéseket levonni. E munka tapasztalatai alapján tovább akarunk haladni egy

másik identifikációs probléma megoldása felé, amely rendkívül fontos a szakaszos folyamatok automatizálásának a területén. Itt az úgynevezett szituáció-felismerésről van szó. Segítségével megoldhatjuk például azt a feladatot, hogy egy merev manipulációs automatákból álló gépsort, amely csak egy bizonyos munkadarab megmunkálására használható és ezért csak rendkívül nagy sorozatoknál kifizetődő, olyan automatákkal helyettesítsünk, amelyek sokcélúan és változó feladatokra igénybevehetők, miközben ők a belépő újfajta munkadarabot felismerve maguk automatikusan állítódnak be a megfelelő új feladatok elvégzésére. Az identifikáció másik, számunkra fontos területe az ún. folyamatidentifikáció, amely bonyolult, sokváltozós szabályozandó folyamatok irányítási algoritmusának automatikus vagy félautomatikus kidolgozására szolgál. Ezek a módszerek teszik többek között lehetővé a folyamatot befolyásoló jellemzőkhöz alkalmazkodó, adaptív, tanuló irányítások megalkotását. Ezen a területen a haladás élvonalában levő nemzetközi kutatási együttműködésben van aktív részvételi lehetőségünk.

Az identifikációs problémakörben nagyon szoros együttműködést alakítottunk ki a matematikusokkal. Ezért ezt a témát állítjuk az akadémiai kiemelt komplex kutatási feladat homlokterébe.

Az identifikációs problémák felsorolása után térjünk rá egy további fontos elméleti kérdésre, a megbízhatóság kérdésének problémájára. Ebben KGST-koordinációs munkát is végzünk. A rendszerek bonyolultsága, nagyszámú, különböző jellegű alkatrész felhasználása előtérbe helyezte a megbízhatósági problémát, amely ma már tiszta experimentális úton nem közelíthető meg. A megbízhatósági számítás a rendszertervezés alapfeladatává vált, ugyanakkor egyértelmű metodika még nem alakult ki. A KGST országokban itt bizonyos mértékig úttörő feladatokra kellett vállalkoznunk. Amellett részben magyar hagyományokat is ápolunk, a megbízhatósági elmélet alapjait ugyanis NEUMANN János teremtette meg. Az elméleti és gyakorlati munka párhuzamosságát szépen illusztrálja, hogy ez a kutatás intézetünkben egy nagy megbízhatóságú szabályozási rendszer elemeinek és rendszertechnikájának kidolgozásával fonódik össze.

Egy harmadik elméleti problémakör, amellyel foglalkozni kívánunk az érzékenységi analízis, amely új fejezet az automatikaelméletben. Fontosnak tartjuk, mert ez ad felvilágosítást arra, hogy egy rendszer egyes jellemzői milyen módon befolyásolják egész viselkedését. Dinamikus, rendszertechnikai, gazdasági analízismódszereink egyik alapját látjuk benne. Egy konkrét folyamatszabályozási feladat kapcsán kívánjuk ezt az elméleti vizsgálatot lefolytatni és általánosítani.

Itt jutunk az általánosítás kérdéséhez. Mint már említettük, e hatalmas, sokszor fragmensekben jelentkező elméleti irodalom még messze nem jutott el a kiforrott tudományokat jellemző, többé-kevésbé jól kezelhető nagy elméleti sommázáshoz.

A nagyon általános elvek, módszerek (pl. Ljapunov-módszer) nehezen kezelhetők, de ezek is csak a problémák bizonyos osztályait ölelik fel. Ezt a kérdést is a kis lehetőségű ország gyakorlati szemszögéből kell megfognunk. A zárt, explicit megoldásokra való törekvés, főleg a műszaki tudományok területén, vesztett jelentőségéből. A számológépek segítségével megoldásnak kell tekintenünk a tetszés szerinti, vagy a gyakorlat számára kielégítő pontosságú közelítő, numerikus módszereket, továbbá az analóg számológépekkel leképezhető problémákat. Fontos távlati feladatunknak tekintjük egy olyan számítási algoritmus-gyűjtemény — ha tetszik mérnöki receptkönyv — kidolgozását, amely a bonyolult és a gyakorlatban egyre inkább jelentkező problémák megoldását tervezőmérnöki szinten lehetővé teszi. A megfelelő analóg, vagy digitális számológép-programok lehetővé tennék, hogy a tervező mérnök olyan magasabb elméleti ismeretanyag nélkül, amely csak a kutatók viszonylag kis csoportja számára érhető el, színvonalasan és főleg optimálisan oldhasson meg problémákat. Ilyen vállalkozásra az irodalomban sincs példa, úgy véljük, itt úttörő és rendkívül hasznos tevékenységet folytathatunk.

2. Az automatika-elemek problémája

Ezek után térjünk át az automatizálás elméletének területéről az automatizálás eszközeinek, vagy ahogy mondani szoktuk elemek területére. Az automatizálás elemeire vonatkozó alapkutatás részben szorosan kapcsolódik a híradástechnika és ezen túl a szilárdtestfizika fejlődéséhez.

A ma már hagyományos félvezetőkön túl az automatizálás területén két fontos előremutató lépcső van, ezek a mikromodul és a szilárdtestáramkör alkalmazása. Úgy látjuk, hogy a mikromodul-technika a 60-as évek második felét fogja uralni, a teljesen integrált, molekuláris szilárdtest-áramkör a 70-es éveket; a két lépcső nem ugorható át. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ha e területen is be akarunk lépni a nemzetközi fejlődésbe, ezekre jobban fel kellene készülnünk, mint a hagyományos félvezetőknél tettük. Ezeknek az alkatrészeknek a fejlesztése nem a mi feladatunk, az automatizőrök azt alkalmazzák, de az alkalmazástechnika, abból készülő rendszerek fejlesztése már részben a mi területünk. Van azonban egy ennél fontosabb szempont is. A mikromodul és a szilárdtest-áramkör a készüléképítés forradalmian új, automatizált módszereit teszi lehetővé, az automatizálás egy teljesen új területét nyitja meg. Ebben az irányban intézetünk megtette az előkészítő lépéseket, reméljük, hamar partnerre találunk a híradástechnikai alkatrészkutatás területén.

A jelenlegi technológiai szintet a következő tények jellemzik: Két évvel ezelőtt már készült olyan rakétatechnikai célokat szolgáló számológép, amely a nálunk a Számítástechnikai Központban most felszerelésre kerülő, óriási terem nagyságú, 40 kW hőt fejlesztő gép funkcióit 9 kg-os kis dobozban végzi. Továbbá: ma egy kétforintos nagyságú, annál vékonyabb felületen 1500

tranzisztornak megfelelő funkciót helyeznek el. Az ilyen áramköri egységek nemcsak fantasztikusan kompaktak, hanem egyben rendkívül megbízhatóak a külső zavarásokkal, kötések változásával szemben. Ezek az elemek perspektívában teljesen automatizált számológépes gyártást tesznek majd lehetővé. Az ilyen új elemekhez átmeneti lépcsőket, különböző előkészületeket tervezünk. Előkészítjük az ezekből különösen alkalmasan felépíthető olyan digitális rendszereket, amelyek az automatizálásban reménykeltőknek tűnnek. Így készül egy mikromodul elemeket alkalmazó digitális differenciál-analizátor elven alapuló berendezés, amely numerikus vezérlésű szerszámgépek interpolátorként, valamint önműködő inkrementális rajzgépként is alkalmazható lesz. Előkészülünk a perspektív elemek területén valószínűleg előnyösen alkalmazható majoritás-logikák rendszertechnikájára. Említést tettünk már arról a nagymegbízhatóságú automatikarendszerről, amely egyedi berendezésként és hierarchikus nagyrendszerekben egyaránt alkalmazható lesz.

Az egész rendszertechnikai fejlődés előrevetíti az univerzálisan alkalmazható, egységes, hasonló felépítésű, építőkockaként alkalmazható komplex elemek fejlesztését, ezek szintézisének elvi kialakítását, építésük maximális automatizálását, ellenőrzésük egységes elveinek kidolgozását.

Az automatizálás elemeinek, eszközeinek fejlesztésében kiemelkedő helyet foglalnak el az érzékelők. Úgy véljük, ennek a területnek nem szentelünk elegendő figyelmet. Amikor a fejlődés az automatizálási hatáslánc többi területén, elsősorban a szabályozók és a rendszerek területén előretört, az érzékelők fejlődése lemaradt, ami az egész fejlesztést gátolhatja. Az érzékelők pontossági igényei a digitális információfeldolgozás lehetőségével egy nagyságrenddel nőttek, napirendre kerültek a közvetlen digitális jelet adó érzékelők és átalakítók. Növekedtek az érzékelőkkel szemben támasztott élettartam és környezeti (hőfok, rázás stb.) követelmények. Más intézetekkel együttműködve bizonyos kezdeti lépéseket tettünk ezen a vonalon is, de mindez igen kevés, a feladatot csak igen jól előkészített nemzetközi kooperációval oldhatjuk meg.

A villamos elemeken kívül viharos fejlődést mutatnak a pneumatikus elemek. Megjelentek a mozgóalkatrész nélküli, szellemes aerodinamikai elveket felhasználó miniatűr, gyors, nagymegbízhatóságú elemek, amelyekkel több-kiloherzes működési gyakoriságot, kb. 300 bistabil multivibrátor/cm³ elem-sűrűséget értek el. Általában olyan eszközökről van szó, amelyeknél a levegő-áramlást ötletes geometriai határfeltételekkel bistabil helyzetben tartják, így az áramló sugár sokszorosán kisebb energiájú vezérlő levegőimpulzusok hatására hol egyik, hol másik irányt választ a villamos billenő áramkörök teljes analógiájára. Kiforrott, teljes rendszerek még nem születtek, így módunk van ebbe a fejlődésbe még idejében beilleszkedni, támaszkodva a hazai viszonylatban legjobban fejlett pneumatikus szabályozóiparra. Egy most felfutóban levő osztályunk érdekes új gondolatokat próbál kidolgozni, amelyekből esetleg új, szabadalomképes rendszert építhetünk.

Miközben előrehaladunk az új pneumatikus elvek alkalmazása felé, nem fedelkedhetünk meg az ipar mai kenyerét jelentő klasszikus pneumatikus elemek alapkutatási problémáiról. Rendkívül érdekes és tanulságos az az igény, amelyet a nemrég megkezdődött szalagszerű tömegtermelés vetett fel. Számos olyan, a mikroáramlástechnika területén magyarázatukat kereső mellékjelen-séggel találkozunk, amelyek a korábbi egyedi gyártásnál elhanyagolhatóan tűntek, egyedi beállítással, szereléssel kompenzálhatók voltak. A szalaggyártás nem engedi meg az ilyen manufakturális módszereket, megköveteli a legapróbb, a gyártási szórást befolyásoló fizikai tényezők gondos vizsgálatát. Így hat vissza a tömeggyártás az alapkutatásra. A nagy számok törvényén keresztül jelentkező, egyedinek gondolt jelenségek halmazukban már tudományos magyarázatot és megoldást követelnek.

Kísérletet teszünk kémiai módszerek alkalmazására az automatizálásban. A vegyi folyamatok nagy tömegben előállíthatók, az elektrokémia esetleg kedvező lehetőséget nyújt automatizálási alkalmazásra. Nem felejtjük el, hogy a biológiai organizmusok csodálatos szabályozási rendszere majdnem teljesen elektrokémiai jellegű. Egyelőre kezdő, felmérés jellegű, tájékozódó lépéseket teszünk és ettől tesszük függővé a további kutatásokat.

3. Az automatizálás alkalmazási problémái

Az automatizálás alkalmazásaival, folyamatok irányításával kapcsolatban mindenekelőtt egy fogalmi kérdést kell tisztázni, mielőtt a tulajdonképeni tárgyra rátérnénk. A nomenklatúra esetlensége miatt a külső szemlélő könnyen azt hiheti, hogy az automatizálásban az elmélet alapkutatás, az alkalmazás alkalmazott kutatás jellegű. A dolog azonban bonyolultabb. Mindegyik területnek: az elméletnek, az elemeknek és az alkalmazásoknak is van alap- és alkalmazott kutatási része, ha egyáltalán lehetséges és célszerű éles határral szétválasztani ezeket a fejlettségi foktól, országtól, helyzettől annyira függő, állandóan változó tartalmú fogalmakat. Az elmélet terén egy összefoglaló, általános fejezet matematikai alapjainak lerakása, pl. az optimális rendszerek elméletéé — alapkutatás. De egy adott részfeladatnál az optimum helyének vizsgálata pl. analóg vagy digitális számológépen, ismert vagy alapjaiban kidolgozott módszerrel — ez alkalmazott kutatás, esetleg már tervezés (megfelel a gyártmányfejlesztésnek). Hasonlóan az elemek területén. Egy új aerodinamikai gondolattal új elemek kialakítása: alapkutatás; ezek rendszer-technikája már alkalmazott kutatás. Nos az alkalmazás (aplikáció) területén is hasonló a helyzet. Már az elméleti kérdésekkel kapcsolatban szó volt arról, hogy milyen bonyolult, sokoldalú problémákat vet fel a nagy rendszerek irányítása. Ez a problémakör, azt lehet mondani, messze túllép a korábban szorosan vett automatika területén, forradalmasítja a technológiai tudományokat, a korábbi általános statikus szemlélet helyébe egy fejlettebb, dinamikus

szemléletet vezet be. Bevonja a problémakörbe a gép és ember közötti kommunikáció pszichológiai, idegrendszeri problémáit, a rendszerirányítással műszakilag (a számológépen keresztül) és szervezetenként összekapcsolt szervezési-üzemviteli, igazgatási kérdéseket és végül, de nem utolsó sorban, sőt talán elsőként a gazdasági értékelés egész gazdasági mechanizmusunkat érintő kérdéseit. Azt hisszük világos, hogy rendkívül komplex feladatok merülnek fel egy évi több milliárd forint termelést szolgáltatató óriási komplex vegyimű vagy az egész országot átfogó energiarendszer irányításánál. Nem kétséges, hogy itt, bár az automatizálás alkalmazásáról van szó, a kutatás-fejlesztésnek az alaputatástól kezdve a kutatással foglalkozó szakirodalomban található összes árnyalata szerepel.

Az ipari folyamatok irányítása területén eddig a fő hangsúlyt a könnyebben megközelíthető folytonos folyamatok (vegyipari, energetikai, kohászati, élelmiszeripari) technológiák kapták. A könnyebben megközelíthető jelző hangsúlyozottan viszonylagos értelemben használandó, mert a rendkívül bonyolult folyamatok irányítása még mindenütt csak a közelítő lépések stádiumában van. A folyamatok megismerése, azok dinamikájának elemzése a rendszerkutatás új ága, megtermékenyítően hat magára a technológiára is. Ahogy már eddigi eredményeink felsorolásánál említettük, egyelőre két, a vegyipar szempontjából fontos technológiával: a műtrágyagyártás középpontját jelentő ammóniaszintézissel és a vegyiparban igen széles körben alkalmazott desztillációs kolonnával foglalkozunk. Említettük már az első munkának üzemvitelt javító eredményét, amely messze kifizette a befektetett energiát, pedig ezt még csak tanulópénznek tekintjük a most feladatul kapott nemzetközi jelentőségű munkáinkhoz. Az országban több helyen foglalkoznak a komplex, esetleg számológépes folyamatirányítás kérdéseivel energetikai, vegyipari és más technológiák céljaira. Ez a szerteágazó tevékenység egészséges, a szükséglet és a fejlődésből adódó spontán érdeklődés szülte. Feladatunk a Tudományos és Felsőoktatási Tanács által kitűzött koordináció keretében ezeket az erőfeszítéseket konvergens irányba vezetni és leszűrni belőlük mindazokat az általánosítható tapasztalatokat, amelyek lehetővé teszik a tudományosan kidolgozott elvek és eszközök gyakorlati alkalmazását a különböző szempontokból hasonlóságot mutató technológiák minél szélesebb osztályára. Jelenleg a világon körülbelül ezer olyan különböző fejlettségi fokú számológépes irányítás van, amely működik, illetve amelynek most folyik a realizálása. Kezdenek kialakulni a gépek és megoldások bizonyos típusai. A know-how, az ismeretanyag, *ahogy* ezeket alkalmazzák, azonban értékes, egyedenként több százezer dolláros titka a számológépes irányítást szállító vagy alkalmazó cégnek. Ha hazánk bármely területen a jövőben értékes technológiai exportot kíván megvalósítani, enélkül nem fogunk boldogulni a nemzetközi piacon.

Mint arra már céloztunk, a későbbiekben foglalkozni szeretnénk a nemfolytonos technológiákkal is, ahol a manipuláció, anyagkialakítás, adagolás,

rakodás, az emberi munka megtakarítása és könnyítése a főcél. A folytonos folyamatoknál ezzel szemben inkább a bonyolult folyamat realizálása (a rendkívül kényes fiziko-kémiai feltételek betartása), az optimális hozam minimális ráfordítással volt általában a fő motiváló erő. A nemfolytonos folyamatok irányítása bonyolult logikai feladatokat is fel fog vetni, itt majd bátran támaszkodunk a hazai kitűnő logicista iskolára.

Az alkalmazások fontos, különálló területe a hajtások klasszikus, az automatizálás általános kifejlődését megelőző tudománya. Bár a forgó erősítőgépes hajtásoknak még távolról sem zárult le a korszaka, mint ahogy azt korábban a statikus hajtások előretörésével kapcsolatosan gondolták, mi igyekszünk tovább lépni új eszközök, megoldások felé.

Ezek az új eszközök előreláthatólag a vezérelhető szilícium-egyenirányítók. A felületes szemlélő itt is feltehetné a kérdést: Mi itt az alap kutatás, sőt mi a kutatás? Nagyteljesítményű, 150, 250 A-es, 700 V-os vezérelhető szilícium egyenirányítók a piacon kaphatók, egyes országokban szabványokat is dolgoztak ki az ilyenek kapcsolástechnikájára. Egyik kitűnő ipari kutatóintézetünk erősen dolgozik ezeknek az eszközöknek hazai előállításán. Kiderült azonban, hogy a vezérelhető szilícium-egyenirányítók, bármilyen sokatígérő eszközök, nem terjedtek el olyan gyorsan és nem szorították ki a többi hasonló célú berendezést (forgó erősítőgép, tirátron, mágneses erősítő), mint az első pillanatra vélhető lett volna. Ennek oka az *alkalmazástechnikai* nehézségekben van, a különböző vezérlő-, védő-áramkörök bonyolultsága és ára felülmúlja a viszonylag egyszerű alapeszközét, a felhasználásnak szoros összhangban kell lennie a hajtott motor átmeneti tulajdonságaival stb. Éppen egyik legjobb elméleti felkészültségű kutatónk kezd ezen a területen nemzetközileg is új, jelentős számítási módussal a jelenségek mélyére hatolni, hogy azután ennek alapján a gyakorlat versenyképesebb berendezéshez jusson.

IV. Az automatizálás gazdasági-társadalmi vonatkozásai

Végül néhány szót kell még szólnunk az automatizálás egyes gazdasági, társadalmi vonatkozásairól is. Ma már közhely, hogy ha van műszaki tudomány, amely nem választható el a gazdasági-társadalmi vonatkozásoktól, úgy az az automatizálás. Nagy és kis, kapitalista és szocialista országok vezető szervei kormány szinten foglalkoznak ezzel a kérdéssel, téma az ENSZ-ben, de elsősorban alapkérdése az egész műszaki fejlesztési politikának. Az ember kiváltása bizonyos munkakörökből, munkakörök radikális megváltoztatása képzettség és egyéb képességi feltételek szerint, beruházáspolitikai, amelynek egy gyorsan fejlődő, változó távlati igényt kell előre jósolnia, exportpolitika, amelynél adott gazdasági-társadalmi struktúrájú országnak teljes, ottani körülmények között optimálisan működő berendezéseket kell szállítania egé-

szen más fejlettségi fokon álló és más struktúrájú államokba, ipari folyamatok, teljes iparágak, komplex termelési-igazgatási rendszerek optimumának, mint célfüggvénynek a megállapítása, mindezek az automatizálással a legszorosabban összefüggő, mélyen tudományos és égetően gyakorlati feladatok. Ezek a kérdések szorosan összefüggenek a mai problémáink gyökeréig hatoló mechanizmus-kérdéssel, azzal, hogy milyen önműködő és adaptív és milyen külső vezérlésű determinisztikus automatizmus hat optimálisan gazdasági fejlődésünk irányában, ezen belül melyek azok a műszaki automatizálási eszközök és irányok, amelyek a nagy társadalmi-gazdasági-történelmi fejlődéseket a legjobban segítik.

Az automatizálás gazdaságosságának kutatásában KGST felelősök vagyunk. Az 1964 végén Budapesten lefolytatott KGST szimpózium bizonyította, hogy a rendelkezésre álló csekély erők is nem keveset tettek már ezen a téren. Úgy látjuk, hogy ez a téma mindinkább egyik legfontosabb olyan témává nő, amely a műszaki és közgazdaságtudományt a legdöntőbb helyen csatolja össze, saját tematikánk szempontjából a későbbiekben iránymutató és, ami a legfőbb, a népgazdaság és általában a szocialista gazdaság jelenlegi periódusában különösen hasznos hozzájárulást ad a további fejlődéshez.

V. Zárószó

Bár az elmondottakban igyekeztünk az országos automatizálási kutatás tudományos kérdéseivel általában foglalkozni, nem érintve most a tudomány-szervezés annyira időszerű problémáit, mégis hozzá szeretnénk fűzni, hogy mi — mint az elképzeléseinkből is látható volt — helyeselnék egy koncentráltabb, célirányuló, az ország adottságait jobban figyelembevevő kutatás-irányítást. Mellette vagyunk annak, hogy néhány kiemelt területen, először csak néhány témában, kísérletet tegyünk a komplex tervezési módszerek alkalmazására. Ez az automatizálásban különösen időszerű. Úgy látjuk, hogy a kutatás irányítása nem választható szét a kutatás finanszírozásától és a ráfordításokat józanul megszabott határidőkön belül képesnek kell lennünk amortizálni, legalábbis a nagy ráfordítással dolgozó területeken. Mi így gondolkodunk, az ország mai helyzetében a nekünk adott eszközöket hitelnek tekintjük, amelyet a mi tudományunk területén 3–10 éves átfutással számolva amortizálnunk kell. Három évnél rövidebb idő alatt semmi sem realizálódik, 10 év alatt azonban, kivéve egészen különleges felfedezéseket, majdnem minden elavul.

Többször utaltunk az automatizálás és más tudományágak kapcsolataira. Így a matematikusokkal, a szilárdtestfizikusokkal, közgazdászokkal való együttműködésünkre, sőt arra a gondolatra, amit a biológusoktól vehetünk kölcsön. Az automatizálás és annak felsőbb fokú szintézise, a különböző mozgásformák hasonló matematikai formulákkal fogalmazható és, hasonló műszaki

eszközökkel leképezhető és kapcsolódó összefüggéseit feltáró kibernetika egyre generalizálóbbr és szorosabb kapcsolatot fog tudományunk és a többi terület között teremteni. Ennek a munkának azonban hazánkban még csak az elején tartunk, a perspektívákat szem előtt nem tévesztve, légvarak helyett először a szilárd alapokat kell leraknunk a továbbhaladáshoz.

Talán még így is szerénytelenségnek tűnik kezdő, még hagyományok nélkül induló tudományterületünkön egy ilyen szélesnek látszó program kitűzése. Meg kell jegyezni, hogy mindezzel a kitűzött feladattal is nehezen tudunk a magunk hazai szükségleteit is figyelembe véve lépést tartani a gyors nemzetközi fejlődéssel, amikor az iparilag legfejlettebb országokban az ipari beruházások $10 \div 15\%$ -a várhatóan az automatizálásra fog fordítódni (ld. *Control Engineering*, 1965 № 1). Reméljük, hogy a mártöbbször idézett, kapcsolódó tudományterületek, az automatizálásban valamilyen formában résztvevő kb. $25 \div 30$ kutató-fejlesztő szerv egyre jobban összehangolódó tevékenysége többszörös erősítést fog jelenteni a mi szerény erőinkhez.

Reméljük, sikerült egy átfogó képet adni elképzeléseinkről, az előttünk álló feladatokról, a ránk váró nagy nehézségekről és azokról a módszerekről, amelyek segítségével e nehézségeket leküzdeni reméljük. Arra kérjük egyrészt a Magyar Tudományos Akadémia felelős szerveit, másrészt a tudományos és műszaki közvéleményt, hogy ebben a nehéz munkában támogassanak bennünket.

ENERGETIKAI MEGGONDOLÁSOKON ALAPULÓ MÓDSZEREK GYALUMECHEANIZMUSOK MÉRETEZÉSÉRE

A. RIPIANU—C. TUDOSIE

CLUJ

[Beérkezett 1962. július 24.]

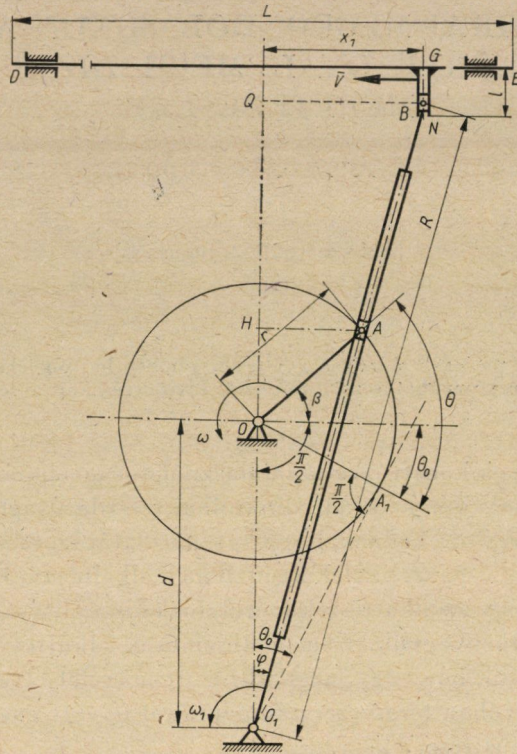
A szerzők olyan módszert adnak a gyaluszerszámgép hajtómechanizmusa méreteinek kiszámítására, amely egy meghatározott művelet kivitelezésekor a felvett energiát minimálissá teszi.

A szerszámgépek konstrukciójánál használatos mechanizmusok méreteire vonatkozó számítások kinematikai, dinamikai és szilárdságtani meggondolásokon alapulnak. Arra törekednek, hogy egy meghatározott mozgást kapjanak könnyű, kis méretű és egyszerű alakú gépelemek alkalmazásával.

Igen fontos, hogy az alkatrészek méreteinek kiszámításánál az energetikai tényezőt is tekintetbe vegyünk. A mechanizmusok alkatrészeinek a méreteit úgy kell meghatározni, hogy egy meghatározott művelet elvégzése alkalmával minimális legyen a szóban forgó szerszámgép által felvett energia, amelynek a kérdéses mechanizmus részét képezi.

E célból vegyünk szemügyre az 1. ábrán feltüntetett gyalumechanizmust. Az alkalmazott jelölések a következők:

- M_m az O főtengelyre alkalmazott betáplált forgató nyomaték;
- M_{ru} az O főtengelyre alkalmazott hasznos ellenálló nyomaték;
- M_{rp} az O főtengelyre alkalmazott ama ellenálló nyomaték, amely a passzív ellenállásoktól származik;
- Θ az O főtengely és az OA mozgó forgattyú forgási szöge, a forgattyú OA_1 helyzetétől számítva (1. ábra);
- $\omega = \dot{\Theta}$ az O főtengely és az OA forgattyú változó forgási szögsebessége;
- ω_0 az O főtengely és az OA forgattyúnak az az állandó szögsebessége, amely az aszinkron motor szinkron szögsebességének felel meg;
- ω_m az O főtengely és az OA forgattyú átlagos szögsebessége;
- I_a az O főtengely, az aszinkron motor rotorja és az O főtengelyhez mereven rögzített egyéb alkatrészek állandó mechanikai tehetetlenségi nyomatéka, az O tengely geometriai szimmetriatengelyére vonatkoztatva;
- I_{mp} az OA forgattyú és az A kicsiny csúszka állandó mechanikai tehetetlenségi nyomatéka, az O főtengely geometriai szimmetriatengelyére vonatkoztatva;
- I az O_1B csúszka és a B kicsiny csúszka állandó mechanikai tehetetlenségi nyomatéka az O_1 oszcillációs csap geometriai szimmetriatengelyére vonatkoztatva;
- I_v jelentse az O_1B csúszka, a B kicsiny csúszka, a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtórúd redukált változó mechanikai tehetetlenségi nyomatéka, az O főtengely geometriai szimmetriatengelyére vonatkoztatva;
- G_s a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtórúd állandó súlya.
- M_s a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtórúd állandó tömege.
- v a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtórúd translációs mozgásának változó sebessége;
- φ az O_1B csúszka az O_1 oszcillációs tengely körül végzett oszcilláló forgó mozgásának forgási szöge.



1. ábra

$\omega_1 = \varphi'$ az O_1B csúszka az O_1 oszcillációs tengely körül végzett oszcilláló forgó mozgásának változó szögsebessége;

r jelentse az OA mozgató forgattyú hosszát;

R az O_1B csúszka hossza;

d a főtengely O geometriai tengelye és az O_1 oszcillációs tengely O_1 geometriai tengelye közötti távolság;

l az NC hajtórúd hossza;

L a DE szerszámtartószerkezet hossza;

s az aszinkron motor csúszása (slipje);

k arányossági tényező az M_m betáplált forgató nyomaték és az aszinkron motor s csúszása között a motor működésének stabilitási tartományában;

$I_0 = I_a + I_{mp} + I_v$ az O főtengelyre alkalmazott forgató nyomaték és az aszinkron motor s csúszása között a motor működésének stabilitási tartományában;

$I_c = I_a + I_{mp}$ az O főtengely, az aszinkron motor rotorja, az OA forgattyú, az A kicsiny csúszka és az O főtengelyhez rögzített egyéb alkatrészek állandó mechanikai tehetetlenségi nyomatéka, az O tengely geometriai szimmetriatengelyére vonatkoztatva;

$I_0 = I_c + I_v$;

$M = M_m - M_{ru} - M_{rp}$ az O főtengelyre alkalmazott forgató nyomaték;

$E = 1/2 \cdot I_0 \omega^2$ a mozgásban levő gyalumechanizmus összes kinetikai energiája, az O főtengelyre redukálva;

$W = \int_0^\Theta M d\Theta$ az O főtengely valamely Θ forgási szögének megfelelő összes munka.

Írjuk fel a gyalumechanizmusra vonatkozólag az E kinetikai energia elemi megváltozásának és a W munka megfelelő megváltozásának ekvivalenciáját kifejező egyenletet:

$$dE = dW, \quad (1)$$

ahol

$$d \left[\frac{1}{2} (I_c + I_v) \omega^2 \right] = (M_m - M_{ru} - M_{rp}) d\Theta. \quad (2)$$

Jelentse E_0 a gyalumechanizmus kinetikus energiáját abban az időpontban, amikor az OA forgattyú az OA_1 helyzeten halad át, vagyis amikor $\Theta = 0$. Integráljuk (2)-t a 0 és a Θ határok között és az így nyert egyenletet oldjuk meg a ω szögsebességre vonatkozólag. Minthogy $I_0 I_c$ az ω kifejezésében található

$$\left(1 + \frac{I_v}{I_c} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

tényező sorbafejtésénél csak az első két tagot tartjuk meg. Eszerint

$$\omega = \sqrt{\frac{2E_0}{I_c} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{I_v}{I_c} \right)} \sqrt{1 + \frac{1}{E_0} \int_0^\Theta (M_m - M_{ru} - M_{rp}) d\Theta}. \quad (3)$$

Minthogy továbbá

$$\int_0^\Theta (M_m - M_{ru} - M_{rp}) d\Theta \ll E_0,$$

ω -nak a (3) formula által adott kifejezésében fellépő gyökmennyiség sorbafejtésénél is csak az első két tagot tartjuk meg. Mivel a

$$\frac{I_v}{I_c} \frac{\int_0^\Theta (M_m - M_{ru} - M_{rp}) d\Theta}{4 E_0} \quad (4)$$

tag sokkal kisebb, mint az ω szögsebesség kifejezésében fellépő többi tagok, ω -nak a (3) gyökmennyiség sorbafejtése után nyert kifejezésében elhanyagoljuk a (4) tagot.

Ilyen módon azt találjuk, hogy

$$\omega = \sqrt{\frac{2E_0}{I_c} \left[1 + \frac{1}{2E_0} \int_0^\Theta (M_m - M_{ru} - M_{rp}) d\Theta - \frac{I_v}{2I_c} \right]}. \quad (5)$$

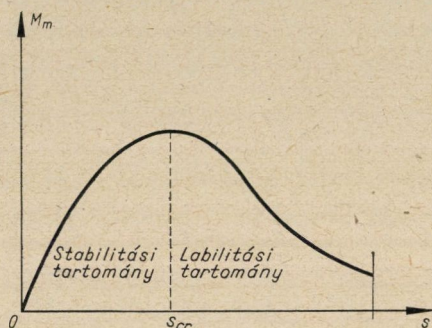
Feltételezzük, hogy a hajtó aszinkron motor csak a stabilitási tartományán belül működik. Ebben az esetben a motor által az O főtengelelyre átvitt betáplált forgató nyomatékot arányosnak vehetjük a motor s csúszásával;

M_m tehát lineáris függvénye s -nek (2. ábra):

$$M_m = ks = k \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}. \quad (6)$$

Az 0 főténgelyre alkalmazott M_{ru} hasznos ellenálló nyomaték Fourier-sorba fejthető:

$$M_{ru} = M_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [M_1^i \sin(i\theta) + M_2^i \cos(i\theta)]. \quad (7)$$



2. ábra

A következőkben kiszámítjuk az I_v változó, redukált mechanikai tehetetlenségi nyomatékot. A kinetikai energia ekvivalenciafeltétele alapján

$$I_v = I \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 + M_s \left(\frac{v}{\omega} \right)^2. \quad (8)$$

Az 1. ábrán feltüntetett jelölések alkalmazásával megkaphatjuk a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtókar translációs mozgásának megfelelő $x_1 = OB$ változó elmozdulásának kifejezését:

$$x_1 = rR \frac{\cos(\theta - \theta_0)}{\sqrt{r^2 + d^2 + 2rd \sin(\theta - \theta_0)}}. \quad (9)$$

Vezessük be a

$$\sigma_2 = r^2 + d^2 \quad (10)$$

jelölést. Képezzük x_1 a (9) formula által adott kifejezésének deriváltját, hogy megkapjuk a DE szerszámtartószerkezet és az NC hajtókar translációs mozgásának megfelelő $v = \dot{x}_1$ változó sebességet.

Mivel $2rd \ll \sigma_2$, a v kifejezésében fellépő

$$\left(1 + \frac{2rd}{\sigma_2} \sin \beta \right)^{\frac{3}{2}}$$

tényező sorbafejtésében csak a két első tagot tartjuk meg. Azt találjuk, hogy

$$v = -\omega \frac{rR}{\sigma^3} \left[rd + \left(\sigma^2 - 3 \left(\frac{rd}{\sigma} \right)^2 \right) \sin \beta - 2 rd \sin^2 \beta - 3 \left(\frac{rd}{\sigma} \right)^2 \sin^3 \beta \right]. \quad (11)$$

Legyen

$$\frac{r}{d} = \lambda. \quad (12)$$

Négyzetre emelve a (11) összefüggés mindkét oldalát és figyelembe véve a (12) jelölést, azt találjuk, hogy

$$\begin{aligned} v^2 = & \frac{\omega^2 R^2 \lambda^2}{(\lambda^2 + 1)^5} \left\{ \frac{1}{2} \left[(\lambda^2 + 1)^4 - 11 \lambda^2 (\lambda^2 + 1)^2 + \right. \right. \\ & + \frac{333}{8} \lambda^4 + \lambda (\lambda^2 + 1) [- (\lambda^2 + 1)^2 + 6 \lambda^2] \sin \beta + \\ & + \frac{1}{2} \left[- (\lambda^2 + 1)^4 + 12 \lambda^2 (\lambda^2 + 1)^2 - \frac{567}{16} \lambda^4 \right] \cos 2\beta + \\ & + \frac{1}{2} \lambda (\lambda^2 + 1) \left[2 (\lambda^2 + 1)^2 - \frac{21}{2} \lambda^2 \right] \sin 3\beta + \\ & + \frac{1}{4} \left[- \lambda^2 (\lambda^2 + 1)^2 + \frac{63}{4} \lambda^4 \right] \cos 4\beta + \\ & + \frac{3}{4} \lambda^3 (\lambda^2 + 1) \sin 5\beta - \\ & \left. - \frac{9}{32} \lambda^4 \cos 6\beta \right\}. \quad (13) \end{aligned}$$

Az 1. ábra alapján megállapíthatjuk, hogy

$$\tan \varphi = \frac{r \cos \beta}{d + r \sin \beta}. \quad (14)$$

Tekintetbe véve, hogy $\varphi' = \omega_1$ és $\beta' = \omega$, differenciáljuk az idő szerint a (14) relációt és az így nyert egyenletet oldjuk meg ω_1 -re. Az ω_1 számára ilyen módon levezetett kifejezést négyzetre emeljük és tekintetbe vesszük a (10), valamint a (12) jelöléseket, akkor

$$\begin{aligned} \omega_1^2 = & \omega^2 \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 + 1)^2} \left[\lambda^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1} \right)^2 - 2 \lambda \frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1} \sin \beta - \right. \\ & \left. - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1} \right)^2 \cos 2\beta \right]. \quad (15) \end{aligned}$$

(13)-ból megkapjuk $(v/\omega)^2$ kifejezését, (15)-ből pedig $(\omega_1/\omega)^2$ kifejezését, melyeket (8)-ba behelyettesítve azt találjuk, hogy

$$I_v = C_0 + C_1 \sin \beta + C_2 \cos 2\beta + C_3 \sin 3\beta + \\ + C_4 \cos 4\beta + C_5 \sin 5\beta + C_6 \cos 6\beta, \quad (16)$$

ahol

$$C_0 = \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 + 1)^2} \left\{ I \left[\lambda^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1} \right)^2 \right] + \right. \\ \left. + M_s \frac{R^2}{2(\lambda^2 + 1)^3} \left[(\lambda^2 + 1)^4 - 11\lambda^2(\lambda^2 + 1)^2 + \frac{333}{8} \lambda^4 \right] \right\}; \\ C_1 = \frac{\lambda^3}{(\lambda^2 + 1)^2} \left\{ -2I \frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1} + M_s \frac{R^2}{(\lambda^2 + 1)^2} [-(\lambda^2 + 1)^2 + 6\lambda^2] \right\} \\ C_2 = \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 + 1)^4} \left\{ -\frac{1}{2} I (\lambda^2 - 1)^2 + M_s \frac{R^2}{2(\lambda^2 + 1)} \left[-(\lambda^2 + 1)^4 + \right. \right. \\ \left. \left. + 12\lambda^2(\lambda^2 + 1)^2 - \frac{567}{16} \lambda^4 \right] \right\}; \\ C_3 = M_s \frac{R^2 \lambda^3}{2(\lambda^2 + 1)^4} \left[2(\lambda^2 + 1)^2 - \frac{21}{2} \lambda^2 \right]; \\ C_4 = M_s \frac{R^2 \lambda^2}{4(\lambda^2 + 1)^5} \left[-\lambda^2(\lambda^2 + 1)^2 + \frac{63}{4} \lambda^4 \right]; \\ C_5 = M_s \frac{3R^2 \lambda^5}{4(\lambda^2 + 1)^4}; \\ C_6 = M_s \frac{9R^2 \lambda^6}{32(\lambda^2 + 1)^5}. \quad (17)$$

Az 1. ábra alapján megállapítjuk, hogy

$$\beta = \theta - \theta_0. \quad (18)$$

Legyen

$$\xi_1 = C_1 \cos \theta_0; \quad \eta_1 = C_1 \sin \theta_0; \\ \xi_2 = C_2 \sin 2\theta_0; \quad \eta_2 = C_2 \cos 2\theta_0; \\ \xi_3 = C_3 \cos 3\theta_0; \quad \eta_3 = C_3 \sin 3\theta_0; \\ \xi_4 = C_4 \sin 4\theta_0; \quad \eta_4 = C_4 \cos 4\theta_0; \\ \xi_5 = C_5 \cos 5\theta_0; \quad \eta_5 = C_5 \sin 5\theta_0; \\ \xi_6 = C_6 \sin 6\theta_0; \quad \eta_6 = C_6 \cos 6\theta_0. \quad (19)$$

Akkor I_v -nek (16) által adott kifejezése a következő alakot ölti:

$$I_v = C_0 + \xi_1 \sin \theta - \eta_1 \cos \theta + \xi_2 \sin 2\theta + \eta_2 \cos 2\theta + \\ + \xi_3 \sin 3\theta - \eta_3 \cos 3\theta + \xi_4 \sin 4\theta + \eta_4 \cos 4\theta + \\ + \xi_5 \sin 5\theta - \eta_5 \cos 5\theta + \xi_6 \sin 6\theta + \eta_6 \cos 6\theta. \quad (20)$$

A (6), (7) és (20) kifejezéseket behelyettesítjük (5)-be, minek következtében

$$\begin{aligned} \omega = & \sqrt{\frac{2E_0}{I_c}} \left[1 + \frac{1}{2E_0} \int_0^\theta \left\{ k \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} - M_0 - \right. \right. \\ & - \sum_{i=1}^{\infty} [M_1^i \sin(i\theta) + M_2^i \cos(i\theta)] - M_{rp} \left. \right\} d\theta - \\ & \left. - \frac{1}{2I_c} \left[C_0 + \sum_{i=1}^6 \xi_i \sin(i\theta) + (-1)^i \sum_{i=1}^6 \eta_i \cos(i\theta) \right] \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

(21)-ből következik, hogy az ω szögsebesség a θ forgási szögnek 2π periódusú periodikus függvénye és ezért a következő alakú Fourier-sorba fejthető:

$$\omega = \omega_m + \sum_{i=1}^{\infty} [A_i \cos(i\theta) + B_i \sin(i\theta)]. \quad (22)$$

Ahhoz, hogy az O főtengely az állandó ω_m szögsebességgel forogjon, szükséges, hogy

$$k \frac{\omega_0 - \omega_m}{\omega_0} - M_0 - M_{rp} = 0 \quad (23)$$

legyen.

(22)-ből és (23)-ból következik, hogy

$$k \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} - M_0 - M_{rp} = -\frac{k}{\omega_0} \sum_{i=1}^{\infty} [A_i \cos(i\theta) + B_i \sin(i\theta)]. \quad (24)$$

(24)-et behelyettesítjük (21)-be, majd az ω szögsebességnek (21) és (22) által adott kifejezéseit egyenlővé tesszük egymással. Elvégezve az integrációkat az így nyert egyenlethez, azt találjuk, hogy

$$\begin{aligned} & \omega_m + \sum_{i=1}^{\infty} [A_i \cos(i\theta) + B_i \sin(i\theta)] = \\ = & \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} \cdot [2i\omega_0 E_0 - kB_i - \omega_0 M_1^i + (kB_i + \omega_0 M_1^i) \cos(i\theta) - \\ & - (kA_i + \omega_0 M_2^i) \sin(i\theta)] - \\ & - \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}} \left[C_0 + \sum_{i=1}^6 \xi_i \sin(i\theta) + (-1)^i \sum_{i=1}^6 \eta_i \cos(i\theta) \right]. \end{aligned} \quad (25)$$

Ebben a relációban a ξ_i és az η_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) együtthatók értékeit a (19)

adja meg. (25)-ből következik, hogy

$$\omega_m = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2i\omega_0 E_0 - kB_i - \omega_0 M_1^i}{i\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} - C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}; \quad (26)$$

$$A_i = \frac{kB_i + \omega_0 M_1^i}{i\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} + \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}} \eta_i \quad (i=1, 2, \dots, 6); \quad (27)$$

$$B_i = \frac{kA_i + \omega_0 M_2^i}{i\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} - \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}} \xi_i \quad (i=1, 2, \dots, 6), \quad (28)$$

ahol

$$\begin{aligned} i = 1\text{-re} & \quad \eta_i = +\eta_1, & i = 4\text{-re} & \quad \eta_i = -\eta_4, \\ i = 2\text{-re} & \quad \eta_i = -\eta_2, & i = 5\text{-re} & \quad \eta_i = +\eta_5, \\ i = 3\text{-ra} & \quad \eta_i = +\eta_3, & i = 6\text{-ra} & \quad \eta_i = -\eta_6, \\ & & i > 6\text{-ra} & \quad \eta_i = 0; \\ i = 1\text{-re} & \quad \xi_i = +\xi_1, & i = 4\text{-re} & \quad \xi_i = +\xi_4, \\ i = 2\text{-re} & \quad \xi_i = +\xi_2, & i = 5\text{-re} & \quad \xi_i = +\xi_5, \\ i = 3\text{-ra} & \quad \xi_i = +\xi_3, & i = 6\text{-ra} & \quad \xi_i = +\xi_6, \\ & & i > 6\text{-ra} & \quad \xi_i = 0. \end{aligned}$$

Legyen

$$a_1 = \frac{k}{i\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}}, \quad (29)$$

$$\gamma_i = \frac{M_1^i}{i\sqrt{2I_c E_0}} + \eta_i \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}, \quad (30)$$

és

$$\delta_i = \frac{M_2^i}{i\sqrt{2I_c E_0}} + \xi_i \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}. \quad (31)$$

Behelyettesítve ezeket a jelöléseket a (27) és (28) relációkba, majd megoldva az így nyert egyenletrendszert, azt találjuk, hogy

$$A_i = \frac{-\alpha_i \delta_i + \gamma_i}{1 + \alpha_i^2}; \quad B_i = -\frac{\alpha_i \gamma_i + \delta_i}{1 + \alpha_i^2}. \quad (32)$$

(29), (30) és (31) figyelembevételével a (32) relációk a következő alakban

írhatók fel:

$$A_i = \frac{i^2 \omega_0^2 \sqrt{2 I_c E_0}}{2 i^2 \omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \left(-\frac{M_2^i}{i^2} - \frac{E_0}{I_c} \frac{\xi_i}{i} \right) + \frac{M_1^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \eta_i \right], \quad (33)$$

$$B_i = \frac{i^2 \omega_0^2 \sqrt{2 I_c E_0}}{2 i^2 \omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \left(\frac{M_1^i}{i^2} + \frac{E_0}{i_c} \frac{\eta_i}{i} \right) + \frac{M_2^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \xi_i \right]. \quad (34)$$

B_i -nek (34) alatti kifejezését (26)-ba helyettesítve

$$\omega_m = \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \frac{2i E_0 - M_1^i}{i \sqrt{2 I_c E_0}} + \frac{i \omega_0 k}{2 i^2 \omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \cdot \left(\frac{M_1^i}{i^2} + \frac{E_0}{I_c} \frac{\eta_i}{i} \right) + \frac{M_2^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \xi_i \right] \right\} - C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2 I_c^3}}. \quad (35)$$

Behelyettesítve a (33), (34) és (35) kifejezéseket (22)-be, megkapjuk az ω szögsebesség kifejezését:

$$\begin{aligned} \omega = & \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \frac{2i E_0 - M_1^i}{i \sqrt{2 I_c E_0}} + \frac{i \omega_0 k}{2 i^2 \omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \cdot \right. \right. \\ & \cdot \left. \left(\frac{M_1^i}{i^2} + \frac{E_0}{I_c} \frac{\eta_i}{i} \right) + \frac{M_2^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \xi_i \right] + \frac{i^2 \omega_0^2 \sqrt{2 I_c E_0}}{2 i^2 \omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \cdot \\ & \cdot \left[\left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \left(-\frac{M_2^i}{i^2} - \frac{E_0}{I_c} \frac{\xi_i}{i} \right) + \frac{M_1^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \eta_i \right] \cos(i\theta) - \right. \\ & \left. - \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2 I_c E_0}} \left(\frac{M_1^i}{i^2} + \frac{E_0}{I_c} \frac{\eta_i}{i} \right) + \frac{M_2^i}{i} + \frac{E_0}{I_c} \xi_i \right] \sin(i\theta) \right] \right\} - \\ & - C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2 I_c^3}}. \quad (36) \end{aligned}$$

Az O főtengely egy teljes forgása folyamán a betáplált forgató nyomaték által végzett munka:

$$W_0 = \int_0^{2\pi} M_m d\theta. \quad (37)$$

Az ω szögsebesség (22) kifejezését behelyettesítjük a betáplált forgató nyomaték (6) kifejezésébe, melyet aztán a munka (37) kifejezésébe írunk be. Az integrációk elvégzése után

$$W_0 = 2\pi k \left(1 - \frac{\omega_m}{\omega_0} \right). \quad (38)$$

Legyen

$$\mu_0 = \frac{2\pi k}{\omega_0}. \quad (39)$$

(38)-ba beírjuk ω_m -nak (35) alatti kifejezését; akkor

$$W_0 = 2\pi k - \mu_0 \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \frac{2iE_0 - M_1^i}{i\sqrt{2I_c E_0}} + \frac{i\omega_0 k}{2i^2\omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \cdot \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} \left(\frac{M_1^i}{i^2} + \frac{E_0 \eta_i}{I_c i} \right) + \frac{M_2^i}{i} + \frac{E_0 \xi_i}{I_c} \right] \right\} + \mu_0 C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}. \quad (40)$$

Ebben a formulában csak az elsőrendű harmonikus tagot vesszük figyelembe. (40)-ben $i = 1$ -et írva azt találjuk, hogy

$$W_0^1 = 2\pi k - \mu_0 \left\{ \frac{2E_0 - M_1^1}{\sqrt{2I_c E_0}} \frac{\omega_0 k}{2\omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{k}{\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} \cdot \left(M_1^1 + \frac{E_0}{I_c} \eta_1 \right) + M_2^1 + \frac{E_0}{I_c} \xi_1 \right] \right\} + \mu_0 C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}. \quad (41)$$

Vezessük be a következő jelöléseket:

$$\sigma_1 = \frac{-2\lambda^3(\lambda^2 - 1)}{(\lambda^2 + 1)^3},$$

$$\sigma_2 = M_s \frac{\lambda^3}{(\lambda^2 + 1)^4} [-(\lambda^2 + 1)^2 + 6\lambda^2]. \quad (42)$$

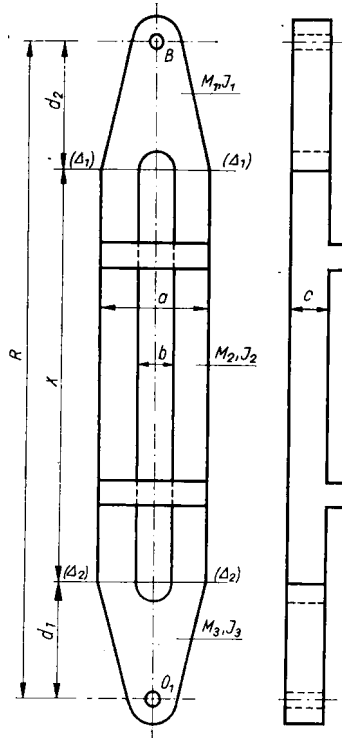
ξ_1 és η_1 (19) alatti kifejezéseibe írjuk be C_1 -nek (17) által adott kifejezését. (42) figyelembevételével

$$\xi_1 = (I\sigma_1 + R^2\sigma_2) \cos \Theta_0;$$

$$\eta_1 = (I\sigma_1 + R^2\sigma_2) \sin \Theta_0. \quad (43)$$

(43) tekintetbevételével a W_0^1 munka (41) alatti kifejezése a következő alakot ölti:

$$\begin{aligned}
 W_0^1 = & 2\pi k - \mu_0 \left\{ \frac{2E_0 - M_1^1}{\sqrt{2I_c E_0}} + \frac{\omega_0 k}{2\omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left[\frac{kM_1^1}{\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{E_0}{I_c} (I\sigma_1 + R^2\sigma_2) \left(\frac{k \sin \Theta_0}{\omega_0 \sqrt{2I_c E_0}} + \cos \Theta_0 \right) + M_2^1 \right] \right\} + \\
 & + \mu_0 C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2I_c^3}}.
 \end{aligned} \tag{44}$$



3. ábra

A 3. ábrán gyaluszerkezethez tartozó csúszkát tüntettünk fel. Ennek testén három részt különböztetünk meg, úgymint a felső részt (1), a középső részt (2) és az alsó részt (3).

Jelöljük rendre M_1 , M_2 , illetve M_3 -mal az egyes részek tömegeit, I_1 , I_2 , illetve I_3 -mal pedig mechanikai tehetetlenségi nyomatékaikat az O_1 oszcillációs csap geometriai szimmetriatengelyére vonatkozólag.

Jelöljük végül I_k -val az egész $O_1 B$ csúszkának az O_1 oszcillációs csap geometriai szimmetriatengelyére vonatkozó mechanikai tehetetlenségi nyomatékát, I_p -vel pedig a B kicsiny csúszka mechanikai tehetetlenségi nyomatékát ugyanerre az O_1 tengelyre vonatkozólag.

Nyilvánvaló, hogy

$$I_k = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_p = I_k + I_p.$$

Legyen

$$I_{k0} = I_1 + I_3 + I_p.$$

Akkor

$$I = I_{k0} + I_2. \quad (45)$$

Jelöljük $\varrho = \gamma/g$ -vel a csúszka testének térfogati fajlagos tömegét. A csúszka testének méreteit a 3. ábra tünteti fel.

Az ábráról leolvasható, hogy

$$R = d_1 + d_2 + x. \quad (46)$$

Kiszámítjuk az I_2 tehetetlenségi nyomaték kifejezését és behelyettesítjük ezt (45)-be, majd I -nek (45) alatti, valamint R -nek (46) alatti kifejezéseit beírjuk (44)-be. Akkor

$$\begin{aligned} W_0^1 = & 2\pi k - \mu_0 \left\{ \frac{2E_0 - M_1^2}{\sqrt{2} I_c E_0} + \frac{\omega_0 k}{2\omega_0^2 I_c E_0 + k^2} \left\{ \frac{k M_1^2}{\omega_0 \sqrt{2} I_c E_0} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left| \frac{k \sqrt{E_0}}{\omega_0 \sqrt{2} I_c^3} \sin \Theta_0 + \frac{E_0}{I_c} \cos \Theta_0 \right| \left[\frac{a^3 - b^3}{12} \varrho c \sigma_1 x + \frac{a - b}{12} \varrho c \cdot \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \cdot \sigma_1 x^3 + (a - b) \varrho c \sigma_1 x \left(d_1 + \frac{x}{2} \right)^2 + I_{k0} \sigma_1 + \sigma_2 (d_1 + d_2 + x)^2 \right] + M_2^2 \right\} \left. \right\} + \\ & + \mu_0 C_0 \sqrt{\frac{E_0}{2 I_c^3}}. \quad (47) \end{aligned}$$

Abból a célból, hogy meghatározhassuk a csúszka ama x méretét, melyre a W_0^1 energia minimális lesz, W_0^1 -nek az x szerinti deriváltját zérussal kell egyenlővé tenni és az így nyert egyenletből kell kiszámítani x értékét.

Vezessük be a

$$v = 2\tau_2;$$

$$v_1 = 2 \frac{\gamma}{g} c d_1 (a - b) \sigma_1 + 2\sigma_2;$$

$$v_2 = \frac{\gamma}{g} c (a - b) \sigma_1 \quad (48)$$

jelöléseket.

Differenciáljuk W_0^1 -nek (47) alatti kifejezését x szerint és a deriváltat tegyük egyenlővé zérussal. Az így nyert egyenletet x -re vonatkozólag megoldva

megkapjuk x ama értékét, melyre a W_0^1 energia minimális lesz:

$$x = \frac{-\sqrt{3v_1} \pm \sqrt{3v(v - 4d_2v_2) - (a^2 + ab + b^2)v_2^2}}{2\sqrt{3v_2}} \quad (49)$$

Ahhoz, hogy W_0^1 minimum legyen, szükséges, hogy

$$\frac{d^2 W_0^1}{dx^2} > 0,$$

vagyis, hogy

$$(a - b) \frac{\gamma}{g} c\sigma_1(x + d_1) + \sigma_2 < 0$$

legyen. Az x -re vonatkozólag másodfokú

$$\frac{dW_0^1}{dx} = 0$$

egyenletnek két gyöke van; az egyik gyökre

$$\frac{d^2 W_0^1}{dx^2} > 0,$$

az abszorbeált energia tehát minimális. A másik gyökre

$$\frac{d^2 W_0^1}{dx^2} < 0,$$

és így a felvett energia maximális.

IRODALOM

1. ARTOBOLVSKI, I. I.: Teoria mecanismelor și mașinilor. Editura Tehnică, București 1954.
2. BIEZENO, K. B.—GRAMMEL, R.: Technische Dynamik. Springer Verlag, Berlin 1953.
3. BEYER, R.: Kinematisch getriebe-analytisches Praktikum. Springer Verlag, Berlin 1958.
4. RIPIANU, A.: Cinematica. Litografia Institutului Politehnic, Cluj 1954.
5. RIPIANU, A.: Dinamica. Litografia Invățământului Politehnic, Cluj 1955.

FOGAZATHELYESBÍTÉSI ITERÁCIÓS ELJÁRÁSOK ELEMZÉSE

KOLONITS FERENC

[Béérkezett 1963. október 7-én]

A dolgozat összehasonlítja a relatív csúszások kiegyenlítésére eddig kialakult számítási eljárásokat. Az összehasonlítás alapja — minthogy valamennyi eljárás iteratív jellegű — a megközelítés gyorsasága.

Jelölések

- r_f fejkör;
 ρ_f evolvensprofil görbületi sugara a fejlen;
 $c_{f1,2}$ $f_{g1,2}$ modulfajlagos értékek jelölése PATTANTYÚSNÁL;
 $k_{1,2}$ kapcsolószakasz főpont által létesített szeletei PATTANTYÚSNÁL;
 $C, K, c_{f1}/c_{f2}$, ill. k_1/k_2 jelölései PATTANTYÚSNÁL;
 r_a alapkör;
 a tengelytáv;
 u fogsávviszony (z_2/z_1).
1 index nagykerékre,
2 index kiskerékre utal.

A helyesbítési probléma analitikai megoldását eddig PATTANTYÚS A. Dénes és LIPKA István adták meg egyes esetekre [1—4]. A fogazási elmélet — különösen pedig a Ganz—Botka fogazás — által az említett dolgozatok megjelenése óta felvetett problémákra a szerző az [5] dolgozatban próbált választ adni.

Mindezek a módszerek a problémát különböző új változók bevezetésével tárgyalják. Emiatt egyenleteik alakja is különböző.

Meg kell vizsgálni, hogy az egyes módszereket milyen esetben célszerű alkalmazni, vagy másként: hogyan viszonylanak a módszerek a konvergencia szempontjából. Az összehasonlító módszereket bővebben 1. a szerző említett dolgozatában [5]. Ehelyütt csupán az eredmények rövid összefoglalását adjuk.

Valamely

$$\begin{aligned}x &= f(y), \\y &= g(x)\end{aligned}\tag{1}$$

egyenletrendszer iterálásakor a konvergenciát

$$\left| \frac{df}{dy} \frac{dg}{dx} \right| = |f' g'| = M$$

dönti el. Minél kisebb ez, annál gyorsabb a közelítés.

Ha (1)-be az $x = x(u; v)$, $y = y(u; v)$ transzformációval az u, v változókat vezetjük be, úgy az egyenletrendszert (legalábbis formálisan) a következő alakúra rendezhetjük:

$$\begin{aligned} u &= F(v), \\ v &= G(u). \end{aligned} \quad (2)$$

Ahhoz, hogy a (2) konvergenciája az (1) egyenletrendszer konvergenciájánál jobb legyen, a konvergenciamutatónak ki kell elégíteni a következő feltételt:

$$\left| \frac{dF}{dv} \frac{dG}{du} \right| = \frac{\left(f' \frac{\partial y}{\partial v} - \frac{\partial x}{\partial v} \right) \left(g' \frac{\partial x}{\partial u} - \frac{\partial y}{\partial u} \right)}{\left(\frac{\partial x}{\partial u} - f' \frac{\partial y}{\partial u} \right) \left(\frac{\partial y}{\partial v} - g' \frac{\partial x}{\partial v} \right)} < |f' g'|. \quad (3)$$

Különleges esetként megállapíthatjuk, hogy ha a bevezetett új változók csak egy-egy régi változótól függenek, úgy (3) egyenlőséggé válik és a konvergencia nem változik. Az ilyen új változókat a régiekhez adjungáltaknak nevezzük.

Ha (1) két egyenletét egy kétváltozós F függvény szerint összekombináljuk, és ehhez hozzávesszük még az egyik régi egyenletet, hogy a rendszer teljes legyen, az

$$\begin{aligned} F(x; y) &= F[f(y); g(x)], \\ y &= g(x) \end{aligned} \quad (4)$$

egyenletrendszert kapjuk. Az elsőt legalábbis formálisan írhatjuk az $x = \Psi(y)$ alakban, amelyre nézve a konvergenciajavulás feltétele

$$\left| \frac{d\Psi}{dy} \frac{dg}{dx} \right| = \left| \frac{f' g' - kg'}{1 - kg'} \right| < |f' g'|, \quad (5)$$

ahol $k = (\partial F / \partial y) / (\partial F / \partial x)$. Különleges esetben, ha nem kombináljuk össze az egyenleteket, hanem külön-külön alkalmazunk oldalakra műveleteket, ez a konvergencián nem változtat.

A régebbi módszerek a kapcsolóvonal szélső pontjain végzik el a kiegyenlítést. Ezeket vetjük egybe az [5]-ben közölt megfelelő módszerrel. Az egyenletek ott alapul vett alakja:

$$\frac{\sqrt{r_{f_2}^2 - r_{a_2}^2}}{a \sin \alpha_g - \sqrt{r_{f_2}^2 - r_{a_2}^2}} = u^2 \frac{\sqrt{r_{f_1}^2 - r_{a_1}^2}}{a \sin \alpha_g - \sqrt{r_{f_1}^2 - r_{a_1}^2}} \quad (6)$$

és

$$r_{f_1} + r_{f_2} = a + h_k. \quad (7)$$

Itt (6) a csúszások egyenlőségét fejezi ki, (7) pedig geometriai összefüggés a kapcsolódó fogaskerékpárra.

LIPKA iterációs módszere a képleteken nem változtat, csupán behelyettesítéssel összevonja azokat, tehát az (5) egyenlőtlenség miatt nem következik be változás. Változói $r_{f_{1,2}}$ -höz adjungált $\varrho_{f_{1,2}}$. Minthogy az [5] módszer változói $n = \varrho_{f_1}^2$, $p = \varrho_{f_2}^2$ szintén $r_{f_{1,2}}^2$ -höz adjungáltak, a konvergencia egyforma. A négyzetek bevezetését hibaszámítási megfontolások indokolják.

A Newton-közelítés [2] elvén LIPKA egy meglehetősen bonyolult, de zárt képletet vezet be a fejkörök korrekciójára, amely a valóságosnál nagyobb értéket ad eredményül. Az eljárás $q_2 = 0,5$ -től indul. A pontos eredményt vagy táblázatos csökkentő tényezőkkal, vagy a számítás megismétlésével, tehát iterációval éri el. Az iteráció konvergenciáját lehetne értékelni az (5) képlet alapján, de ez igen nagy nehézségekkel járna.

Mindenképpen előnyös a módszer akkor, ha egy lépésben eredményt ad. Viszont, ha iterációs pontosításra van szükség, a képletek bonyolultsága nagy hátrány. Bár igen valószínű, hogy az iteráció ez esetben gyorsabban konvergál, mint ha az egyszerű formulákon alapul — hiszen az érintőformulával {vö. [2] (III. β)} átugrunk néhány iterációs lépést — de a kevesebb lépéshez több számítási munkára van szükség. Sőt, adott esetben a felezés is jobb közelítést adhat. A felezés és a Newton-módszer összehasonlítása azonban túl messzire vezetne.

Sokkal érdekesebb probléma PATTANTYÚS módszerének elemzése. Ő ugyanis nem $r_{f_{1,2}}$ -höz adjungált változókat használ, hanem a C és K arányszámokat:

$$C = \frac{c_{f1}}{c_{f1}}$$

és

$$K = \frac{k_1}{k_2},$$

ahol $c_{f1} + c_{f2} = c_f$ ($f_{g_{1,2}}$ és h_k az e cikkben használt jelölésrendszer szerint, modulfajlagosan véve);

k_1, k_2 a kapcsolóvonal főpont által létesített szeletei.

Függvényei, amelyeket felhasznál:

$$K = F(c_{f1})$$

és

$$C = G(K).$$

A számítás menete a következő: Felvesz egy $c_{f1} = c_{f2}$ értéket és ebből számítja a K -t, majd C -t. Ezután a $c_{f1} = c_f C / (C + 1)$ segítségével visszajuttatja a c_{f1} -re.

LIPKA módszereinél magától értetődő volt az általánosítás kérdése, hiszen az [5] dolgozatban közölt módszer ugyanazon típusú ismeretlen rendszer nyomán adja meg az általános kiegyenlítés számítását, mint amilyenben ő operált. PATTANTYÚS esetében viszont joggal vetődik fel a kérdés, hogy módszerével lehet-e az általánosabb kiegyenlítési problémákat kezelni. A szerző véleménye szerint eljárása annyira specializált a szélső pontokban való kiegyenlítés esetére, hogy csak jóval bonyolultabb képletekkel lehetne általánosítani.

Az iteráció változói tulajdonképpen c_{f_1} és K . Bár az előbbi r_{f_1} -hez adjungált, az utóbbi függ r_{f_1} mellett r_{f_2} -től is. Így a (3) egyenlőtlenséget kell alkalmaznunk.

Vizsgálatunk ezzel teljes lesz. A szereplő $K = F(c_{f_1})$ egyenlet a csúszási egyenlőségéből és egy — egy kerékre felírt — geometriai feltételből adódott. A $C = G(K)$ függvény mindkét kerékre külön-külön felírt geometriai feltételből következett; és a $c_{f_1} = c_f C / (C + 1)$ formula az, amely a két kerék geometriai feltételeit összekapcsolja. Tehát egyik egyenlet tisztán a csúszások egyenlősége, a másik egyenlet (ill. számítássor) tisztán a fogaskerékpár geometriai feltétele. Ennélfogva az (5) egyenlőtlenség miatt előálló konvergenciaváltozás nem következik be.

Vegyünk fel r_{f_1} és r_{f_2} -re egyenleteket, és ezeket a változók transzformációjával alakítsuk át a Pattantyús-féle egyenletekké. A kiegyenlített csúszást kifejező egyenlet más alakja

$$\frac{1}{\sqrt{r_{f_1}^2 - r_{a_1}^2}} + \frac{u^2 - 1}{a \sin \alpha_g} = \frac{u^2}{\sqrt{r_{f_2}^2 - r_{a_2}^2}},$$

amely deriválva r_{f_1} szerint és rendezve

$$f' = \frac{dr_{f_2}}{dr_{f_1}} = \frac{1}{u^2} \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\rho_{f_2}}{\rho_{f_1}} \right)^3 < 1.$$

A másik egyenlet $r_{f_1} + r_{f_2} = \text{állandó}$, ahonnan

$$\frac{dr_{f_1}}{dr_{f_2}} = -1 = g'.$$

A jelölések az idézett egyenlőtlenségnek felelnek meg. Ismeretes továbbá, hogy

$$c_{f_1} = r_{f_1} - r_g$$

és

$$K = \frac{\sqrt{r_{f_1}^2 - r_{a_1}^2} - \frac{1}{u+1} a \sin \alpha_g}{\sqrt{r_{f_2}^2 - r_{a_2}^2} - \frac{u}{u+1} a \sin \alpha_g}.$$

Ha kiszámítjuk az $r_{f_1} = r_{f_1}(c_{f_1})$ és $r_{f_2} = r_{f_2}(c_{f_1}; K)$ Pattantyús-féle változók szerinti deriváltjait, úgy belátható, hogy

$$\frac{\partial r_{f_1}}{\partial c_{f_1}} = 1 \quad \text{és} \quad \frac{\partial r_{f_1}}{\partial K} = 0.$$

A többihez át kell írni K egyenletét.

$$K \left(\sqrt{r_{f_2}^2 - r_{a_2}^2} - \frac{1}{u+1} a \sin \alpha g \right) = \sqrt{r_{f_1}^2 - r_{a_1}^2} - \frac{u}{u+1} a \sin \alpha g.$$

$\partial r_{f_2} / \partial K$ számítása (K egyenletét deriválva és rendezve) a következő:

$$\frac{\partial r_{f_2}}{\partial K} = - \frac{k_2 \varrho_{f_2}}{K r_{f_2}}.$$

$\partial r_{f_2} / \partial c_{f_1} = (\partial r_f / \partial r_{f_1}) (\partial r_{f_1} / \partial c_{f_1}) = \partial r_f / \partial r_{f_1}$ számítása a következő, megjegyezve, hogy $\partial r_{f_1} / \partial c_{f_1} = dr_{f_1} / dc_{f_1}$ számítása hasonló módon történik:

$$\frac{\partial r_{f_2}}{\partial r_{f_1}} = \frac{\partial r_{f_2}}{\partial c_{f_1}} = \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \frac{1}{K}.$$

A (4) egyenlőtlenség jelöléseinek egyeztetése:

Tehát

$$x = r_{f_2}, \quad y = r_{f_1}, \quad u = K, \quad v = c_{f_1}$$

$$\frac{\partial x}{\partial u} = -k_2 \frac{\varrho_{f_2}}{K r_{f_2}}, \quad f' = \frac{1}{u^2} \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^3,$$

$$\frac{\partial x}{\partial v} = \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \frac{1}{K}, \quad g' = -1,$$

$$\frac{\partial y}{\partial u} = 0,$$

$$\frac{\partial y}{\partial v} = 1.$$

Az egyenlőtlenség (egyenlőség-jel azonos konvergenciát jelent)

$$\left| \frac{\left[\frac{1}{u^2} \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^3 - \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right) \frac{1}{K} \right] \left(k_2 \frac{\varrho_{f_2}}{K r_{f_2}} - 0 \right)}{\left(-k_2 \frac{\varrho_{f_2}}{K r_{f_2}} - 0 \right) \left(1 + \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \frac{1}{K} \right)} \right| \leq \frac{1}{u^2} \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^3.$$

Megfelelő egyszerűsítések után

$$\frac{\left| \frac{1}{u^2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2 - \frac{1}{K} \right|}{1 + \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \frac{1}{K}} \leq \frac{1}{u^2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2$$

a feltétele annak, hogy a Pattantyús-eljárás konvergenciája jobb legyen, mint az r_{f_1} és r_{f_2} -höz adjungált változóké. Tulajdonképp arról van szó, hogy az

$$\frac{\frac{1}{u^2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2}{1}$$

tört nevezőjét növeljük, számlálóját csökkentjük.

Az egyenlőtlenség mindig teljesül, ha az abszolútérték-jelek között pozitív mennyiség áll. Tehát a keresendő határon a számláló már negatív. Ennek figyelembevételével

$$\frac{\frac{1}{K} - \frac{1}{u^2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2}{1 + \frac{1}{K} \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)} \leq \frac{1}{u^2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2;$$

átszorozva és rendezve

$$K \geq \frac{1}{2} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right)^2 u^2 - \frac{r_{f_1}}{r_{f_2}} \left(\frac{\varrho_{f_2}}{\varrho_{f_1}} \right).$$

A jobboldali minimális értéke kb. $(1/2)(1/u)^2 u^2 - (1/u)u = -1/2$, maximuma pedig $(1/2)1^2 u^2 - (1/u)1 = u^2/2 - 1/u$. Viszont ismeretes, hogy $u > K > 1$. Tehát egészen bizonyos, hogy a Pattantyús-eljárás konvergenciája biztosan jobb, ha $1 > u^2/2 - 1/u$. Ezt kiértékelve $u < 1,77$ -et kapunk. A további behatárolások elvégzése a $\varrho_{f_1}/\varrho_{f_2}$ hányadosok részletesebb vizsgálatát követelné meg. Egészen durva közelítésben annyit lehet mondani, mivel a hányados „hajlamosabb” az $1/u$ érték felvételére, azért a konvergencia általában jobb, de nagyobb módosításoknál csökkenő valószínűséggel és mértékben.

Megfigyelhetjük, ha egy módszer nem hajtott végre képletösszevonást, elegendő a változokat ismernünk, amelyeket felhasználnak; egyenleteinek formájára nincs szükségünk. Ez természetes is, hiszen r_{f_1} és r_{f_2} kapcsolatát felhasználtuk; r_{f_1} , és az új változók összefüggéseit szintén: ezek pedig már determinálják a szóban forgó egyenletek alakját. Az átrendezések (5) miatt közömbösek. Ha közelítések történtek, az sem hat zavarólag, mert — ha a közelítés

jogosult — a görbék jól simulnak egymáshoz; így a gondolatmenetünkben szereplő deriváltak is jó közelítésben adódnak.

IRODALOM

1. PATTANTYÚS Á. DÉNES: Kiegészítő számítások a MAAG-féle fogazáshoz. *Technika* (1943), 4.
2. LIPKA ISTVÁN: Csúszások kiegyenlítésének problémája általános fogazásnál. *Gép* (1952), 553.
3. LIPKA ISTVÁN: Csúszáskiegyenlítés problémájának analitikus megoldása ferde fogazatú homlokkerekekre. *Gép* (1954), 137.
4. LIPKA ISTVÁN: Fogaskerekek profileltolások korrekciójának számítása iterációval. *Gép* (1953), 474.
5. KOLONITS FERENC: Fogazathelyesbítés számítása iterációval. *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 35 (1965), 83—97.

A BAKONYI JURATENGER KÁVÁSHEGY–LÓKÚTI RÉSZÉNEK BIONÓMIAI VONATKOZÁSAI A FÁCIESVÁLTOZÁSOK TÜKRÉBEN*

III. RÉSZ: BAKONYI KÖZÉPSŐ LIÁSZKÉPZŐDMÉNYEK BIONÓMIAI ÉS FÁCIESKÉRDÉSEI

KOVÁCS LAJOS

A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. március 20-án]

E tanulmány a fenti átfogó címmel megjelölt dolgozat harmadik részeként csatlakozik a VI. Osz. Közleményeinek 32. kötetében megjelent első (1963 [14]) és 34. kötetében megjelent második (1964 [15]) részhez. A szoros kapcsolatot a tárgyalás során az előző részek megállapításaira, a bennük levő ábrákra, táblázatokra esetenként történő hivatkozás is hang súlyozza. Különösen vonatkozik ez a szóban forgó területnek az első részben közölt földtani térképére és szelvényeire.

2.2. Középső liász

2.2.1. Pliensbachi alemelet

2.2.1.1. *Deroceras armatum*, *Dumortieria jamesoni*, *Deroceras davoei* szintje. A Káváshegy főszelvényében (1963 [14] 4. ábra), a Lókúti domb I. és II. rögének szelvényeiben (1963 [14] 2. és 3. ábra), valamint a Káváshegy ÉNy-i kezdeti szakaszának É-i oldalán levő liász üledéksorban, a *pliensbachi* alemeletet is pontosan olyan fáciesű lerakódások képviselik, mint a *lotharingiai* alemeletet. Azaz az egyes szelvényeknek a *lotharingiai* alemelettel kezdődő s a *doméri* alemeletig terjedő, külön-külön egységes fáciesjelleggel kifejlődött üledéksorában a *pliensbachi* alemelet is bennfoglaltatik, amely tehát nem választható el a mélyebb csoporttól.

Ennek alapján az egyes üledéksorok által megjelölt medencerészekben a *lotharingiai* alemelethől átmenően a *pliensbachi* alemeletben is, változatlan bionómiai és mélységi viszonyok közt folyt a „*friss*” (Lókúti domb), illetve „*félfriss*” (Káváshegy) tengerfenéki bentogén lerakódásokat szolgáltató üledékképződés (l. a bionómiai kategóriák táblázatát. Kovács, 1963 [14]). E tekintetben jelentősebb változás egységesen a *pliensbachi* alemelet lezáródásával következik be.

2.2.2. Doméri alemelet

2.2.2.1. *Amaltheus margaritatus* és *Amaltheus spinatus* szintje. Az *Amaltheus margaritatus* idejének beköszöntével olyan üledékképződési feltételek alakulnak ki a lényegileg még mindig sekély tengermedence most már kiterjed-

* 1958. február 14-én megvédett kandidátusi értekezés.

tebb területén, amelyek a korábbi időszakaszok lerakódásainak fácieskülönbségeit eltüntetik s általában az *adneti fáciesű* vörös, gumós cephalopodás, illetve *tarka cephalopodás fáciesű* mészkő (12)* képződését eredményezik.

A *doméri* alemelet vörös gumós cephalopodás mészkőve (12) nem csupán fáciesjellegénél fogva különül el élesen a *pliensbachi* feküképződményektől, hanem általában *diszkontinuitás* is jelentkezik köztük. Ez a diszkontinuitás HEIM (1924 [4]) értelmezésében bizonyos fokú *omissziós* jelenséget, viszonylag egészen kismértékű üledékkimaradást enged feltételezni.

A bakonyi mangánércképződéssel kapcsolatban VADÁSZ (1952 [24] p. 249) mutatott rá arra, hogy a bakonyi júrakorú üledékképződés menetében, egyes szintek rétegtani viszonyának helyes megítélése végett, *omisszióval*, tengeráramlások hatására visszavezethető, üledékképződési hézagot eredményező üledékkihagyással is számolnunk kell. Abban az esetben tehát, ha a vörös cephalopodás mészkő nem közvetlenül a feküképződményekből fejlődik ki, bizonyos fokig *reszessziós* üledékként kell azt felfognunk.

Az üledékek diszkontinuitásában kifejezésre jutó *omisszió* a *pliensbachi* és *doméri* alemeletek határán az éghajlati viszonyokban érvényesülő nagyobb fokú kilengésekkel volna kapcsolatba hozható, amelyek a légáramlatok erősségének, irányának módosításával párhuzamosan, az ilyen vörös cephalopodás mészkővel jelzett egykori tengerrészek területére erősebb tengeráramlásokat terelhettek. Ezek pedig egyben új faunák elterjedését közvetítették, nevezetesen *Ammonites*-faunákét, amelyek általában hirtelen jelennek meg ezekben az üledékekben s a mélyebb helyzetű lerakódások faunáival nem mutatnak semmiféle kapcsolatot. Majd a szélerősség csökkenésével az áramlások erőssége is alábbhagy, vagy pedig az uralkodó szélirányok megváltozásával az áramlások iránya is másfelé terelődik, úgyhogy az üledékelsodrás háttérbe szorulásával, majd megszűnésével egyre inkább a vörös gumós cephalopodás mészkő lerakódásához vezető üledékképződés feltételei jönnek létre a most már csendes vízűvé vált medencerészben.

Sajnos, a *mezozoos tengeráramlásokra* vonatkozó vizsgálódások elégtelensége, a szakirodalomban idevonatkozóan közölt adatok hiányossága, különösen hazai viszonylatban, egyelőre még nem teszi lehetővé, hogy e tekintetben összefüggő képet alkothassunk magunknak. A juraüledéksorok kifejlődésében gyakran találkozunk olyan jelenségekkel, amelyeknek a magyarázatában egykori tengeráramlások feltételezéséhez kell folyamodnunk, de arra a kérdésre, hogy ezek a sokszor kétségkívül kifejezésre jutó tengeráramlások milyen módon kialakult *áramlásrendszerekbe* illeszkednek bele, vagy milyen kapcsolatban állanak a távoli területeket átfogó faunavándorlások adatai alapján nagy

* Az egyes képződmények megnevezése után zárójelbe tett számok az I. részben levő összehasonlító szelvénytáblázat jelmagyarázatának a sorszámaira vonatkoznak (1963 [14] l. a 81. oldal előtti szelvénytáblázatot). Egyben a vörös gumós cephalopodás mészkő esetében területünkön mindenütt a *Wöhner-féle tarka cephalopodás fáciesre* kell gondolnunk.

vonásokban kinyomozott *Tethys-áramlattal*, egyelőre feleletet adni még nem tudunk.

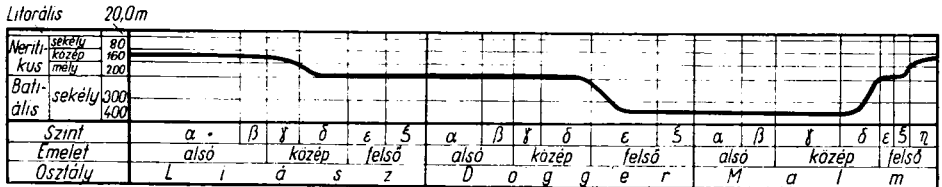
A Káváshegy és Lókúti domb (II. rög) vörös cephalopodás mészkövei (12) által megjelölt csendes vizű medencefenekeken kialakult életfeltételek a tengeráramlások közvetítésével bevándorolt fenéklakó *Ammonites*-fajok megtelepedésének kedveznek (Kovács, 1934, 1936, 1942, 1951 [6–9]; Káváshegy: *Rhacophyllites stella* Sow., — *cf. planispira* Reyn., — *libertus* Gemm. var. *frechi* Meist. em. Kov., — *eximius* Hau., *Hantkeniceras hantkeni* Schloenb., *Calliphyloceras alontinum* Gemm., *Lytoceras postfimbriatum* Prinz, — *kávásense* Kov., — *francisci* Opp. var. *baconica* Kov., — *ptychophorum* Canav., *Microderoceras asper* Fuc., *Fuciniceras pectinatum* Mgh., *Arietoceras* sp.; Lókúti domb: *Rhacophyllites stella* Sow., — *telegdi rothi* Kov., — *limatus* Rosenb., — *libertus* Gemm., *Calliphyloceras dubium* Fuc. var. *medioliasica* Kov., — *emeryi* Bett., — *alontinum* Gemm., *Lytoceras angustumbilicatum* Kov., *Amblyoceras planicostatum* Sow. var. *sziládyi* Kov., *Harpoceras bonarellii* Fuc., *Grammoceras portisi* Fuc.). De a nekton életközösségéhez csatlakozó alakok is szerepelnek itt alárendelten (Káváshegy: *Partschiceras tenuistriatum* Mgh., *Zetoceras bonarellii* Bett. var. *anatolica* Meist. em. Gug.; Lókúti domb: *Partschiceras tenuistriatum* Mgh. var. *intermedia* Kov.).

A vörös gumós cephalopodás mészkövet a korábbi szakirodalom általában a batiális öv lerakódásaként szerepelteti. VADÁSZ (1952 [25]) ettől eltérően a neritikus övben való képződését hangsúlyozza.

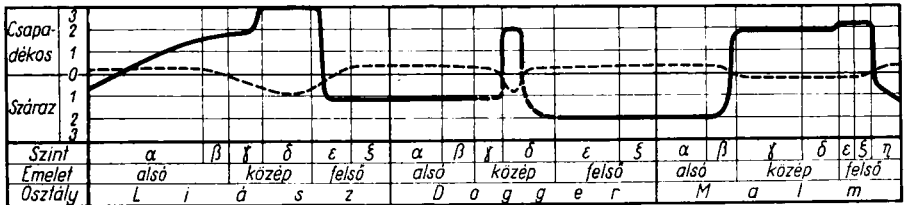
PIA (1912) e kérdést érintő gondolatmenetében azt fejtegeti, hogy sok juráüledék mélytengeri jellege valószínűleg nem annyira azok keletkezési helyének mélységi fekvésére, mint inkább arra a tényre vezethető vissza, hogy Európában már a perm óta csaknem tökéletes nyugalmi állapot van. Feltehető ennél fogva, hogy a jurában általában már nem voltak magasabb hegy-ségek, úgyhogy a lehordás s ennek megfelelően a terrigén üledékeknek a partoktól némileg távolabbi területekre való besodródása, egészen elenyésző volt. Emellett — mint a továbbiakban rámutat PIA — a tengeráramlások is hozzájárulhattak ahhoz, hogy a törmelékanyag az alpi területek bizonyos részeitől távol maradt. Ilyen felfogással szerinte érthetővé válik, ha vörös cephalopodás mészkő és zátonymészkő sokszor közvetlen érintkezésben van egymással, mert ahhoz, hogy a csaknem teljesen nyugodttá vált üledékképződés bizonyos értelemben mélytengerihez hasonló viszonyokat tükrözzön, már elég, ha valamely terület a zátonyképző korallok, vagy egyéb zátonyképző szervezetek növekedési öve alá kerül. PIA vázolt gondolatmenetében lényegileg ugyancsak a vörös cephalopodás mészkőnek az egykori partoktól távolabb fekvő medence-részekben képződött neritikus lerakódás jellege mellett foglal állást.

SCHMIDT (1939 [20]) bionómiai módszerrel végzett beható fácieskutató-sait összegezve rámutat, hogy a Déli Alpokban „ammonitico rosso inferiore” néven szereplő *adneti* fáciesű vörös cephalopodás mészkő gumós szerkezete

bentogén eredetet jelző algavegetációra utal, amelyből azonban a csekély beágyazó tömeg folytán organikus szerkezet nem maradt meg. Ennélfogva a vörös cephalopodás mészkő képződése lassan növekvő mészalgavegetációban képzelhető el, vagyis a tengernek a növényi asszimilációt még lehetővé tevő, kellően átvilágított, 200 m-es mélységen belüli *neritikus övében*. Az adneti fáciesű mészkő bathialis jellege tehát e megfontolások alapján valóban nem állítható.



1. ábra. A juratenger mélységi görbéje a Káváshegy és a Lókúti domb juraszelvényei alapján



2. ábra. A jura csapadék- (folytonos vonal) és hőmérsékletgörbéje (szaggatott vonal) a Káváshegy és a Lókúti domb juraszelvényei alapján. A hőmérsékletgörbe esetében a 0-vonal elméletileg egyenletesen meleg klímát jelöl

A „félfriss” tengerfenéki lerakódásokat szolgáltató tengermedence fenéklakó faunájában az uralkodó szerepű mozgékony *Ammonites*-fajok mellett a lehorgonyzó alakok erősen háttérbe szorulnak, illetve a szóban forgó bakonyi lerakódásokban nem is jutnak szóhoz. A fenékszint átszellőzöttségét, illetve oxigénellátását az algavegetáció asszimiláló tevékenysége még kellő mértékben biztosítja; a lerakódó üledékek oxidációja tehát zavartalan, amit a mészkő egyenletes téglavörös színe bizonyít. Egyben azonban azt is bizonyítja az idősebb képződmények világosabb színárnyalataival összevetve, hogy ezek a vörös cephalopodás mészkőrétegek tűnnek ki a sorozatban a vastartalom legnagyobb százalékos értékével. Ebből pedig arra következtethetünk, hogy az éghajlat csapadékos jellege, a korábbiakban mondottak szerint, a doméri időszakaszban éri el maximumát (2. ábra).

A környező szárazulatokról a tengervízbe bőséggel bejutó vasas oldatok mellett kétségkívül növekszik a behordott törmelék mennyisége is, amelyből a legfinomabb lebegő részecskék, a korábbi időszakokhoz viszonyítva, bizonyára valamivel nagyobb mennyiségben sodródnak be a bakonyi liáztenger partoktól távolabb eső, mélyebb neritikus medencerészeibe is. Ez a Káváshegy és a Lókúti domb (II. rög) vörös gumós cephalopodás mészköveinek főleg

gumós részletein makroszkóposan is észlelhető annak ellenére, hogy maga a mészkő általában, a friss törési felületen szemlélve, agyagmentesnek minősül. Ugyanis a beszivárgó csapadékvizek oldása következtében a gumók mentén kevés földes oldhatatlan maradék mutatkozik. Ez utóbbira vonatkozóan, sajnos, nem áll módomban elemzés révén nyert százalékos értéket megadni, de a kőzet minősége így is jelzi, hogy a bakonyi liáztengernek az egykori partvonalaktól távol eső helyzetében nincs okunk változásra gondolni a korábbi időszakokkal szemben a *doméri* időszakasz folyamán sem.

2.2.2.2. *A mangánkiválás értelmezése a „tarka cephalopodás fácies” kifejlődésében.* A szóban forgó vörös cephalopodás mészkő fáciesjellegének fontos vonása még az, hogy helyenként *mangános* oldatokból történt oxidos kiválás következtében fekete foltozottságot mutat. *Wähner* ezen az alapon a vörös gumós cephalopodás mészkő kifejlődésén belül azt a féleséget, amely nagyobb agyagtartalmával tűnik ki s benne az *Ammonites*-maradványok kőbeleként fordulnak elő, *adneti fácies* néven különítette el az általában héjas példányokkal képviselt *Ammonites*-faunával, egyben pedig fekete mangános foltokkal, bekérgezésekkel, gumókkal s az agyagtartalom hiányával jellemzett ún. *tarka cephalopodás fáciestől*.

Az itt tárgyalt vörös cephalopodás mészkövet annak idején ugyancsak a tarka cephalopodás fáciessel azonosítottam (1934 [6]). Némi eltérés a *WÄHNER* által megadott jellegektől csupán abban mutatkozik, hogy az *Ammonites*-maradványok túlnyomórészt kőbelek s a héjas példányok alárendelten szerepelnek. Ebben a tekintetben tehát a szóban forgó mészkő *átmeneti jelleget* mutat az *adneti fácies* és a *tarka cephalopodás fácies* közt. *VADÁSZ* (1911 [23]) a Déli Bakonyban ugyancsak a tarka cephalopodás fácies kifejlődését mutatta ki.

Ilyen mangánfoltos mészkőnek az Északi Bakony más pontján való előfordulásáról is megemlékeztem régebben (1931 [5]), s ugyanakkor rámutattam ezzel kapcsolatban arra is, hogy a fekete mangános foltok különösen ott jelentkeznek feltűnően, ahol a kőzetbe szerves maradványok ágyazódnak be. Egyik-másik *Ammonites*-kőből teljesen át van itatva a fekete mangános oldattal, sőt az idősebb kanyarulatokat egészen az embrionális kamráig a fekete mangán-oxidos anyag töltötte ki (*Kovács*, 1931 [5]; a *Coeloceras italicum Mgh.* egyedei).

Ez az érdekes tény a kérdések egész sorát veti fel s nézetem szerint igen fontos összefüggésekre világíthat rá bionómiai és ércgenetikai vonatkozásokban egyaránt. Honnan és milyen módon kerülhetett a mangánvegyület a tenger-vízbe? Miért éppen a szerves maradványok tűnnek ki a legnagyobb mérvű mangános átítatottsággal, vagy éppen bekérgezéssel? Milyen bionómiai, vagy kémiai okok játszottak közre a mangánvegyület kicsapódásában és feldúsulásában? Mi lehetett az *Ammonites*-házak sorsa az állat elpusztulása után? A felvetődő kérdések mellett nem mehetünk el szó nélkül, hanem megkíséreljük az adott tények lehetséges következtetéseit levonni.

A Káváshegy liász üledéksorának a *domérinél* idősebb tagjaiból vett kőzetminták vegyi elemzése, amelyet MARTON (1947 [17]) végzett el, mangántartalmat nem mutatott ki. Viszont a *doméri* vörös cephalopodás mészkő mangántartalmát a szétszórta, főleg pedig a szerves maradványok beágyazódási pontjain jelentkező fekete mangános foltok közvetlenül jelzik. A *doméri* üledékek fekvő sorozatában tehát *elsődleges mangánforrás nincs*, amelyből a tarka cephalopodás fáciesű mészkő foltos mangánkiválását, mint kislevegű másodlagos feldúsulást, levezethetnénk. Nem gondolhatunk tehát arra, hogy e jelenséget itt tenger alatti mállási folyamatokkal, HUMMEL szerint *halmirolízissel*, vagy HEIM (1924 [4]) értelmezésében *exézióval* hozzuk kapcsolatba. Ha a fent mondotakkal ellentétben meg is lenne a tárgyi alapja az ilyen feltevésnek, semmiképpen sem támogatná ezt a vörös cephalopodás mészkőnek a fekélyképződésményekkel való összefüggése, a mangános foltok szétszórta fellépése, főként pedig az a tény, hogy a mangános kiválással éppen a szerves maradványok a legerősebben átitatottak. Itt tehát nem az a helyzet, mint a közeli eplényi mangánbánya területén, ahol VADÁSZ (1952 [24]) az üledékképződésben jelentkező *omissziót* szélesebb skálájúvá tevő *ablúciós, exéziós* folyamatokra utal.

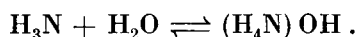
A mangánvegyületnek tehát kétségkívül a *tengervízből elsődlegesen történt kiválásával* van dolgunk s ennek a folyamatnak feltétlenül valamilyen köze volt az elpusztult és a *tengerfenéken bomló állati szervezethez*. Ez pedig azt jelenti, hogy a *doméri* időszakaszban a tengervíz már olyan koncentrációban tartalmazhatta az oldott mangánvegyületeket, hogy az a töménységi fok adott esetekben, a kellő feltételek egyidejű jelenléte mellett, már lehetővé tette oldhatatlan mangánvegyület kicsapódását.

Az eddigiekben utaltunk arra, hogy a liász üledéksor minőségéből, az idősebb tagoktól a fiatalabbak felé haladva, többek közt az *éghajlat fokozódó csapadékos jellege*, illetve a korábban túlsúlyban volt fizikai mállással szemben a *kémiai mállás fokozódó előtérbe jutása* tükröződik. E folyamat, mint már említettem, a *doméri* időszakaszban érhetette el tetőfokát, amikor a szárazulatok főleg bázisos eruptív és metamorf kőzeteinek fokozott kémiai mállása, egyben a bőséges csapadékvizek fokozott kilúgzó hatása igen nagy mennyiségű oldott mangánvegyületet juttathatott a tengervízbe. Ennek a *mangánkoncentrációja* így erősen megnövekedhetett.

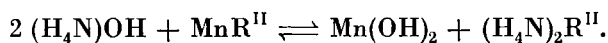
SZÁDECZKY-KARDOSS (1955 [21]) a mangánkiválás lehetőségeit fejtegetve rámutat arra, hogy ha a szárazföldről nagyobb tömegű fokozott mangánoldóképességű víz kerül be a tengervízbe, szükségképpen több mangánt is juttat be oda s így feltételezhető, hogy a nagy mangánércképző időkben a tengervíz oldott mangántartalma is fokozódik. Az erősen nedves, csapadékos éghajlatú *doméri* időszakasz megnövekedett mangánkoncentrációjú tengerében, az oldatokban érvényesülő törvény értelmében, az oldott mangánvegyület egyenletesen igyekezett eloszlni a diffúzió révén, amit a tengervíz különböző fokú mozgathatósága is támogatott.

Ott, ahol az egyébként csendes vizű tengerfenéken, még a kismérvű vízmozgatottság szempontjából is védett helyzetet biztosító, kisebb mélyedésekben elpusztult állati szervezet, a mi esetünkben *Ammonites* teteme, indult bomlásnak, ez a folyamat olyan kémiai feltételeket hozhatott létre, amelyek mellett bekövetkezhetett a tengervíz oldott mangántartalmának a kicsapódása.

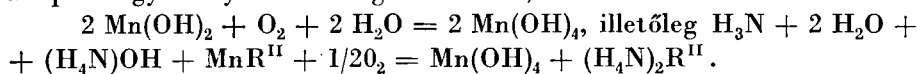
Tekintettel arra, hogy az elpusztult szervezetek bomlása alkalmával képződő kénhidrogén a mangánvegyületek oldatában csapadékot nem hoz létre, ennek a szerepével itt nem számolunk. Fontosabbnak tűnik azonban egy másik bomlási termék, az *ammónia*, amely a vízben *ammóniumhidroxidként* oldódik:



Ez pedig a mangánvegyületek oldatából vízben nem oldódó *mangán(II)hidroxidot* csap ki:



Mint ahogy azonban a $(\text{H}_4\text{N})\text{OH}$ *disszociációfoka* alacsony s a $(\text{H}_4\text{N})\text{OH}$ és a mangán(II)vegyület egymásra hatásában egyensúlyi állapotra való törekvést kifejező *reverzibilis folyamat* következik be, a mangán(II)hidroxid leválása nem lehetne tökéletes. Viszont ez utóbbi oxigén jelenlétében hamar megbarnul, *mangán(IV)hidroxiddá* oxidálódik s ennek következtében kiesik a folyamatból, amely most már a *kiesések állandósulásával*, illetve a $(\text{H}_4\text{N})\text{OH}$ disszociációs állapota egyensúlyának a megbomlásával, *irreverzibilissé* válik:

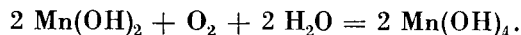


SZÁDECZKY-KARDOSS (1955 [21] p. 387) rámutat arra, hogy a mangánkicsapódást a tengervíz p_{H} -foka döntően befolyásolja, amennyiben a Mn-ionok, hidroxidos formában, p_{H} 8,3-ig oldatban maradnak, míg a Fe-ionok már jóval alacsonyabb p_{H} mellett kiválnak. A mangánvegyületek tehát jobban oldódnak a vasvegyületeknél s a Mn-ionok kiválását a közeg lúgossá válása indítja meg.

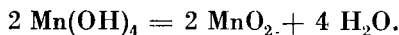
A csendes tengerfenéken bomlásban levő *Ammonites*-tetemmel közvetlenül érintkező víz p_{H} -ját a bomlás következtében keletkező ammóniumhidroxid felemelhette arra a fokra, amely már kedvező a mangánkiválás megindulása szempontjából. Feltételezhető ugyanis, hogy a *doméri* időszakaszbeli, kellően átszellőzött, „*félfriss*” tengerfenék p_{H} -értéke általában 8 körül mozgott. Bár az ammóniumhidroxid disszociációfoka alacsony, azonban az $(\text{OH})^-$ ionoknak a *mangánkicsapás során történt lekötődése megbontotta az ammóniumhidroxid disszociációs állapotának egyensúlyát*, ami állandóan újabb molekulák disszociációját vonta maga után az egyensúlyi állapot biztosítása érdekében. Ez biztosíthatta a *mangánkicsapódás folyamatosságát*.

Ugyanakkor pedig a mangánkicsapódás az oldott *mangánvegyület koncentrációjának egyensúlyát bontotta meg*. A kicsapódás helyén csökkent a Mn-ionok koncentrációja s most ennek helyreállítása érdekében a nagyobb koncentrációjú környezet felől fokozott *diffúzió* történt a kicsapódási hely felé, amely újabb és újabb Mn-ionokat juttatott oda. Ez a *diffúziós áramlás* biztosította a kicsapódó *mangán helyi feldúsulását*. Ez a folyamat mindaddig tartott, amíg az állati test bomlása biztosította az ammóniautánpótlást, illetve az ammóniumhidroxid képződését.

Az *Ammonites*-ház lakókamraszakaszában kicsapódott $\text{Mn}(\text{OH})_2$, illetve $\text{Mn}(\text{OH})_4$ a bomló állattest kiszakadása után, a fentebb hivatkozott hamuházai *Coeloceras italicum Mgh.* egyedeit tekintve (KOVÁCS, 1931 [5]), a szifónyíláson keresztül bejuthatott a ház kamrázott részébe is, egészen az embrionális kamráig. Majd pedig mészszipap töltötte ki az egész ház belsejét, amely mészszipap a korábban behúzódott mangánhidroxidgéllal részben keveredett. Feltételezhető ugyanis, hogy a még *megfelelő redoxpotenciállal* jellemzett „félfriss” tengerfenéken, ahol SCHMIDT (1935 [19]) szerint az oxigén százalékos értéke 100—50-re becsülhető, az ilyen módon kivált *mangán (III.) hidroxid* mindjárt *mangán (IV.) hidroxiddá oxidálódott*:



Majd pedig az így létrejött mangán(IV)hidroxid molekulák az egymásra halmozódó üledékek tömörítő hatására végbement *diagenézis során vízvesztéssel együttjáró szerkezeti változást* szenvedtek s *piroluzittá* alakultak át:



Az *Ammonites*-maradványok egy része nincs mangánnal átítatva. Ugyanis ha az állat elpusztulása alkalmával a tengerfenék olyan pontjára került, ahol a kicsinymértékű vízmozgás a bomlás folyamán képződő H_3N , illetve $(\text{H}_3\text{N})\text{OH}$ koncentrációját a mangánkiválás szempontjából megkívánt minimum alá szoríthatta, gyakorlatilag nem került sor a mangán(IV)hidroxid kicsapódására, illetve feldúsulására.

A mondottakkal kapcsolatban jogosan vetődhetik fel a kérdés, hogy a vázolt folyamatban nem kell-e baktériumtevékenység beiktatásával is számolnunk s ha igen, akkor milyen mértékben és milyen módon kapcsolódik be a mangánérékválás folyamatába.

Baktériumtevékenység közvetítésével ilyen természetű kiválások ismeretesek, mindamellert a kérdés rövid úton való eldöntése adott esetben nem könnyű. KUENEN (1950 [16]) idevonatkozóan megjegyzi: „Míg a mangán az eredeti kőzetekben 0,17% átlagértéket ér el, addig a kontinentális üledékekben csupán 0,01%-ot; természetesen kilúgzódik és oldatban szállítódik a tengerbe.

Több tény hatásosan mutat arra, hogy a kontinentális üledékekből való kilúgzás ellenpárját a mélytengerekben való kicsapódás képezi. Bár a mangán kicsapódásában a baktériumok aktivitása nincs kizárva, általában úgy fogják föl, hogy a mangán fokozatos oxidációja alkálikus környezetben vezet lera-kódáshoz." A fentiekben kifejtett elméleti elgondolás nagy vonásokban egyezik KUENEN előbb idézett megjegyzésével. Az a kérdés tehát, hogy baktériumtevékenységgel számoljunk-e, s ha igen, csupán a szerves anyag rothadását okozó s így majd a diffúziós áramlást előkészítő ammónia keletkezését elősegítő, vagy pedig egyenesen az oldott mangánvegyületet elbontó s így a mangánt közvetlenül kicsapó baktériumtevékenységet vegyünk-e figyelembe, még tisztázásra szorul s további körütekintő vizsgálatokat igényel.

Fentebb már utaltam arra, hogy az Északi Bakony említett pontjain megfigyelt vörös, gumós, mangánfoltos cephalopodás mészkő az ősmaradványok tekintetében átmenet az adnėti fácies és a típusos tarka cephalopodás fácies közt. A mangános átítatottságtól mentes *Ammonites*-maradványok általában kőbelek, míg a mangánosan átítatottak közt több héjas példány is akad. SCHMIDT (1935 [19]) utal WEGNER nézetére, amely szerint az *Ammonites*-házak még a lég- és lakókamrák iszappal vagy mészpáttal való kitöltődése előtt beágyazódtak a fenékiszapba, ami a valósággal ellentétben gyors üledékképződést tételezett volna föl. A *doméri* időszakasz cephalopodás bakonyi tengerében is lassúbbá válhatott az üledékképződés a korábbi időszakaszokhoz képest, bár annak feltételei lényegesen mások lehettek, mint amilyenek a posidonomyás palákat lerakó későbbi német liáztengerben kialakultak. A lelassult üledékképződésre vall az, hogy a tengerfenéken heverő *Ammonites*-házak betemetődése hosszú időn át nem történt meg, ami módot nyújtott a különben is vékony, aragonitanyagú váz feloldódására. Ennek iszaptölteléke pedig, később mint kőmag, csak a fenékiszapba süllyedt alsó felületén őrizte meg az egykori váz alaktani jellegzetességeit, míg a szabadon álló felső felület elmosódott határokkal beleolvadt a ráarakódó iszaptömegbe, ill. az abból képződött kőzetanyagba.

Sokan éppen az *Ammonites*-házak mészanyagának utólagos feloldódásában látják egyik bizonyítékát annak, hogy a vörös cephalopodás mészkő mélyebb tengeri lerakódás. SCHMIDT H. rámutat arra, hogy csendes vízben feloldódhatik a mézst tartalom, amit a csendes vizű cephalopodás tengerre alkalmazva is elképzelhetünk anélkül, hogy a fentebbiekkel ellentmondásba kerül-nénk. Ugyanis a csendes víz p_H -fokának süllyesztésére törekvő CO_2 felhalmozódását éppen a mészanyag bizonyos fokú oldódása ellensúlyozhatja, ami végső fokon a p_H -érték *dinamikus egyensúlyi állapotát*, tehát a tengervíz közömbös p_H -értékét biztosíthatja. Ilyen összefüggésben volna magyarázható a cephalopodás tenger lassúbbá vált üledékképződése is, amit egyébként a vörös cephalopodás mészkőrétegeknek (12) a korábbi időszakaszok lerakódásaihoz viszonyított kisebb vastagsága is sejtett. Ilyen értelemben az üledékképződés

nem tarthatott lépést a tengermedence lassú süllyedésével, tehát számolnunk kell a *doméri* időszakasz cephalopodás tengerének bizonyos fokú kimélyülésével. Ez azonban a *neritikum* határán belül maradt, mint fentebb már rámutattam a mészkő egykori algavegetációra utaló gumós szerkezetével kapcsolatban.

A vékony *Ammonites*-házak aránylag könnyen oldódó aragonitanyaga csak abban az esetben nem oldódott fel, ha az állati test bomlása folyamán képződött *mangán (IV)hidroxidgél vékony kolloid rétege* vonta be a ház külső felületét s így megvédte. Erről tanúskodnak a mangánbekerkezéses héjas *Ammonites*-példányok. Ha ez nem következett be s a mangán(IV)hidroxidgél csupán a ház belsejét töltötte ki, a ház anyaga nem kerülhette el a feloldódást, mint azt a mangánosan átítatott *Ammonites*-kőbelek bizonyítják.

Az elmondottak kétségkívül feleletet adnak egyben arra a korábban sokat vitatott kérdésre is, hogy vajon az *Ammonites*-házak az állat elpusztulását követően az állattesttel együtt mindjárt lesüllyedtek-e a tengerfenékre, vagy pedig az üres vázak még jó ideig lebegve a vízszínen s a tengervíz mozgása révén szétszóródva, csak jóval később süllyedtek le és ágyazódtak be a tengerfenéken, egykori élethelyüktől távol. A mangános átítatottságú, bekerkezésű *Ammonites*-maradványokat tekintve semmiképpen sem képzelhető el, hogy a tengerfenékre süllyedt, vízzel telt pusztá váz egymagában hordozója lett volna azoknak az okoknak, amelyek a vele közvetlenül érintkező közegben a mangánkiválást eredményező jelentékeny kémiai változást idézhették elő. Ilyen okok *csakis a házzal együtt lesüllyedt állati test bomlása folyamán* léphettek fel. E tény félreérthetetlen bizonyítéka annak, hogy nem lehetett szó a felszínen nagy mennyiségben lebegő üres *Ammonites*-házaknak a tengervíz mozgása révén történt szétszóródásáról, mint erre, más szempontból nézve, már fentebb is rámutattam (1964 [15]).

IRODALOM

1. BEYSLAG, F.—KRUSCH, P.—VOGT, J. H. L.: Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. 2. Erzlagerstätten. Stuttgart 1921.
2. DEECKE, W.: Mitteleuropäische Meeresströmungen der Vorzeit. *Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math. Naturw. Kl. Abt. A.* (1923) I. Abhandl.
3. DIENER, C.: Lebensweise und Verbreitung der Ammoniten. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.* 2. (1912).
4. HEIM, ARN.: Über submarine Denudation und chemische Sedimente. *Geol. Rundschau.* 15. (1924).
5. KOVÁCS, L.: Adatok az Északi Bakony juraképződményeinek ismeretéhez. *Közl. a debreceni Tisza I. Tud. egyet. ásv.-földt. int.-ből* 1. (1931).
6. KOVÁCS, L.: Ammoniteszfauna a bakonyi Káváshegy középső-liászkorú üledékeiből. *Földtani Közl.* 64. (1934).
7. KOVÁCS, L.: A Lókuti-domb liázképződményeinek sztratigráfiai viszonyai. *Tisia* (1936) 1. — *Közl. a debreceni Tisza I. Tud. egyet. ásv.-földt. int.-ből* 7. (1936).
8. KOVÁCS, L.: Monographie der liassischen Ammoniten des Nördlichen Bakony. Anhang: Stratigraphie der Jurabildungen. *Geologica Hungarica. Ser. Pal.* 17. (1942).
9. KOVÁCS, L.: A Káváshegy jurakorú üledékeinek sztratigráfiai és mikrotektonikai viszonyai. Beszámoló a Földt. Int. vitatüléseinek munk.-ról (1943) 5. Nr. 1. — *Földt. Int. Évi Jelent.* 1945—47-ről 2. (1951).

10. KOVÁCS, L.: Die mesozoische Paläogeographie Transdanubiens. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 18. (1955).
11. KOVÁCS, L.: Die charakteristischen Züge der Lebensweise der Ammoniten mit Hinsicht auf die Faziesbestimmung. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 19. (1956).
12. KOVÁCS, L.: Manganerz ausscheidung in den jurassischen Ammonitenmeeren. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 19. (1956).
13. KOVÁCS L.: Bionómiai kérdések a bakonyi juratengerrel kapcsolatban. *Nehézip. Műsz. Egyet. Közl. Miskolc* 6. (1961).
14. KOVÁCS L.: A bakonyi juratenger kávéshégy—lókúti részének bionómiai vonatkozásai a fáciesváltozások tükrében. I. rész: A legalsó (hettangi) liásképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Oszt. Közl.* 32. (1963).
15. KOVÁCS L.: A bakonyi juratenger kávéshégy—lókúti részének bionómiai vonatk. stb. II. rész: A fiatalabb (szinémuri—lotharingiai) alsó liásképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Oszt. Közl.* 35. (1965).
16. KUENEN PH. H.: Marine Geology. New York—London 1950.
17. MARTON M.: A Kávéshégy liászkorú mészköveinek közettani vizsgálata. (Doktori disszertáció, kézirat.) Debrecen 1947.
18. PIA, J.: Geologische Studien im Höllengebirge und seinen nördlichen Vorlagen. *Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst.* (1912).
19. SCHMIDT, H.: Die bionomische Einteilung der fossilen Meereshöden. *Fortschr. d. Geol. u. Pal.* 12. (1935).
20. SCHMIDT, H.: Bionomische Probleme des Deutschen Lias-Meeress. *Geol. d. Meere u. Binnen-gewässer.* 3. (1939).
21. SZÁDECZKY-KARDOSS E.: Geokémia. Budapest 1955.
22. TELEGDY ROTH K.: Adatok az Északi Bakonyból a magyar középső tömeg fiatalmezozoós fejlődéstörténetéhez. *Magy. Tud. Akad. Mat. és Term. tud. Ért.* 52. (1934).
23. VADÁSZ E.: A Déli Bakony jurarétegei. A Balaton tud. tanulm. eredm. I. 1. rész. Függs.: a Balatonmellék palaeont. III. 9. közl. Budapest 1911.
24. VADÁSZ E.: A bakonyi mangánérképződés. *VI. Oszt. Közl.* 5. (1952).
25. VADÁSZ E.: Magyarország földtana. Budapest 1952.

A DINAMIKAI HASONLÓSÁGRÓL

HORVÁTH IMRE

VÍZGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

[Beérkezett 1964. május 12-én]

Szerző e tanulmányában meghatározta a dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli számok rendszerét (II. táblázat). A dinamikai hasonlóságra jellemző 15 dimenzió nélküli számot — a hasonlóság klasszikus értelmezése szerint — mint kismintatörvényeket jellemezte.

Igazolást nyert, hogy a tehetetlenségi-, nehézségi-, sűrűlási-, nyomó-, rugalmassági- és kapilláris-erők figyelembevételével öt egymástól független dimenzió nélküli szám képezhető, amelyek algebrai értelemben a dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli változók csoportjának bázisrendszerét képezik. A csoport elemei geometriai értelemben öt-dimenziós pontrács rácpontjaiként értelmezhetők [1].

Általánosságban a bázisrendszer elemei közti függvénykapcsolat egyenértékű szerző korábbi tanulmányában bevezetett invariáns-függvénnyel. Az invariáns-függvények matematikai szempontból empirikus (kísérlet-sorozat alapján felírt), félig empirikus (csupán az egyenlet állandóit határozzuk meg kísérlettel, az egyenlet általános alakja elméleti megfontolásokból adódik), vagy elméleti összefüggéseknek tekinthetők. Egy tetszőleges folyamat invariáns-függvénye az invariancia feltételi egyenleteivel a jelenség kismintatörvénye, amelyből az átszámítási tényezők is meghatározhatók. Az a tény, hogy az invariáns függvényt alkalmazzuk kismintatörvényként, azt a lehetőséget rejti magában, hogy a vizsgált folyamatot befolyásoló minden változót — erőhajtást — egyidejűleg figyelembe vehetünk. Ez pedig a kismintákból nyert adatok pontosabb átszámítását teszi lehetővé.

I. Bevezetés

Két jelenség *dinamikailag* akkor hasonló, ha térben és időben egymásnak megfelelő pontokban a folyamatra jellemző erők aránya állandó:

$$\frac{P'_1}{P''_1} = \frac{P'_2}{P''_2} = \dots = \frac{P'_i}{P''_i} = \text{konst.}$$

A hidromechanikában leggyakrabban szereplő P_i erőket, illetőleg az erők definícióját az I. táblázatban tüntetjük fel.

P_i	a mechanikai folyamatban szereplő tetszőleges erő,
l	jellemző hossz méret,
t	idő,
v	jellemző sebesség,
ρ	sűrűség,
g	gravitációs gyorsulás,
γ	fajsúly,
η	dinamikai viszkozitás,
ν	kinematikai viszkozitás,
$\Delta P = P_1 - P_2$	nyomáskülönbség,

E	rugalmassági modulus,
φ	fajlagos felületi feszültség,
ω	szögsebesség,
π_i	dimenzió nélküli szám,
D_i	i -edik determináns,
λ_t	a megfelelő idők aránya,
λ_γ	a megfelelő fajsúlyok aránya,
λ_v	a megfelelő kinematikai viszkozitások aránya,
λ	a megfelelő hosszak aránya,
$\lambda_{\Delta p}$	a megfelelő nyomáskülönbségek aránya,
z	a csőben áramló víz henger sugara,
Fr	Froude-szám,
Re	Reynolds-szám,
Eu	Euler-szám,
$Ca-Ra$	Cauchy—Rayleigh-szám,
We	Weber-szám.

(Az egyvesszős jelek a főkvitelre, a kétvesszős jelek a kisminta adataira vonatkoznak.)

I. táblázat

*A hidromechanikában leggyakrabban szereplő erők**

	Az erő megnevezése	Jele	Definíciója
1	Tehetetlenségi erő	P	$\rho \cdot l^3 \frac{dv}{dt}$
2	Nehézségi erő	G	$\gamma \cdot l^3$
3	Súrlódási erő	S	$\eta \frac{dv}{dz} \cdot l^2$
4	Nyomó erő	N	$\Delta p \cdot l^2$
5	Rugalmassági erő	R	$E \cdot l^2$
6	Kapilláris erő	K	$\varphi \cdot l^2$

* A tehetetlenségi erő definíciója és a hasonlósági transzformáció alapján belátható, hogy P arányos a $\rho \cdot l^2 \cdot v^2$ szorzattal.

Megjegyezzük még, hogy a *centrifugális erő* a tehetetlenségi erőnek csupán egyik formája, és ugyancsak a $\rho \cdot l^2 \cdot v^2$ összefüggéssel jellemezhető. Ez esetben v helyére bevezethető az $l \cdot \omega$ szorzat. Ily módon például a *Froude-szám* $Fr = l \cdot \omega^2/g$ alakú lesz.

2. A dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli csoportok rendszere

A dinamikai hasonlóság elemzéséről lévén szó, a jellemző dimenzió nélküli számokat — a klasszikus módszernek megfelelően — az erők arányával képezzük [8., 11., 12., 13].

A fenti hat erő figyelembevételével tizenöt dimenzió nélküli szám képezhető. Szemléletesség kedvéért a dimenzió nélküli számokat táblázatban mutatjuk be (II. táblázat). A táblázat első sorában és első oszlopában az erők szere-

pelnek. Tetszőleges π_i dimenzió nélküli csoport a vele azonos sorban, illetőleg oszlopban levő erők arányából adódik. A π_i értéke az erők arányán túlmenően a dimenzió nélküli csoportok közti összefüggés alapján is kiszámítható. Pl.:

$$\pi_1 = \frac{P}{G} = \frac{\pi_1}{1} = \frac{\pi_1}{1} = \frac{\pi_2}{\pi_6} = \frac{\pi_3}{\pi_7} = \frac{\pi_4}{\pi_8} = \frac{\pi_5}{\pi_9},$$

vagy

$$\pi_{10} = \frac{S}{N} = \frac{\pi_3}{\pi_2} = \frac{\pi_7}{\pi_6} = \frac{\pi_{10}}{1} = \frac{\pi_{10}}{1} = \frac{\pi_{11}}{\pi_{13}} = \frac{\pi_{12}}{\pi_{14}}.$$

II. táblázat

A dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli csoportok rendszere

	P	G	S	N	R	K
P	1	$\pi_1 = \frac{v^2}{g \cdot l}$	$\pi_2 = \frac{v \cdot l}{\nu}$	$\pi_3 = \frac{\rho \cdot v^2}{\Delta p}$	$\pi_4 = \frac{\rho \cdot v^2}{E}$	$\pi_5 = \frac{\rho \cdot l \cdot v^2}{\varphi}$
G	π_1^{-1}	1	$\pi_6 = \frac{g \cdot l^2}{\nu \cdot v}$	$\pi_7 = \frac{\gamma \cdot l}{\Delta p}$	$\pi_8 = \frac{\gamma \cdot l}{E}$	$\pi_9 = \frac{\gamma \cdot l^2}{\varphi}$
S	π_2^{-1}	π_6^{-1}	1	$\pi_{10} = \frac{\eta \cdot v}{\Delta p \cdot l}$	$\pi_{11} = \frac{\eta \cdot v}{E \cdot l}$	$\pi_{12} = \frac{\eta \cdot v}{\varphi}$
N	π_3^{-1}	π_7^{-1}	π_{10}^{-1}	1	$\pi_{13} = \frac{\Delta p}{E}$	$\pi_{14} = \frac{\Delta p \cdot l}{\varphi}$
R	π_4^{-1}	π_8^{-1}	π_{11}^{-1}	π_{13}^{-1}	1	$\pi_{15} = \frac{E \cdot l}{\varphi}$
K	π_5^{-1}	π_9^{-1}	π_{12}^{-1}	π_{14}^{-1}	π_{15}^{-1}	1

A szabályszerűség a táblázat alapján követhető, bármelyik dimenzió nélküli szám képzésénél. A táblázatban szereplő mennyiségek a determinánsok főtengeleyének megfelelő tengelyre nézve — eltekintve a —1 kitevőtől — szimmetrikusan helyezkednek el. (E táblázatos összeállítás előnyei a továbbiakban még inkább kifejezésre jutnak.)

3. A dimenzió nélküli csoportok, mint kismintatörvények

A hasonlóság-elméletben, illetőleg annak gyakorlati alkalmazásában, a kismintakísérletezésben az egyes dimenzió nélküli számokat alkalmazzuk — azok invariáns jellegénél fogva — a méretnövelés feltételi egyenleteként. A továbbiakban tekintsük végig a II. táblázat egyes dimenzió nélküli csoport-

jait, amelyek az egyes mechanikai feladatok kismintakísérleti megoldásában kismintatörvények gyanánt szerepelhetnek.

A π_1 , π_2 , π_4 és π_3 számok a közismert *Froude*, *Reynolds*, *Cauchy-Rayleigh* és *Weber*-számok. A π_3 pedig az *Euler*-szám reciproka. E dimenzió nélküli számoknak, mint kismintatörvényeknek az alkalmazása a kismintakísérletezéssel foglalkozó nagyszámú hazai és külföldi irodalomban megtalálható [8–13.].

A π_6 szám a hazai irodalomban a *Mosonyi-Kovács* féle kismintatörvény néven ismert szám reciproka, amely a depressziós felület alatt levő szivárgási tartományok leképezésére alkalmas a kismintában és a fő kivételben azonos szemcseméret alkalmazása esetén [9].

A π_7 dimenzió nélküli szám az áramló folyadékok és gázok mozgásánál fellépő nyomásesés reciproka.

A π_8 invariánst a nehézségi és a rugalmassági erő hatása alatt levő *tartószerkezetek kismintavizsgálatánál* alkalmazzák a méretnövelés feltételi egyenleteként [2].

A π_9 dimenzió nélküli szám a nehézségi és a kapilláris erők együttes működését reprezentálja. Mivel e két erő együttes szereplése a műszaki feladatokban viszonylag ritkább, ezért a π_9 a gyakorlati kismintakísérletezés területén nem túl jelentős. Szerző véleménye szerint a π_9 szám a háromfázisú talajban levő ún. *függő* kapilláris víz statikus állapotjellemzőinek kismintában történő meghatározásakor, illetőleg a talajvíz álló kapilláris tartományainak leképezésekor alkalmazható kismintatörvény gyanánt.

A π_{10} a súrlódási és a nyomóerők együttes működését reprezentálja. Mivel $\pi_{10}^{-1} = Eu \cdot Re$ összefüggés fennáll, igazolható, hogy π_{10} kismintatörvényként alkalmazható, például körkeresztmetszetű csőben végbemenő lamináris áramlás esetében [3].

A π_{11} szám akkor alkalmazható a méretnövelés feltételeként, ha a kérdéses folyamatot befolyásoló fő erők a súrlódási és a rugalmassági erők. Ez az eset fordul elő nagy nyomás alatt egyenletes egyenes vonalú mozgást végző nagyviszkozitású folyadék áramlásakor.

A π_{12} a szerző korábbi tanulmányában bevezetett *I* számmal azonos, amely a talajban levő kapilláris szivárgási tartomány jellemzésére alkalmazható, a kismintában és a valóságos méretű műtárgyban azonos szemcseösszetételű talaj alkalmazása esetében [5].

A π_{13} a Δp nyomáskülönbségnek és az *E* rugalmassági modulusnak az aránya, tehát geometriai és kinematikai változóktól mentes. Ily módon π_{13} invarianciája akkor is fennáll, ha a geometriai és a kinematikai hasonlóság, feltételei nem teljesülnek. A π_{13} kismintatörvény gyanánt alkalmazható, pl. az építőanyag vizsgálatában alkalmazott *törési kísérletekben*.

A π_{14} és a π_{15} számoknak mint invariánsoknak az alkalmazása a gyakorlatban ritkán fordulhat elő, mivel a megoldandó feladatokban a nyomó-

erő, illetőleg a rugalmassági erő a kapilláris erővel domináló jelleggel nem párosul.

A fentiekben röviden áttekintettük a dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli számokat. Általánosságban mondható: egy-egy feladat megoldásakor fizikai megfontolások alapján kiválasztott kismintatörvény érvényességét célszerű minden esetben kísérletekkel igazolni.

Megjegyezzük azt, hogy ha a dimenzió nélküli csoportokban szereplő Δp nyomáskülönbség a nehézségi erőből származik, akkor annak a helyére a γl szorzat helyettesíthető. Ez esetben π_3 azonos π_1 -el, $\pi_7 = 1$, π_{10} azonos π_6 reciprok értékével, π_{13} azonos π_8 -al, és π_{14} azonos π_9 -el. Tehát a II. táblázat N nyomóerővel jellemzett sora és oszlopa elhagyható, mivel azt a G nehézségi erővel jellemzett sor, illetőleg oszlop helyettesíti.

A fentiek szerint a II. táblázatban szereplő dimenzió nélküli számok kismintatörvényként alkalmazhatók az egyes mechanikai feladatoknak kismintavizsgálattal történő megoldásakor.

*

A klasszikus hasonlóság-elmélet alkalmazásával azonban nagyon sok esetben a kísérletezés során akadályokba ütközünk — különösen összetettebb feladatok esetében —, ami főként abban nyilvánul meg, hogy a kérdéses jelenséget befolyásoló változókat, illetőleg az azokból képezhető dimenzió nélküli számokat nem vehetjük kivétel nélkül egyidejűleg figyelembe, mert akkor ellentmondásokhoz jutunk. A legismertebb példát említve: az olyan hidromechanikai jelenség esetében, amely a tehetetlenségi, nehézségi és súrlódási erők hatása alatt játszódik le, azaz a folyamat a *Froude*- és a *Reynolds*-számokkal jellemezhető — mint a hajóvontatási kísérletek esetében is —, e két dimenzió nélküli számból következő hasonlósági feltételek ($\lambda_1 = \lambda^{1/2}$, ill. $\lambda_1 = \lambda^2$, és az ezekből számítható többi fizikai mennyiség átszámítási tényezői is) ellentmondóak.

Adott esetekben a kutatók igyekeztek a nehézséget különböző módszerekkel áthidalni, mint William FROUDE a hajóvontatási kísérleteinél.

Bizonyos esetekben — a klasszikus hasonlóság-elmélet axiomáinak megtartásával — egyidejűleg számításba vehető két, esetleg több dimenzió nélküli szám is. Példának említhetjük itt azt a közismert kismintavizsgálati módszert, amelyben a különböző méretű rendszerekben (kisminta és a fő kivétel) eltérő minőségű anyagot (pl. áramló közeget) alkalmazunk. Ezáltal az egyes geometriai, kinematikai és dinamikai változók átszámítási tényezőinek szabadon történő megválasztásakor bizonyos mértékű szabadsági fokra tettünk szert. Ez azért lényeges, mivel a két, vagy több dimenzió nélküli számnak az egyidejű figyelembevételével ugyanakkor szabadsági fokot veszítettünk, hiszen azok mindegyike egy-egy megkötöttséget, feltételi egyenletet jelentett.

Lehetnek olyan feladatok is, amelyekben a különböző méretű rendszerekben alkalmazott anyagok minőségi azonossága mellett is egyidejűleg egynél több dimenzió nélküli csoport vehető figyelembe. Ez úgy adódik, hogy a megkötöttséget jelentő feltételi egyenletek (pl. a jellemző erők arányaiból adódó dimenzió nélküli számok) speciális esetekben több változót tartalmaznak, mint a II. táblázatban szereplő egyes dimenzió nélküli csoportok. Az itt felsorolt lehetőségek azonban nem általánosíthatók.

Szerző egy korábbi tanulmányában egy eljárás alapjait ismertette, amellyel a fenti nehézségek — véleménye szerint *általánosabban* — kiküszöbölhetők [5, 6, 7]. Ennek következménye természetesen az, hogy a klaszszikus hasonlóság-elmélet által előírt feltételeket adott esetben részben módosítani kell.

A tanulmány további része a javasolt módszer csoportelméleti vonatkozásait ismerteti.

4. A dimenzió nélküli csoportok között levő matematikai kapcsolat: az invariáns függvény

Valamely tetszőleges dinamikai folyamatot jellemezhetünk fizikai mennyiségekkel, vagy fizikai mennyiségekből alkotott dimenzió nélküli csoportokkal. A fentiekben tárgyalt hat erőhatás hat fizikai mennyiséget képvisel. Ezért a geometriai és kinematikai jellemzőkkel együtt a dinamikai folyamat általános egyenletét implicit formában az

$$f(l, v, \rho, \gamma, \eta, \Delta p, E, \varphi) = 0 \quad (1)$$

alakban írhatjuk fel. E nyolc fizikai változóval — a hosszúság, idő és tömeg alaplémértékrendszer figyelembevételével — alkotott dimenziómátrix rendszáma 3, ily módon e változókból öt független dimenzió nélküli szám képezhető. Ezek: a *Froude*-szám, a *Reynolds*-szám, az *Euler*-szám, a *Cauchy-Rayleigh*-szám és a *Weber*-szám. Tehát ebből következik, hogy az (1) összefüggéssel leírható dinamikai folyamat az

$$f_1(\text{Fr}, \text{Re}, \text{Eu}, \text{Ca}, \text{We}) = 0 \quad (2)$$

dimenzió nélküli függvénnyel is egyértelműen jellemezhető. (Megjegyezzük azt, hogy e fenti öt dimenzió nélküli változó mellett a gyakorlatban használatos összefüggésekben szerepelhetnek még ún. *szimplexek* is. A szimplexek egymű mennyiségek dimenzió nélküli viszonyát értjük.)

A továbbiakban felvetődik a kérdés, hogy a II. táblázatban szereplő 15 dimenzió nélküli csoportból kiválasztható-e másik öt szám, amelyekből a kér-

déses folyamat egyértelmű leírása érdekében a (2) egyenlettel egyenértékű invariáns függvény képezhető.

A két változórendszer egyenértékű, ha a rendszerek kitevőiből alkotott determinánsok ± 1 -gyel egyenlők [1].

Tekintsük először a Fr , Re , Eu , Ca és a We számokból álló változórendszert. E változók a II. táblázat első sorában szerepelnek. Nézzük meg azt, hogy a második sorban szereplő dimenzió nélküli számok rendszerével az egyenértékűség fennáll-e?

Mivel a

$$\begin{aligned}\pi_6 &= \pi_2 \cdot \pi_1^{-1}, \\ \pi_7 &= \pi_3 \cdot \pi_1^{-1}, \\ \pi_8 &= \pi_4 \cdot \pi_1^{-1}, \\ \pi_9 &= \pi_5 \cdot \pi_1^{-1}\end{aligned}\quad (3)$$

hatványkitevős összefüggések fennállnak, a kitevőkből alkotható determináns az alábbiak szerint képezhető:

$$D_1 = \begin{vmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \pi_3 & \pi_4 & \pi_5 \\ \pi_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \pi_6 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ \pi_7 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ \pi_8 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ \pi_9 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1.$$

Tehát a D_1 determináns értéke 1, ily módon a két változórendszer egyenértékű. Megjegyezzük azt, hogy a II. táblázat második sora π_1^{-1} tagjának -1 kitevőjét figyelmen kívül hagytuk, ami a determináns értékét csak előjelben módosítaná.

Hasonlóképpen igazolható, hogy a II. táblázat soraiból (vagy oszlopaiból) alkotható 15 változórendszer — alternatíva eleget tesz a

$$\begin{aligned}15 \\ D_i &= \pm 1 \\ i &= 1\end{aligned}\quad (4)$$

feltételnek. Ebből következik, hogy az

$$\begin{aligned}f_1(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) &= 0 \\ f_2(\pi_1, \pi_6, \pi_7, \pi_8, \pi_9) &= 0 \\ f_3(\pi_2, \pi_6, \pi_{10}, \pi_{11}, \pi_{12}) &= 0 \\ f_4(\pi_3, \pi_7, \pi_{10}, \pi_{13}, \pi_{14}) &= 0 \\ f_5(\pi_4, \pi_8, \pi_{11}, \pi_{13}, \pi_{15}) &= 0 \\ f_6(\pi_5, \pi_9, \pi_{12}, \pi_{14}, \pi_{15}) &= 0\end{aligned}\quad (5)$$

összefüggések a kérdéses dinamikai folyamatot egyértelműen leírják, illetőleg jellemzik. Természetesen e fenti hat dimenzió nélküli egyenleten kívül minden más — a II. táblázat alapján képezhető — változórendszer alkalmazható, ha a lineáris függetlenség feltételét kielégítő $D_i = \pm 1$ feltételnek eleget tesz. Gyakorlati, kísérleti szempontból ez a megállapítás felhasználható: mindig azt a változórendszert kell vizsgálni, amely gyakorlati, mérés-technikai szempontból előnyös, amelynél a változók kimérése egyszerűbb és pontosabb. Abban az esetben, ha a tehetetlenségi-, nehézségi-, súrlódási-, nyomó-, rugalmassági és kapilláris erők közül valamelyik a dinamikai folyamatot nem befolyásolja, akkor a II. táblázat megfelelő sora és oszlopa elmarad, és az (5) egyenletek is értelemszerűen módosulnak. Általánosságban ugyanez áll fenn akkor is, ha új erőhatás lép a folyamatba.

*

A dimenzió nélküli számok rendszere általánosságban *algebrai strukturának* tekinthető [1]. A dinamikai hasonlóságra jellemző dimenzió nélküli változók véges szabad *Abel*-féle csoportot alkotnak, mivel a csoportot jellemző axiómák által előírt feltételeknek eleget tesznek. (A csoport-axiómák és a csoport-elméleti fogalmak a vonatkozó irodalomban megtalálhatók [1., 4].) A π_i dimenzió nélküli változók a dinamikai rendszerre jellemző csoport elemei. A csoport *bázisrendszere* öt elemből áll, mivel az egymástól független dimenzió nélküli mennyiségek száma öt. A fentiekben már igazoltuk, hogy a II. táblázat egyes sorai (illetőleg oszlopai) — mint változórendszerek — teljesen egyenértékűek, így azok a csoportnak bázisai. A csoport tetszőleges eleme bármelyik bázisrendszerrel előállítható. A bázisrendszer képezi a kérdéses (esetünkben a tehetetlenségi-, nehézségi-, súrlódási-, nyomó-, rugalmassági- és kapilláris erők hatása alatt levő) folyamatot jellemző változókat, amelyekkel a rendszer egyértelműen leírható.

Szerző korábbi tanulmányában bevezette az *invariáns függvény* fogalmát, amelyet általánosságban a kérdéses folyamatot leíró alapegyenlet dimenzió nélküli alakjaként definiált [6]. A fentiek alapján belátható, hogy az invariáns függvény tulajdonképpen a bázisrendszer elemei közti függvény-kapcsolattal egyenértékű. Hiszen a bázis elemeivel a csoport bármely eleme kifejezhető, és így az invariáns függvény szintén csupán a bázis elemeit tartalmazza függvény formájában. Ily módon a két rendszer — a kisminta és a fő kivétel — között fennálló kapcsolatot, amely a méretnövelés feltételi egyenlete, a bázis elemei közti összefüggés jelenti az invariancia feltételi egyenleteivel együtt.

Szerző említett tanulmányában már részletesen kifejtette, de ismételtelen felhívja a figyelmet e méretnövelési módszer gyakorlati fontosságára és újszerűségére. A hasonlóság klasszikus értelmezése szerint a kérdéses folyamatra jellemző valamennyi dimenzió nélküli számnak azonosnak kell lennie a kismintában

és a valóságos méretű műtárgyban egyaránt. Azonban ennek gyakorlati megvalósítása a legtöbb esetben még két kismintatörvény egyidejű figyelembevételével sem lehetséges. Ezért a jellemző dimenzió nélküli számok függvénykapcsolatát képezzük, amely mint invariáns függvény a kismintában és a fő-kivitelben lejátszódó folyamatra egyaránt érvényes és ily módon lehetővé válik az átszámítási tényezők meghatározása is.

Az invariánsfüggvény érvényessége mellett nem követeljük meg, hogy az azt alkotó egyes dimenzió nélküli számok is kismintatörvényként szerepeljenek. Ezt általában nem is tudjuk megvalósítani. A gyakorlati szempontból azonban megengedhető, hogy az egyes dimenzió nélküli számok értékei *ne legyenek pontosan azonosak* a két különböző méretű berendezés esetében. Ez a hasonlóság klasszikus értelmezéséhez viszonyítva természetesen közelítést jelent. De azáltal, hogy az invariáns függvénnyel tetszőleges számú erőhatás figyelembe vehető, nagyobb pontosság érhető el az átszámítási tényezők meghatározásakor, mint ha csupán egyetlen dimenzió nélküli számot tekintenénk kismintatörvénynek. Természetesen az invariáns függvény akkor is érvényben marad, ha — pl. speciális esetekben — az alkotó dimenzió nélküli számok invariánsok. Ekkor a két különböző méretű berendezésben lejátszódó folyamat teljesen hasonló.

BENEDEK Pál és LÁSZLÓ Antal igazolták, hogy egy folyamatot leíró minimális számú változó eggyel kevesebb, mint a báziselemek száma [1]. Ennek oka az, hogy a báziselemek közötti függvénykapcsolat egy változót egyértelműen meghatároz. Azonban véleményem szerint önkényesen járunk el akkor, ha a bázis elemei közül bármelyiket is egyszerűen elhagyjuk, mert ez esetben az elhagyott elemet képező fizikai mennyiségekről azt állítanánk, hogy az a kérdéses folyamatot nem befolyásolja. Ez pedig nem állhat fenn, mert akkor már eleve a bázis elemei között sem szerepelhetne. Abban az esetben, ha valamely báziselem a folyamatot lényegesen nem befolyásolja, közelítéssel tényleg elhagyható. De általános esetben az egy változószám csökkenés mellett a bázisrendszer által eredetileg meghatározott fizikai mennyiségek továbbra is függvényei a folyamatnak.

Például, ha a bázisrendszer elemei közti összefüggés

$$c_1 Fr + c_2 Re = 0$$

alakú, (ahol c_1 és c_2 kísérleti állandók, Fr , illetőleg Re szám a bázis elemei), akkor a

$$c_1 \frac{Fr}{Re} + c_2 = 0$$

átalakítással a változók számát kettőről egyre csökkentettük. A Fr és Re számok által reprezentált fizikai mennyiségek azonban továbbra is az összefüggésben szerepelnek.

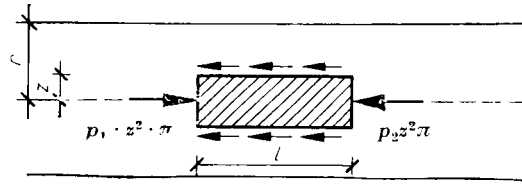
*

Az invariáns függvény alkalmazására, illetőleg a fentiek szemléltetésére a következő példát mutatjuk be.

Vízszintes körkeresztmetszetű csőben történő lamináris áramlás változói közti összefüggést a Hagen—Poiseuille-féle vetületi egyenlet adja (1. ábra):

$$(p_1 - p_2) \pi \cdot z^2 + \eta \frac{dv}{dz} \cdot 2\pi \cdot z \cdot l = 0. \quad (6)$$

A szeparálható differenciálegyenletet a szokásos integrálással történő megoldás helyett a hasonlóság-elmélettel is megoldhatjuk. Egyszerűsítések után



1. ábra

az egyenlet bal oldalának második tagjával végigosztva, az állandót c -vel jelölve és az elemi mennyiségeket a hasonlóság-elmélet alapján véges mennyiségekké transzformálva, a következő összefüggést kapjuk:

$$\left(\frac{v^2}{g \cdot z} \right) \left(\frac{v \cdot z}{l} \right)^{-1} \left(\frac{\Delta p}{\gamma \cdot l} \right)^{-1} = c, \quad (6a)$$

illetőleg

$$\pi_1 \cdot \pi_2^{-1} \cdot \pi_3 = c. \quad (6b)$$

E dimenzió nélküli összefüggés a kérdéses folyamat invariánsfüggvénye, és mint kismintatörvény a méretnövelés feltételi egyenlete. E példát szándékosan azért választottuk, mert a c állandó értékére már meglevő kísérleti eredmények vannak, amelyek igazolják, hogy valóban állandó. A (6a), illetőleg (6b) egyenletek tulajdonképpen az ismert $\lambda = \text{const}/\text{Re}$ összefüggéssel teljesen azonosak. (Ezúttal λ az ellenállási tényezőt jelenti.) A $\lambda \cdot \text{Re}$ szorzat, és így a $\pi_1 \cdot \pi_2^{-1}$ szorzat is tehát valóban állandó.

Példánk esetében ezzel igazoltuk, hogy

a) a (6a), illetőleg (6b) összefüggések érvényesek a kisminta és a valóságos méretű műtárgy esetében, és mint invariánsfüggvények a méretnövelés feltételi egyenleteként alkalmazhatók. Ha $\lambda_g = \lambda_v = \lambda_\nu = 1$, akkor

$$\frac{\lambda v}{\lambda \cdot \lambda_{\Delta p}} = 1,$$

továbbmenően, ha $\lambda_{\Delta p} = 1$, akkor

$$\lambda_\nu = \lambda;$$

b) a folyamat báziselemei a π_1, π_2, π_7 rendszer, amely a π_1, π_2, π_3 rendszerrel is egyenértékű az alábbiak szerint:

$$\begin{array}{c|ccc} & \pi_1 & \pi_2 & \pi_3 \\ \hline \pi_1 & 1 & 0 & 0 \\ \pi_2 & 0 & 1 & 0 \\ \pi_7 & -1 & 0 & 1 \end{array} \quad \left| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \right| = 1.$$

Hasonló megfontolások alapján belátható, hogy a turbulencia teljes tartományában érvényes invariánsfüggvény a Colebrook—White-féle összefüggés, csupán ez esetben a változók közti összefüggés kísérletek eredményéből származik. Ily módon a Colebrook—White-féle egyenlet a méretnövelés és az átszámítási tényezők meghatározásának feltételeként alkalmazható.

*

Amint az elméleti fejtegetéseinkből és az említett példákból is kitűnik, az invariáns függvény adott feladat esetében elméleti vagy kísérleti úton meghatározható. Véleményünk szerint a kísérleti meghatározás módszere különös jelentőséggel bír, mivel a gyakorlatban előforduló feladatok többségében a tisztán elméleti, matematikai módszer ritkábban lehet kielégítő.

Végezetül az empirikus jellegű invariáns függvények meghatározásával kapcsolatban néhány megjegyzést kívánunk tenni.

Ismeretes, hogy az (1) alakú függvénykapcsolat helyett a (2) dimenzió nélküli forma felírásával a változók száma csökken. Ez előnyös

- a) a kísérleti változatok csökkenthetősége szempontjából,
- b) a kísérleti adatok matematikai feldolgozásakor jelentkező munka csökkenése szempontjából.
- c) a törvényszerűségek dimenzió nélküli alakban történő felírása nagymértékben lehetővé teszi a kísérleti eredmények általánosíthatóságát.

Adott feladat esetén az invariáns függvény kísérleti meghatározásának néhány gyakorlati szempontját az alábbiakban foglaljuk össze:

1. A kérdéses természeti jelenség minőségi elemzésével — figyelembe véve a már meglevő elméleti, kísérleti eredményeket — meghatározzuk a folyamatot jellemző dimenziós változók csoportját.

2. A dimenzióanalízis és a csoport-elmélet tételeinek figyelembevételével kiválasztjuk a csoport bázisrendszerét és a dimenziós változókról dimenziómentes változókra térünk át.

3. A kísérletek során az egyes dimenzió nélküli számokat változtatjuk a gyakorlati feladat által meghatározott intervallumban. Ezen tartomány képezi majd az invariáns függvény érvényességi határait.

4. Az egyes dimenzió nélküli számok változtatása az őket alkotó bármelyik dimenziós változónak a meghatározott tartományban történő „befuttatásával” lehetséges. Gyakorlati, kísérleti és mérés-technikai szempontok

alapján dönthető el, hogy mely paramétereket változtassunk. (Amelyek könnyen változtathatók és pontosan mérhetőek). A könnyen és pontosan állandó értéken tartható paramétereket nem változtatjuk és ezeket csupán egyszer kell megmérni. Így a függvénykapcsolatban betöltött szerepüket a dimenzionális homogenitás szabja meg.

5. A kísérleti adatokat grafikusán vagy numerikusan feldolgozzuk, célszerűen kiegyenlítő, korrelációs számítási módszerekkel.

6. A dimenziós változók bázisrendszerének kiválasztásakor, tehát a dimenzió nélküli változók képzésénél már előre szem előtt kell tartani a matematikai feldolgozás módszerét. Grafikus feldolgozás esetében előnyös, ha az egyik dimenzió nélküli szám változása csak egyetlen másik dimenziómentes szám változását idézi elő, míg a többi állandó marad. Ez esetben a konstansok, hatványkitevők grafikusán, egyszerű módszerekkel meghatározhatók. Numerikus módszerek esetében pedig előnyös lehet az, ha az egyes dimenzió nélküli számok változása az összes többi szám változását eredményezi. Igaz ugyan, hogy ez esetben több számítási munka adódik (pl. többváltozós korrelációs kapcsolatok meghatározásakor), de ezzel szemben a kísérleti változatok száma — a kísérleti munka — esetleg csökkenthető. Hiszen egyetlen dimenziós változónak, mint báziselemnek a változtatásával több, esetleg minden dimenzió mentes szám változtatható.

7. A fentiek szerint egyes dimenziós változóknak a matematikai kapcsolatban betöltött szerepét azoknak meghatározott tartományban való „befuttatásával” határoztuk meg, míg az állandó értéken tartott paraméterek szerepét a dimenzionális homogenitás feltétele szabja meg. Hangsúlyozni kívánjuk, hogy ezen utóbbi lehetőség (tehát a dimenzionális homogenitás feltételének figyelembevételével történő kísérleti munka csökkenése) jelentős hibaforrást is rejthet magába. Ugyanis a kísérletek során nem változtatott paramétereknek a természeti törvényt leíró matematikai kapcsolatban betöltött szerepét csak akkor kapjuk meg helyesen, ha minden — a folyamatot lényegileg befolyásoló — változót figyelembe veszünk, még olyat is, amely gyakorlatilag állandó (pl. a nehézségi gyorsulás).

8. A kísérleti adatok matematikai feldolgozásával az invariáns függvény, a méretnövelés feltételi egyenletei meghatározhatók.

9. A tudományok legkülönbözőbb területein felállított dimenzió nélküli függvénykapcsolatok — az irodalomban használatos kifejezéssel élve: a kritériumos egyenletek — elméleti megfontolásaink szerint a kérdéses folyamat modelltörvényeként, a méretnövelés feltételi egyenleteként alkalmazhatók.

10. A fentiek alapján belátható, hogy az invariáns függvénynek modelltörvényként történő alkalmazhatósága nem csupán formállogikai úton vezethető le. Kísérletileg is igazolható, hogy az invariáns függvény érvényes a különböző méretű rendszerek esetében a meghatározáskor figyelembe vett tartományon belül.

IRODALOM

1. BENEDEK P.—LÁSZLÓ A.: A szabadsági fokról. *A Veszprémi Vegyipari Egyetem Közleményei*, 5. (1961), 197—265.
2. DÉNES O.: Tartószerkezetek modellkísérletei. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 6. (1951), 348—351.
3. DOLEZALIK, V.: Hasonlóság és modellezés a kémiai technológiában. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1962.
4. FLEISCHMANN, R.: *Naturwissenschaften* 41, (1954). 131.
5. HORVÁTH I.: Modelltörvény a főerőként működő kapilláris és surlódó erő közös figyelembevétele esetén. *Vízügyi Közlemények*, 4. (1961), 505—510.
6. HORVÁTH I.: A hasonlóságról. *Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények*, 1—2. (1963), 195—202.
7. HORVÁTH I.: Az invariáns függvény, mint a hasonlóság feltétele. *Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények*, 3—4 (1964), 551—568.
8. IVICSICS L.: Az invariánsszámok és meghatározásuk módjai. *Hidrológiai Közöny*, 9—10 (1953), 346—355.
9. MOSONYI E.—KOVÁCS GY.: Kismintatörvények a nehézségi és surlódó erők együttes figyelembevétele esetén. *Hidrológiai Közöny*, 7—8 (1952), 476—482.
10. NÉMETH E.: Műegyetemi „Hidromechanika”, c. előadása. 1958.
11. SALAMIN P.: Hidromechanika, *Egyetemi Jegyzet*, Budapest 1958.
12. WEBER, M.: Das Allgemeine Ähnlichkeitsprinzip der Physik und sein Zusammenhang mit der Dimensionslehre und der Modellwissenschaft. *Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft*, 3 (1930), 274—354.
13. WEBER, M.: Die Grundlagen der Ähnlichkeitsmechanik und Ihre Verwertung bei Modellversuchen. *Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft*, 7 (1919), 355—477.

GÁZTÁVVEZETÉK NYOMÁSENERGIÁJÁNAK HASZNOSÍTÁSA

FONÓ ALBERT

AZ MTA LEVELEZŐ TAGJA

[Beérkezett 1964. május 27-én]

Gáztávvezeték mentén a fogyasztási hely felé áramló gáz nyomása mind meredekebben csökken a kisebb nyomásnak megfelelő nagyobb gáztérfogat és nagyobb sebesség következtében. A fogyasztási hely előtti utolsó szakaszba beiktatott sűrítővel megnövelve a nyomást, csökken a súrlódási nyomásesés és az ezzel járó munkaveszteség. A fogyasztási helyre érkező gáz túlnyomását munkatermelésre hasznosítva, megtakarított súrlódási munkát nyerünk. Ez a munka energiahordozó felhasználása nélkül, tehát rendkívül olcsón áll rendelkezésre. A vezetéknek nagyobb nyomásra való feltöltése egyúttal növeli az abban tárolt gáz mennyiségét, amely fogyasztásingadozásokat kiegyenlít, és vezetékjavítások idejére fokozza a folyamatos gázszolgáltatás biztonságát.

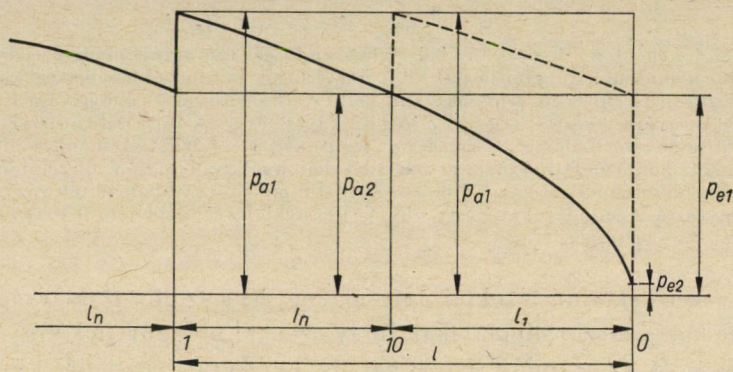
Gáztávvezetéseket úgy szoktak építeni, hogy ha a szállítási távolság nagy, közbeiktatnak kompresszorállomásokat, hogy azokkal megnöveljék a nyomást, és ezzel csökkentsék az áramlási sebességet. Ez csökkenti a súrlódás következtében beálló nyomásesést. A vezetékben tehát az átlagos nyomást egy, a gyakorlatban bevált és gazdaságossági számítással megállapított értéken tartják egészen a fogyasztó előtti legutolsó kompresszorállomásig. Innen kezdve a nyomást leejtik arra az értékre, amelyre a fogyasztóhálózatban szükség van.

A nyomás az áramlás irányában fokozatosan csökken, ezáltal az áramló volumen és ezzel az áramlási sebesség megnő, és a hosszegységre eső nyomás-csökkenés fokozódik. Az utolsó szakaszon, ahol a nyomás egészen a fogyasztás helyén szükséges értékig esik le, a súrlódási veszteség igen nagy. A súrlódási munka meleggé alakul át, amit az ilyen módon felmelegedett gáz a csőfalon keresztül lead a környező talajnak. Minthogy a talaj hőmérséklete a csőfektetés átlagos mélységében körülbül állandó, a gáz a vezetékben izotermikusan expandál. A gázban levő nyomásenergia ennek megfelelően a súrlódás révén izotermikus expanzió közben hőenergiává alakul át, és ezt hasznosítás nélkül átadja a talajnak.

Ennek a ténynek a felismerése vezetett arra a gondolatra, hogy a leírt módon elvesző nyomásenergiát hasznosítani kellene, aminek az lehetne a módja, hogy nem engedjük leesni a nyomást, hanem amikor az eléri például azt az értéket, amelyet a kompresszorállomások előtt máshol a vezeték mentén elér, ott egy újabb kompresszorállomás beiktatásával növeljük meg a nyomást addig az értékig, ameddig azt a többi kompresszorállomáson megnövelik. Ezáltal a gáz a fogyasztási helyre számottevő nyomással, például ugyanolyanul érkezik, mint amekkora a gáz nyomása az előző kompresszorállomások

előtt. Ezt a gáznyomást a fogyasztási hely előtt beiktatott expansziós géppel, például turbinával, hasznos munkává lehet átalakítani. Az a munka, amelyet így nyerünk, elméletileg azonos azzal a munkavesztéssel, amelyet megtakarítunk a vezetékben való nyomásfokozás által.

Ha a kompresszornál és az expansziós turbinánál is egyszerű számítás kedvéért izotermikus állapotváltozással számolunk, akkor az 1. ábra jelölése szerint a kompresszorhoz érkező p_{a2} nyomást p_{a1} -re növeljük, tehát a kompresszió munka arányos $\log p_{a1}/p_{a2}$ -vel.



1. ábra

Az expansziós turbina előtt, ahol a nyomás p_{e1} és az expanszió végnyomás p_{e2} , ott a teljesített munka arányos $\log p_{e1}/p_{e2}$ -vel, és így nyilvánvaló, hogy

$$\log \frac{p_{e1}}{p_{e2}} - \log \frac{p_{a1}}{p_{a2}} = \log \frac{p_{a2}}{p_{e2}} - \log \frac{p_{a1}}{p_{e1}}. \quad (1)$$

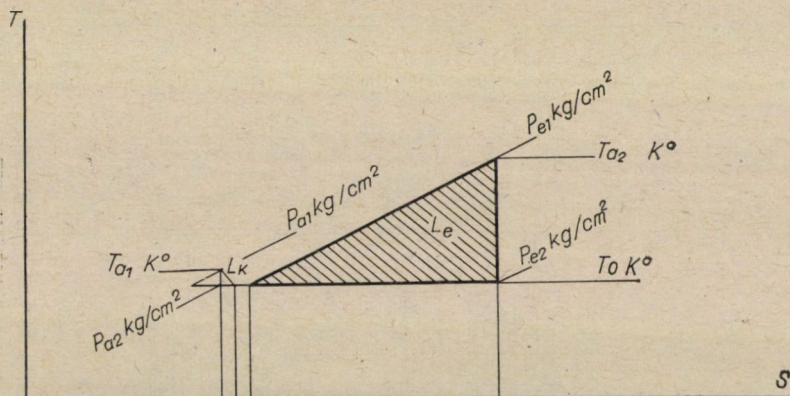
Az utóbbi kifejezés azt a vezetékmenti izotermikus áramlási munkát fejezi ki, amelyet megtakarítunk. A szükséges sűrítőállomás tehát ugyanolyan lehet, mint az előző szakaszokon a vezeték mentén használt kompresszorállomások. Ez az, amit el akartunk érni.

A turbinában az expandáló közeg maga a gáz. Adiabaticus expanszió közben a gáz lehül. Az érkező hőmérséklet kb. a környezet hőmérsékletének felel meg. Kívánatos, hogy a fogyasztóhoz vezetett gáznak ugyancsak hasonló legyen a hőfoka. Tehát adiabaticus expanszió előtt hőt kell bevezetni, ami expanszió közben munkává alakul át. Minthogy az expanszió és felfűtés előtti, valamint expanszió utáni hőmérséklet azonos, továbbá az expanszió előtt sűrítési munkát nem kell végezni, szemben a szokványos gázturbinával, azért a bevezetett hőmennyiség teljes egészében hasznos munkává alakul át, illetve csak a turbinánál figyelembe veendő mechanikai hatásfokkal kell számolni.

Munkát lehetne elvileg termelni hőbevezetés nélkül is, de akkor a gáz adiabaticus expanszió közben túlságosan lehülne. Az ilyen hideg gázt azért

sem tudjuk használni, mert bizonyos hőfok alatt kriohidrátok keletkeznek, amelyek az elosztó vezeték, sőt már az expanziós turbina utolsó fokozatainál is a turbinalapátok eldugulására vezetnének.

A közbeiktatott kompresszornál a kompresszióviszony kicsiny, úgy hogy a felmelegedés nem nagy, és nincs szükség általában arra, hogy a gáz hűtéséről gondoskodjunk sűrítése után, a gáznak a vezetékbe való bebocsátása előtt. A beiktatott kompresszióállomáson végzett kompresszió-munkát le-



2. ábra

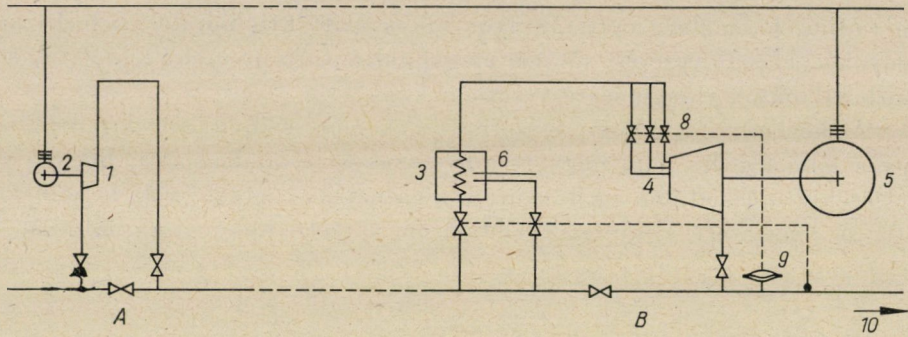
vonva a végponton végzett expanzió-munkából, kapjuk a tiszta nyereséget. Ez a munkanyereség áll szemben a gáz expanzió előtti felfűtésénél elhasznált hőmennyiséggel. TS diagramban ábrázolva a folyamatot — amint az a 2. ábrán látható — a kompresszió-munka területe az expanzió-munka területéhez képest egészen kicsiny olyan nyomásviszonyok mellett, amelyek a hálózatban manapság előfordulnak.

Normális gázmotornál, ahol az expandáló közeg levegő, ott a levegő-sűrítési munka kb. 1,4-szerese a hasznos munkának. Ehelyett itt az előző sűrítőállomáson pl. 10% lehet az elvégzendő sűrítési munka.

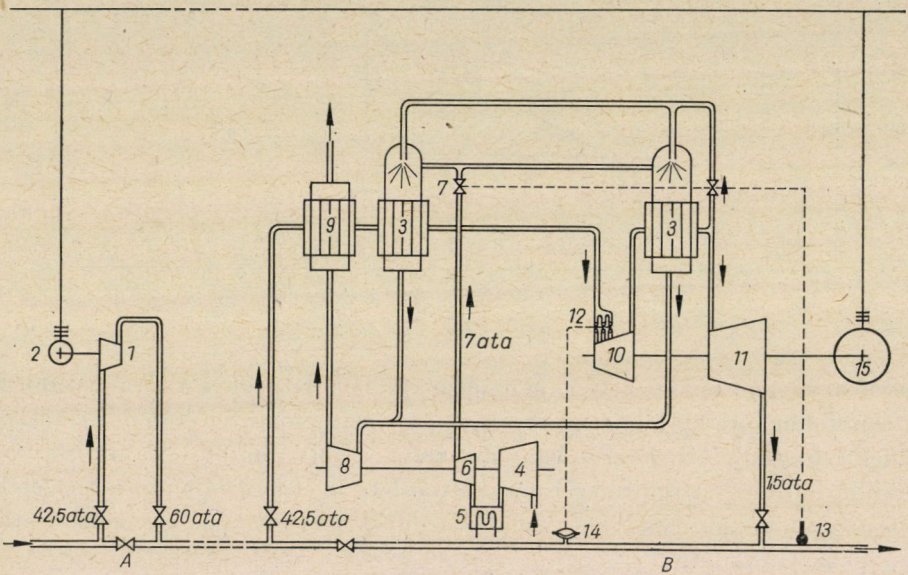
A gáznak expanzió előtti fűtése történhet vagy hőátadó felületen keresztül, vagy olyan esetben, amikor az érkező gáznak (például földgáznak) a kalóriaértékét a fogyasztó hálózatba való bebocsátás előtt csökkenteni kell (például városi gáz értékre) égéstermékek hozzákeverésével. A két eljárásnak megfelelő elrendezést mutatja a 3. ábrán vázlatosan ábrázolt közvetett, illetve a 4. ábrán ugyancsak a közvetett fűtést részletesebben ábrázoló megoldás, továbbá az 5. ábrán feltüntetett közvetlen fűtés, égéstermék-bekeveréssel.

A viszonyokat számítással követhetjük. A gyakorlatban bevált Weymouth-formula szerint

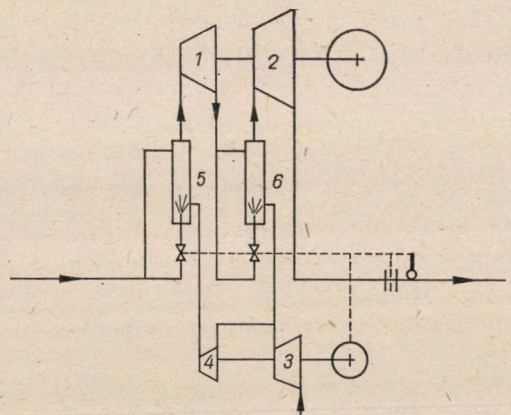
$$P_{a1}^2 - P_{e1}^2 = \frac{q^2 \cdot l}{1100^2 \cdot d^{5,33}}, \quad (2)$$



3. ábra



4. ábra



5. ábra

ahol

$$q \text{ [Nm}^3\text{/h]}, \quad l \text{ [m]}, \quad d \text{ [m } \varnothing \text{]}, \quad p \text{ [kg/m}^2\text{]}. \quad (2)$$

Egyéb a gyakorlatban bevált összefüggések, mint pl. a Panhandle-képlet, nagyobb átmérőknél hasonló eredményeket adnak.

Az adiabatikus expanzió-munka:

$$L_{\text{ad. exp.}} = \eta q \gamma R T \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{p_{e2}}{p_{e1}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \frac{9,81}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kW}.$$

Ha $\eta = 0,88$, $\kappa = 1,31$, $\gamma = 0,717 \text{ kg/m}^3$, $R = 52,9$,
 $T = 300 \text{ K}^\circ$, úgy

$$L_{\text{ad. exp.}} = 0,116 q \left[1 - \left(\frac{p_{e2}}{p_{e1}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \text{ kW}. \quad (3)$$

Az adiabatikus kompresszió-munka hasonló hatásfokkal számolva:

$$L_{\text{ad. kompr.}} = \frac{1}{\eta} q \gamma R T \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_{a2}}{p_{a1}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right],$$

ami a (3) egyenlet állandóival

$$L_{\text{ad. kompr.}} = 0,15 q \left[\left(\frac{p_{a2}}{p_{a1}} \right)^{\frac{1}{4,25}} - 1 \right]. \quad (4)$$

A mai gyakorlat szerint a csővezetékben megengedhető legnagyobb nyomás kb. $p_{a1} = 70 \text{ kg/cm}^2$ ötvözött acél csőanyagnál, amelynek a használata a nagyobb ára ellenére gazdaságos.

Adott q szállítandó gázmennyiségnél és ismert p_{a1} nyomásnál a választandó p_{e1} -et és ezzel kapcsolatban l -et a sűrítőállomások közötti távolságot, valamint a d csőátmérőt az optimális gazdaságosság alapján választják meg. Tájékoztatásul szolgáljon egy példa:

Legyen a csőátmérő $10''$ ($0,254 \text{ m}$), a kompresszorállomások közötti távolság 121 km és a fogyasztási helytől a közbeiktatott kompresszorállomásig terjedő távolság 51 km . A kompresszorállomások az érkező nyomást 60 ata-ig fokozzák.

A fogyasztási hely előtt az érkező nyomás a közbeiktatott sűrítő állomás után 45 ata, ami a turbinában $1,5$ ata-ra csökken.

$$(60^2 - 45^2) 10^8 = \frac{q^2 \cdot l}{0,254^{5,33} \cdot 1100^2},$$

$$q = \left[15,8 \cdot 10^{10} \frac{1 \cdot 210 \cdot 000}{121 \cdot 000 \cdot 1480} \right]^{\frac{1}{2}} = (10,7)^{\frac{1}{2}} \cdot 10^4 = 32 \cdot 700 \text{ Nm}^3\text{/h}.$$

$$L_{\text{exp.}} = 0,116 \cdot 32 \cdot 700 \left[1 - \left(\frac{1,5}{45} \right)^{\frac{1}{1,45}} \right] =$$

$$= 0,116 \cdot 32 \cdot 700 \cdot [1 - 0,448] = 2100 \text{ kW}$$

és

$$L_{\text{kompr.}} = 0,15 \cdot 32\,700 \left[\left(\frac{45}{60} \right)^{\frac{1}{4,25}} - 1 \right] =$$

$$= 0,15 \cdot 32\,700 [0,935 - 1] = - 320 \text{ kW.}$$

A különbség 10''-os vezetéknel $2100 - 320 = 1780 \text{ kW}$.

Korszerű, 30'' ÷ 40''-os vezetéknel az expanzió és kompresszió-munka közötti különbség az átmérő $5,33/2 = 2,67$ hatványával nő. Vagyis háromszor nagyobb csőátmérőnél, mintegy $3^{2,67} = 18,6$

$$L_{\text{ad. exp.}} - L_{\text{ad. kompr.}} = 18,6 \cdot 1780 = 33\,000 \text{ kW};$$

négyszer nagyobb csőátmérőnél pedig, minthogy $4^{2,67} = 40,2$,

$$L_{\text{ad. exp.}} - L_{\text{ad. kompr.}} = 40,2 \cdot 1780 = 71\,000 \text{ kW.}$$

A gazdaságossági számításnál figyelembe kell venni a beruházási költségekből származó és a fenntartási, valamint az üzemköltséggel szemben azt a hasznot, amely a berendezésből származik.

Ez alkalommal az utolsó, a fogyasztási hely előtti vezetékszakasszal foglalkozunk. Itt számításba kell venni a nyomásfokozás következtében lehetséges energiatermelést, valamint a megnövelt nyomás alatt álló vezetékben a gáz tárolásának a hasznát.

A termelhető energia a legolcsóbb energia. Azért a legolcsóbb, mert meglevő energiát hasznosítunk, olyant, amely, ha nem hasznosítjuk, átalakul surlódás révén hővé, és átadódik a vezeték mentén a csővezetékkel érintkező földnek. Ez hasonlít a vízerőhasznosítás esetéhez. Ott is a vízesés megvan. A lecső víz energiája a víz hőfokát nagyon kevésbé növeli. Az ilyen hőtermelés helyett a kiépített vízerőmű energiát termel. A vízerőmű kiépítési költsége azonban nagy, lényegesen nagyobb, mint általában egy hőerőmű kiépítési költsége. A gáz nyomásenergiát hasznosító expanziós turbina azonban lényegesen olcsóbb egy azonos teljesítményű hőerőmű létesítési költségénél.

Ha ezt az expanziós gázturbinát összehasonlítjuk egy szokványos gázturbinával, amelynél az expandáló közeg levegő vagy nagy levegőtartalmú égéstermék, úgy azt látjuk, hogy ennél a levegősűrítés a termelt hasznos munkának kb. 1,4-szeresét fogyasztja, tehát 2,4-szeres munkát kell termelni a hasznoshoz képest, amivel szemben a mi esetünkben, ahol az expandáló közeg maga a földgáz, a vezeték mentén beiktatott sűrítő a már nyomás alatti gáz nyomását kis nyomásviszonnyal némileg növeli, de a hasznos munkának csak egy kis töredékét fogyasztja.

Ezekből következik, hogy mind a beruházási, mind az üzemköltség a hőerőműben termelt energia költségéhez képest, nagyobb teljesítményeknél, körülbelül féllakkora.

A gázt expanzió előtt hőátadó felületeken keresztül melegítik fel olyan esetben, amikor az égéstermékek bekeverése nem jöhet szóba. Ilyenkor kedvező nyomás alatti tűzteret használni, hogy az égéstermék-oldalon nagyobb legyen

a hőátadási tényező és ennek következtében kisebb a szükséges fűtőfelület. Azt a gépet, amely az égés táplálására szolgáló levegőt sűríti, a felfűtés és hőleadás után expandáló levegő hajtja, a 4. ábrán látható kapcsolási vázlat szerint.

A gazdaságos túlnyomás megállapítása céljából sorozatos számítással kerestük a túlnyomás függvényében és a költségek alakulását számításba véve azt, hogy a nyomás miként befolyásolja a sűrítő gépcsoport és a fűtőfelület költségét. A fűtőfelület nagyságát meghatározó hőátvezetési tényezőre befolyással van a hőátvezető fal mindkét oldalán a hőátadási tényező. Az utóbbit befolyásolja a gáz nyomása és áramlási sebessége, a gáz hőfokán és az anyag mineműségén kívül. Minthogy a fűtendő gáz főleg metán, amelynek nagy a nyomása, azért a gáz oldalán az α hőátadási tényező nagy. Ennek következtében a hőátvezetésre elsősorban a túlsó oldalon az égéstermékek nyomása és áramlási sebessége van befolyással. A nyomás és az áramlási sebesség növelésével csökkenthető a szükséges fűtőfelület nagysága. A nyomás növelése növeli a levegő sűrítésére fordított munkát, továbbá a tüztér határfalainak a vastagságát és ezáltal annak az árát is.

Keressük azt a nyomást, amelynél a költségek összege a legkisebb. Első megközelítésnél még nem vettük figyelembe a falvastagságnak az árát befolyásoló hatását. Az összes költség K a következő egyenlettel fejezhető ki:

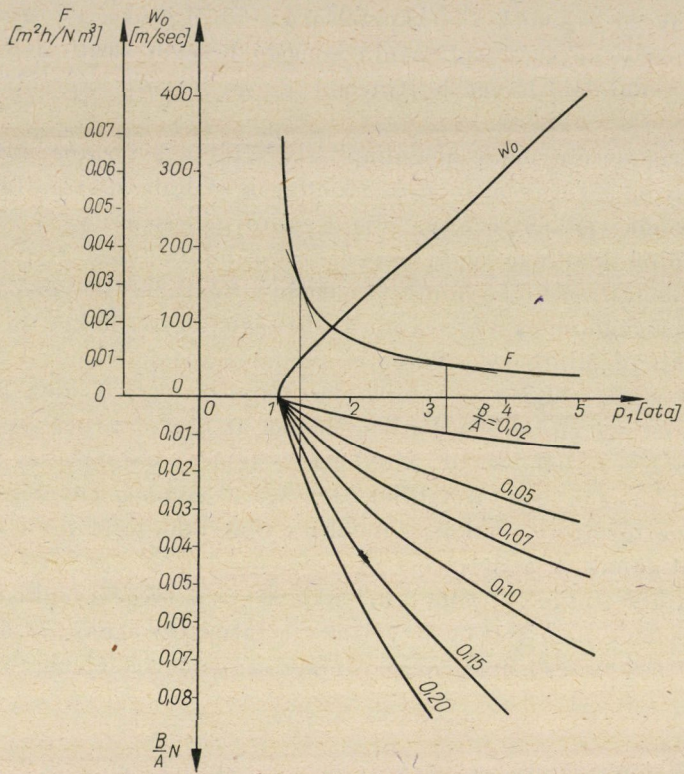
$$K = AF + BN,$$

ahol F a fűtőfelület nagysága, A a fűtőfelület egységára, N kW a levegő sűrítésére fordított munka és B e munka egységköltsége. Azzal a céllal, hogy az összefüggések a pénznemtől függetlenek legyenek, az egységárok viszonyszámával számítottunk, elosztva az egyenletet A -val:

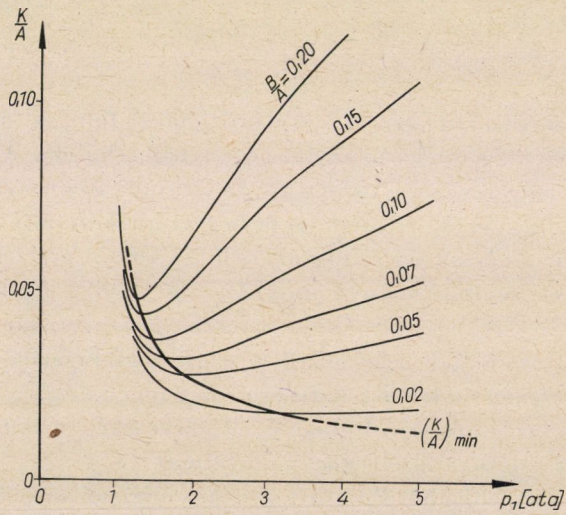
$$\frac{K}{A} = F + \frac{B}{A} N. \quad (5)$$

A 4. ábra szerinti elrendezést követjük. Ismert földgázt minimális levegőfelesleggel elégetve meg van határozva az égéstermék hőfoka. A 3 tüztér falán át leadott hőmennyiség levonása után a továbbáramló gáz hőfokát ismerjük. A gáz expandálva felgyorsul, és nagy sebességgel áramlik a fűtőfelületek mentén, miközben hőt ad le. A fűtőfelületeket elhagyva az égéstermékek a 8 turbinában expandálva leadnak annyi munkát, amennyi a légsűrítő hajtásához szükséges. Ezután az égéstermékek maradék hőtartalmának nagy részét leadják a 9 utófűtőfelületeken keresztül a beérkező földgáznak, majd a kürtön távoznak. A gépcsoport a kürtővesztésen és a mechanikai vesztésen kívül, amely utóbbi főleg csapágysurlódásból áll, vesztés nélkül hasznosítja az előmelegítésre használt, eltüzelt gáz hőtartalmát.

A viszonyokat különböző p sűrítési végnyomásonál számítással követve a kapott értékeket diagramba raktuk fel a 6. ábrán. Az áramlási sebességet (w),



6. ábra



7. ábra

továbbá egyrészt az állandó B/A felvett értékei mellett a $(B/A)N$ -et, másrészt az F -et. Az

$$F + (B/A)N = K/A$$

kifejezést a 7. ábrán raktuk fel, majd bejelöltük K/A minimum-értékeit. Azt láttuk, hogy $(K/A)_{\min}$ a nyomás növekedésével csökken. Föltételeztük, hogy ez nem lehet helyes olyankor, amidőn a nyomásnövekedés a tüztér-határfal vastagságának a megnövelését kívánja. Ezért a nyomás befolyását azáltal vettük figyelembe, hogy A helyett az

$$A = A_1 + (p-1) A_2,$$

illetve az

$$\frac{A}{A_1} = 1 + (p-1) \frac{A_2}{A_1} \quad (6)$$

egyenlettel számoltunk.

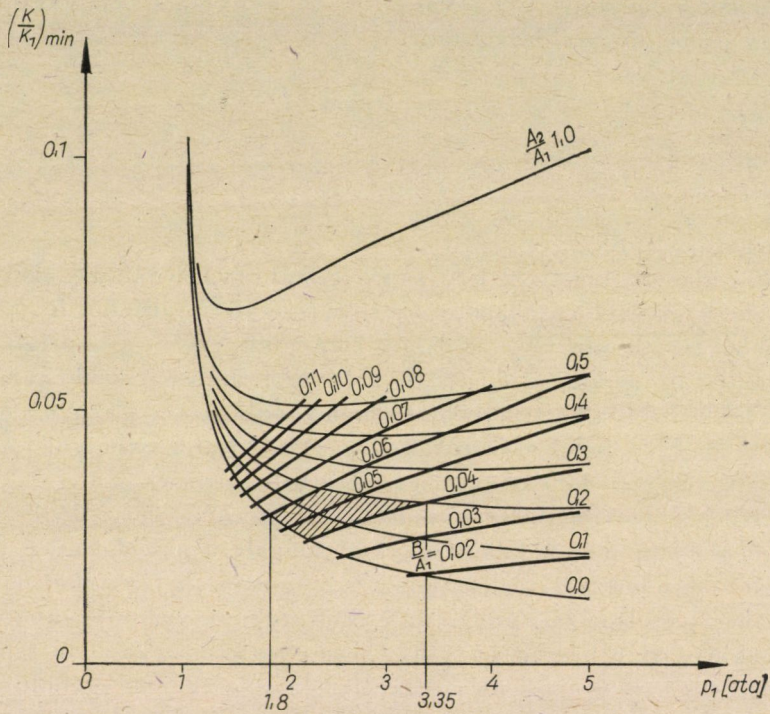
A 8 görbeseregben $(K/A)_{\min}$ értékeit számítva felraktuk azokat a p függvényében egyrészt az állandó A_2/A_1 , másrészt az állandó B/A_1 értékei mellett, tehát figyelembe véve az összes költségtényezőket gyakorlati esetekből kiszámítottuk azokat az A_2/A_1 , továbbá B/A_1 határértékeket, amelyekre számítani lehet. Ezek a határgörbék az ábrán vonalkázással megjelölt területet határolnak, amelyen belül várhatók a leggazdaságosabb viszonyok. A görbesereg szerint ezek $p = 1,5$ és $p = 3,5$ értékeken belül esnek.

Ezek tehát azok a tüztérnyomások, amelyeknél a hőátadó berendezés leggazdaságosabban működik. Ellenőrzésül szolgált a hasonló elven működő Veloxkazán, ahol a használt tüztérnyomás is az említett határértékek közé esik.

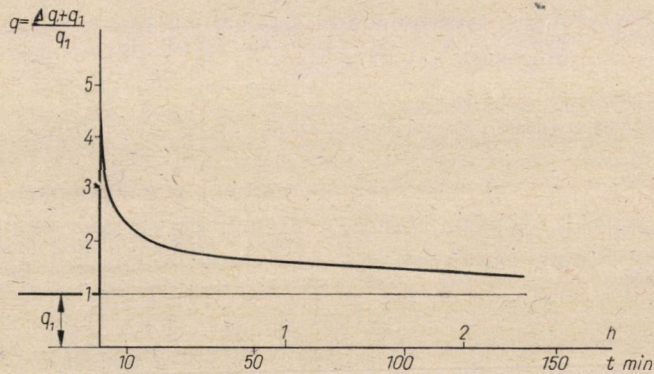
A vezeték utolsó szakaszában az átlagos nyomás említett lényeges megnövelésének még az a haszna, hogy az ebben a vezetékszakaszban tárolt gázmennyiség számottevően megnő és terheléslökéseket ki tud egyenlíteni, ami által a vezeték előző részében, a távvezetékben már állandó gázmennyiség áramlik. Ez a vezeték tehát átlagos mennyiségre méretezhető. Ahol ilyen tárolási lehetőség nincs, ott a kisnyomású elosztó hálózatba épített gazométerekkel kell a fogyasztás ingadozásait kiegyenlíteni. Ez a tárolási mód a nap folyamán előforduló és esetleg igen nagy, rövid ideig tartó terheléslökések kiegyenlítésére alkalmas. Idénytárolásra ez nem használható. Erre a célra megfelelő földalatti tárolók jöhetnek szóba. Ilyen tárolók létesítését azonban csak különleges geológiai viszonyok teszik lehetővé, nevezetesen a gáznyomást egyensúlyban tartó vastag takaró és gázzáró réteg alatt felhagyott bányákon kívül olyan porózus kőzet, homok vagy kavicsréteg, amelynek a közeiben a gáz tárolható. Ilyen előfordulás általában távol van a fogyasztótól, és azt csak távvezetékkel lehet bekötni. A távolság által okozott pillanatnyi lökések kiegyenlítésére az említett tárolók nem alkalmasak, hanem erre a célra szolgál a csatlakozó vezetékben tárolt gázmennyiség.

A nyomás alatti vezetékbeli kivethető mennyiségről képet ad a 9. ábra, amelyen a hirtelen fellépő szükséglet és ennek megfelelően a fogyasztás helyén jelentkező nyomásesésnél a vezetékbeli kiáramló gázmennyiséget tüntettük fel az idő függvényében. Látnivaló, hogy ez a gázmennyiség kezdetben nagyon nagy, és aztán előbb rohamosan, majd mind lassabban csökken.

A vezetékben tárolt Q gázmennyiség arányos a vezeték térfogatával és az abban uralkodó közepes nyomással, amely áramlás közben a quadratikussal



8. ábra



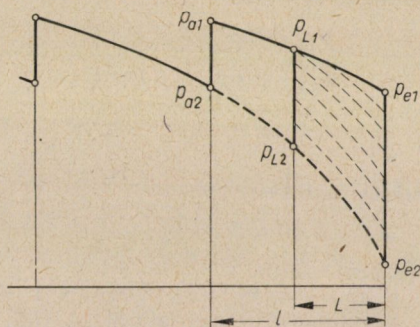
9. ábra

nyomásesés hatása alatt keletkezik. Ez

$$p_{\text{közepes}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{p_{a1}^3 - p_{e1}^3}{p_{a1}^2 - p_{e1}^2}, \quad (7)$$

ha p_{a1} a vezeték elején és p_{e1} a vezeték végén levő nyomás.

Az így tárolt gázmennyiség ΔQ része hasznosítható a gázszolgáltatás zavartalan fenntartására olyankor, ha a vezetéket valahol el kell zárni javí-



10. ábra

tás céljából. Ilyenkor annyi ideig lehet a gázszolgáltatást zavartalanul fenntartani, ameddig a tárolt és abból kivethető ΔQ mennyiségből óránként normálisan szállított q mennyiség szolgáltatható, tehát

$$\frac{\Delta Q}{q} = t \text{ óra}$$

hosszat. A tárolt és kivethető gázmennyiséget meghatározzák a vezetékre vonatkozó adatokon kívül az elzárás helyének L távolsága a vezeték végétől számítva.

A 10. ábra jelölésével a gáz nyomása az elzárás időpontjában p_{L1} és a tárolt mennyiség leadása után p_{L2} , mialatt a fogyasztás helyén a nyomás p_{e1} -ről p_{e2} -re esik le. A kivethető gázmennyiséget kiszámíthatjuk, ha a jelzett módon felírjuk a teljes gázmennyiséget az elzárás pillanatában, a teljes mennyiség kivétele után.

A tárolt és kivethető mennyiség ΔQ_l , ha a vezeték szakasz végig nyitva van

$$\Delta Q_l = \frac{2}{3} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot l \cdot \frac{\rho_0}{p_0} \left[\frac{p_{a1}^3 - p_{e1}^3}{p_{a1}^2 - p_{e1}^2} - \frac{p_{a2}^3 - p_{e2}^3}{p_{a2}^2 - p_{e2}^2} \right] \text{ Nm}^3. \quad (8)$$

Áttekinthetőbb a kifejezés, ha a következő jelölést vezetjük be:

$$\frac{d^2 \pi}{4} l \frac{\rho_0}{p_0} = V_l$$

és

$$\frac{p_a^2 - p_e^2}{l} = \frac{q^2}{1100^2 \cdot d^{5,33}} = B. \quad (9)$$

Így

$$\Delta Q_l = \frac{2}{3} \cdot \frac{V}{B} \cdot [p_{a1}^3 - p_{e1}^3 - (p_{a2}^3 - p_{e2}^3)].$$

Ha az elzárás helye L távolságban van a fogyasztótól, akkor a tárolt mennyiség a kezdeti nyomásoknak megfelelően kisebb. Ha p_{a1} , illetve p_{a2} helyett a nyomás

$$\left. \begin{aligned} p_{L1} &= (p_{e2}^2 + BL)^{\frac{1}{2}} \\ p_{L2} &= (p_{e2}^2 + BL)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

akkor a tárolt mennyiség

$$\Delta Q_L = \frac{2}{3} \frac{V}{B} [(p_{e1}^2 + BL)^{\frac{3}{2}} - p_{e1}^3 - (p_{e2}^2 + BL)^{\frac{3}{2}} + p_{e2}^3] Nm^3, \quad (11)$$

ha a vezeték a végétől számítva L távolságra van elzárva. Így tehát $t_L = \Delta Q_L/q$ óra hosszát lehet fenntartani a változatlan gázszállítást a tárolt gázmennyiségből.

Vizsgáljuk meg, hogy a vezetékben tárolt mennyiség igénybevétele mennyire csökkenti a gázszolgáltatási zavarokat. Ennek számszerű követésére feltételezzük, hogy a vezeték meghibásodásának valószínűsége a vezeték minden pontján azonos. Másszóval azonos a valószínűsége annak, hogy vezeték-elzáráskor L hosszúságú szakasz marad nyitva L minden értékénél 0 és L között, továbbá azonos a valószínűsége minden helyen annak is, hogy évenként egy Δl hosszúságú szakaszon Δn -szer kell a vezetéket elzárni. Feltételezzük még az elzárási lehetőségek olyan sűrű elhelyezését, hogy ennél a számításnál a vezetéket bárhol elzárhatónak tekinthetjük. Ezen az alapon számolva, ha az elzárási hely L -távolságának dL -el való változását vesszük figyelembe 0 -tól L -ig, és minden helyen azonos az elzárási gyakoriság, valamint minden helyen és minden esetben t_{sz} óra (pl. 10 óra) szükséges a vezeték javítására, vagyis ha t_L órán át lehet a normális gázszolgáltatást a vezetékből fenntartani, akkor $t_{sz} - t_L = t_k$ óra a gázszolgáltatás kiesésének az időtartama. Ez dL vezeték-szakaszon évenként dn -szer fordul elő.

A gázszolgáltatás kiesési időtartamát meghatározó differenciál-egyenletet integrálva ötödfokú összefüggést kapunk:

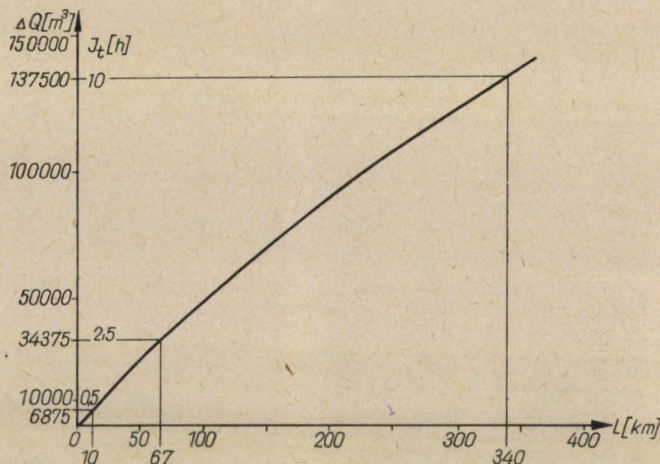
$$t_{sz} = nLt_{sz} - \frac{2}{3} \frac{nVL}{q} \left\{ \frac{p_{a1}^3 + p_{e2}^3}{p_{a1}^2 - p_{e1}^2} - \frac{2}{5} \left[\frac{p_{a1}^5 - p_{e1}^5}{(p_{a1}^2 - p_{e1}^2)^2} + \frac{p_{a2}^5 - p_{e2}^5}{(p_{a2}^2 - p_{e2}^2)} \right] \right\}. \quad (12)$$

Az elmondottak szemléltetésére dolgozzuk ki a következő számpéldát:

A példa szerint a vezeték átmérője $0,30$ m; továbbá p_{a1} 25 kg/cm², p_{e2} 4 kg/cm², és nagyon kedvezőtlen feltételezéssel legyen $n = 5/10^5$ az évenkénti előfordulások száma 10^5 m, tehát 100 km-es szakaszon. Egy elzárás időtartama $t_L = 10$ óra.

A példa adataival készített 11. ábra szerint 10 óra elzárási idő alatt a gázszolgáltatás akkor tartható fenn zavartalanul a vezetékben tárolt mennyiségből, ha a nyitott szakasz hossza 340 km.

Érdekesebb az a kérdés, hogy milyen hosszú a szükséges vezetékszakas, és mennyire biztosítja ez a példa esetében 2,5 óra hosszat a gázszolgáltatást olyan helyen, ahol tartalék gázgenerátor van, amely 2,5 óra alatt felfűthető és üzembe helyezhető. A diagram szerint ez a vezeték hossz 67 km. Hasonlóan, ha a gázgenerátor állandóan fel van fűtve, és a 0,5 óra alatt üzembe helyezhető, akkor 10 km nyitott vezetékszakkal már elérhető a változatlan, majdnem folyamatos gázszolgáltatás.



11. ábra

Ezekkel az adatokkal számolva a (12) egyenlet segítségével azt kapjuk, hogy

340 km hosszú vezetéknél egy év alatt 17-szer 10 órás elzárással számolva összesen 170 óra hosszat volna a vezeték elzárva, amiből 131 óra hosszat lehetne fenntartani a gázszolgáltatást. Évenként tehát 39 óra kiesés volna olyan telepen, ahol nincs tartalék gázgenerátor.

67 km hosszú vezetékszakasznál egy év alatt 3,35-ször 2,5 órás elzárással számolva 8,4 órára elzárt vezeték mellett 4,98 óra hosszat lehetett gázszolgáltatás és csak 3,42 óra évenkénti kiesés maradt.

Végül 10 km hosszú vezetékszakasznál egy év alatt 0,5 óra tartamú elzárás mellett 0,25 óra hosszat elzárt vezetéknél 0,15 óra hosszat lehet gázt szolgáltatni, vagyis 0,1 óra kiesés marad.

Eszerint a példa esetében, ha van gázgenerátor, amely 2,5 óra alatt felfűthető, akkor a normális gázszolgáltatás évenként csak 3,42 óra hosszat nem tartható fenn változatlanul, ha pedig felfűtött gázgenerátor áll rendelkezésre, akkor ez az idő évenként mindössze 0,1 óra.

NAGYMÉRETŰ VÍZTÁVVEZETÉKEN VÉGZETT NYOMÁSLENGÉS-MÉRÉSEK ÉS AZ AZOKBÓL NYERT TAPASZTALATOK

KISBOCSKÓI LÁSZLÓ és BOGNÁR ZOLTÁN

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM VÍZGÉPEK TANSZÉKE

[Beérkezett 1964. június 8-án]

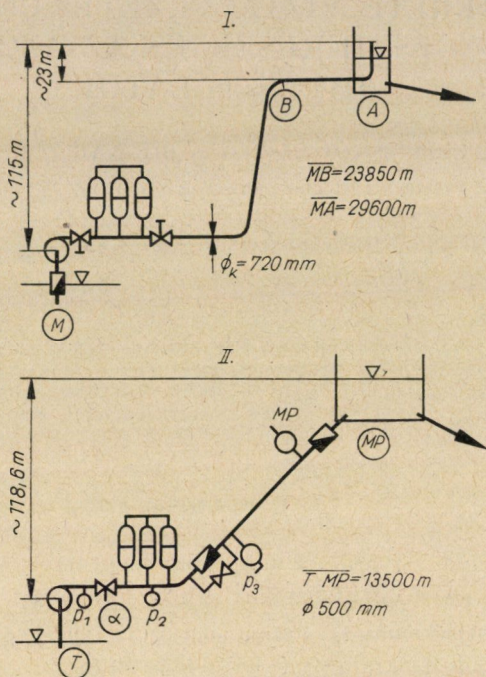
A tanulmány beszámol a Budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek Tanszékén kialakított és tökéletesített nyomáslengés mérőberendezésről és a vele nyert mérési tapasztalatokról. Két különböző szivattyútelepen végzett nyomáslengés vizsgálatok néhány közérdekűnek tekinthető tapasztalatát ismertetik. Az előadottak igazolják azt, hogy a kialakított mérőberendezés alkalmas feladatának ellátására.

I. Bevezetés

Az 1962. január havában Budapesten megtartott vízgépészeti konferencián már részletesen vázoltuk azokat a követelményeket, amelyeket kutatócsoportunk maga elé kitűzött, amikor a nyomáslengések vizsgálatára szolgáló műszerek és berendezés kialakításába belekezdett.

Akkoriban beszámoltunk az addig kidolgozott műszerekről és mérőapparaturáról, valamint az elvégzett addigi mérések eredményeiről és tapasztalatairól [1]. Elmondottuk, hogy a feladat olyan mérési apparátum létrehozása volt, mely már meglévő alapherendezéseink felhasználásával lehetővé teszi a nyomáslengéseknek több, egymástól akár jelentős távolságra levő pontban egy időben történő mérését és regisztrálását. Kikötés volt a nyomáslengés hű és torzításmentes rögzítése is. Most röviden szeretnénk összefoglalni az e téren időközben végzett újabb munkáink eredményeit és egyes, általános érdeklődésre számottartó tapasztalatainkat.

Mint ismeretes, ezeket a nyomáslengés vizsgálatokat nem csupán tudományos jellegük miatt végeztük, hanem összehangoltuk az ipar ilyen irányú igényeivel, és így amellet, hogy módunkban volt valóságos viszonyok közt működő nagyméretű csővezetéken a későbbiekben feldolgozható mérési anyagot gyűjteni, közvetlenül, rögtön hasznosítható is volt munkánk eredménye. Két csővezetéken elvégzett méréssorozatról adhatunk számot; mindkét esetben ipari nagylétesítmény vízellátó rendszerének szivattyú és nyomócső rendszere volt a vizsgálandó. Az ipari célkitűzés a telepre vonatkozó kezelési előírásokhoz a tényleges mérésekre alapított számszerű alapadatok biztosítása volt. A kezelési előírásoknak az üzem és csőhálózat biztonságára vonatkozó részletei voltak azok — az áramkimaradás esetét figyelembe véve —, amelyek érdeklődésünkre számot tartottak. Az 1. ábrán tüntettük fel a két telep egyszerűsített elrendezési vázlatát.



1. ábra

II. Az I jelű telep berendezései

Az I jelű telepen a vizet szívóoldali visszacsapószelepen keresztül szívja a szivattyú, és kézi, ill. villamosan működtethető tolózárakon keresztül a 702/720 mm átmérőjű, kereken 30 km hosszú nyomóvezetékbe nyomja. A vezeték itt egy állócsőbe torkollik, ahonnan a víz gravitációsan folyik már tovább. A nyomóoldali tolózár után 3 légüst van párhuzamosan a nyomócsőre rákötvé. A csővezeték természetesen még számos egyéb szerelvénnel, kiürítő, légtelenítő-bűvönnyílás stb. van ellátva, amelyeket, miután közvetlenül nem érdekelnek minket, a vázlaton nem is tüntettünk fel. A telepen 3-féle nagyságú szivattyú van a vezetékre kapcsolva, hogy a mindenkori igényeknek megfelelően $Q_{4/4} = 500$ l/s, $Q_{2/4} = 250$ l/s és $Q_{1/4} = 125$ l/s vizet szállítson a hálózatba. Az üzemi nyomómagasságok fentieknek megfelelően sorban $H_{4/4} = 220$ m, $H_{2/4} = 141$ m és $H_{1/4} = 121$ m voltak.

Méréseink során vizsgáltuk a különböző teljesítményű szivattyúk üzemből való kiejtése esetén 3, 2, ill. 1 légüst bekapcsoltsága mellett az M és B pontban lejátszódó $p = f(t)$ lefolyását. Rögzítettük még a szivattyú fordulatszámának $n = f(t)$ görbét, továbbá a légüstben a vízszint játékát.

A csővezetékben a hullám terjedési sebességének meghatározására a $Q_{1/4}$ szivattyúval, erősen fojtott tolózárrel, tehát csökkentett vízszállítás mellett

0 légüsttel, tehát „merek lengőrendszerrel” végeztünk hirtelen indítási és megállási vizsgálatokat. Mindezeket a méréseket részben 1962. augusztus havában, részben ugyanezen év novemberében végeztük el. A mérőhelyek és a mérőközpont között távbeszélő összeköttetésünk volt.

III. A II jelű telep berendezései

Az 1. ábrán látható, hogy lényegében hasonló elrendezésű ez a telep is az I-hez. A terep adottságainak eltérése (leegyszerűsítve) a vázlatból megállapítható. Itt csak kétféle szállítóképességű szivattyú dolgozhat a 500 mm átmérőjű nyomócsőre $Q_{4/4} = 440$ l/s és $Q_{2/4} = 250$ l/s. A nyomómagasságok $H_{2/4} = 140$ m; $H_{4/4} = 190$ m voltak. A szivattyúk a vizet egy villamosan és kézzel működtethető gyűrűszáron keresztül nyomják a nyomócsőbe. Áramkimaradás esetén a gyűrűszár súlyterhelés hatására automatikusan, beállítható késleltetéssel, de hirtelen lezár. A nyomócsőnek további szakaszán van ott is a 3 légüst beiktatva, majd egy megkerülő vezetékkel ellátott visszacsapószelepen keresztül halad a víz a 13,5 km távolságban levő felső medencéig. Innen ugyancsak gravitációsan halad tovább a víz. A nyomócsőben a felső tartályba való betorkollás előtt egy, az esetleges visszaurítést megakadályozandó visszacsapószelep van beiktatva, nem beszélve itt sem az üzemvitelt szolgáló számos meg nem említett szerelvényről. Értelemszerűen ugyanazokat a jelenségeket vizsgáltuk, mint I-nél; feladatunk volt még a gyűrűszár késleltetésének olyan beállítása, hogy a $Q_{2/4}$ -es „kis” szivattyú visszaforgási fordulatszámra áramkiesés esetén ne haladjon meg az üzemi értéket. Ezeket a méréseket 1963 nyarán végeztük. A mérőhelyek és a mérőközpont között rádióösszeköttetésünk volt.

IV. A mérőberendezés ismertetése

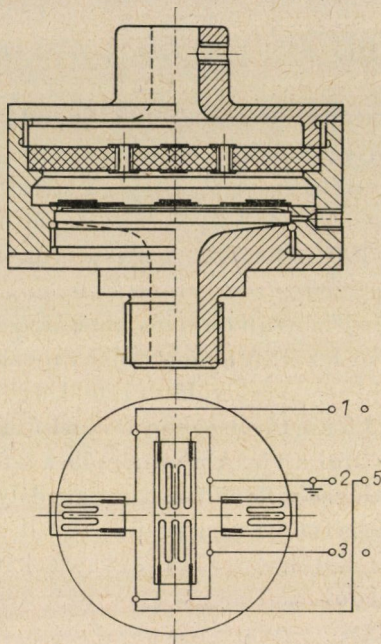
Tekintve, hogy feladatunk az egyes változóknak az idő függvényében való rögzítése volt, tehát a jeleket *hurkos oszcillográfokkal* rögzítettük.

Alkalmaztunk RFT-S03 típusú papírra dolgozó háromhurkos oszcillográfot és N3 típusú 8 hurkos, filmre dolgozó oszcillográfot.

Az *időjelet* Jaquet gyártmányú 30 mp-es villamos jeladó stopperrel adtuk. A későbbiekben részletezendő okból utólag külön igen gondos hitelesítésnek vetettük alá a stoppert. A hitelesítést — 5 C°-tól +40 C°-ig terjedő környezeti hőmérséklettartományban végeztük. A maximális eltérés az említett tartományban $17 \cdot 10^{-3}$ s volt 30 s alatt. (A mérést Disa II típusú elektronikus számlálókkal végeztük.) A 2 f hiba $2 f = 17/30\ 000 = 0,567\%_{00}$ értéknek adódott, ami $f = \pm 0,28\%_{00}$ -et jelent, igen kedvező érték. Miután az alkalmazott papírszalagsebesség kb. 5 mm/s körüli érték volt, a kb. 1/10 mm-es

vonalvastagság a 30 s-nak megfelelő 150 mm-hez képest $1/1500 = 0,666/_{00}$ értékelési hibát jelent.

A fordulatszám változását egyenáramú fordulatszámdinamó feszültségének regisztrálásával rögzítettük. Az állandósult értékeket külön fordulatszám-mérővel állapítottuk meg.



2. ábra

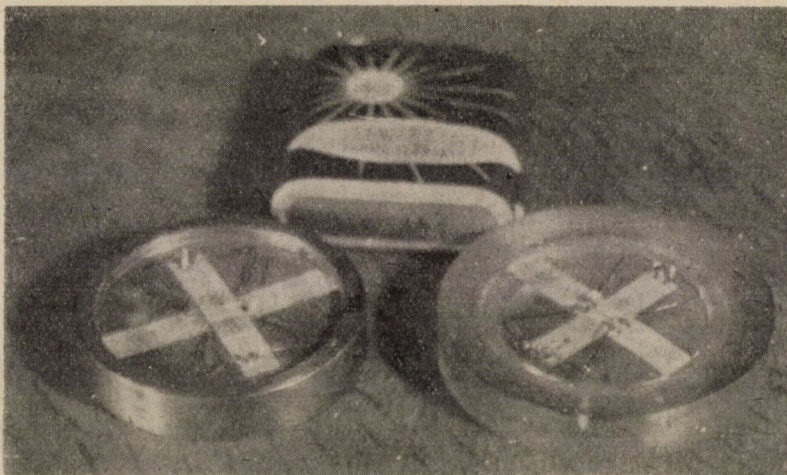
Egyéb jelenségek időpontját, pl. kikapcsolás stb. az időjel vonalán alkalmazott jellel rögzítettük.

A vezeték különböző, megjelölt pontjain végzett nyomásmérést a házilag előállított és a megfelelő nyomáshatárra készített acélmembrános adófej segítségével mértük (2. ábra). A nyomás értékének változását a membránokra ragasztott 4 mérőbéllyeg segítségével alakítottuk át villamos ellenállás változássá. Itt említjük meg, hogy irodalmi közlés alapján magunk is készítettünk plexiglasból nyomásmérő membránt, ld. 3. ábra, és ezzel elértük azt, hogy a különösen kisebb nyomásértékek mellett is aránylag könnyen elkészíthető, tehát nem túl vékony membránú nyomásmérő fej is kielégítő kitérést eredményez az oszcillográf ernyőn.

Most, miután már hosszabb időtartamú kísérleti tapasztalatunk van, a következőket állapítjuk meg: Ha az acélmembránra a mérőbéllyeg felragasztása a szokásos előírások szerint és normális gondossággal történik, úgy az szép, lineáris kitérést eredményez, mely a membránra megállapított nyomáshatáron

belül gyakorlatilag változatlan az időben, még akkor is, ha a membránt huzamosabb ideig terhelés alatt is tartottuk.

Sajnos a *pleximembránról* ezt nem mondhatjuk el, jól elkészítve ugyanis hitelesíthető, lineáris kitérést ad, tartós terhelés alatt azonban, valamint hosszabb idő után a membrán úgy látszik maradó alakváltozást szenved, ami az indikációban 0 vonal elvándorlást, később a linearitás megszűnését eredményezi. Ez tehát alkalmazásának korlátját jelenti.



3. ábra

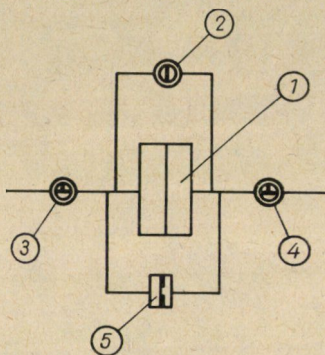
Külön problémát okozott a légüstben a vízállás regisztrálására szolgáló adófej kialakítása. Itt ugyanis az itt uralkodó $p = 20$ atm körüli víz és légoldali nyomásmérték mellett $2 \div 3$ m-es vízoszlop nyomásingadozásokról szeretnénk a teljes ernyő szélességében változó jeleket kapni. Bonyolítja a kérdést, hogy a mérőbéllyeges oldal nem igen kaphat vizet.

A kérdést egy, a 2. ábrához hasonló kivitelű acélmembránnal oldottuk meg, amelynek mindkét oldala nyomásálló lezárással készült az egyik a víz, a másik a légoldal csatlakoztatására. A membránt magát $b = 0,3$ mm vastagságúra egy darabból esztergáltuk. Miután az ilyen vékony membrán kb. 1 atm terhelésig vehető igénybe, bekötését a 4. ábra vázolata szerint készítettük el. Itt látjuk, hogy a membránnal párhuzamosan egy alumíniumfóliából kivágott ún. hasadó lapkát helyeztünk el biztosítékként, mely hibás kezelés esetén kb. 1 atm nyomáskülönbség hatására átszakad, és így a membránt tehermentesíti. A 4. ábrán látható csapok segítségével az üzembehelyezés menete az volt, hogy először a membrán mindkét oldalát a légüst légoldalával kötöttük fokozatosan össze, majd a membrán két oldalát összekötő vezeték csapját zárva és a vízoldali csapot egyidejűleg nyitva, a membrán vízoldalát a vízoldali mérendő

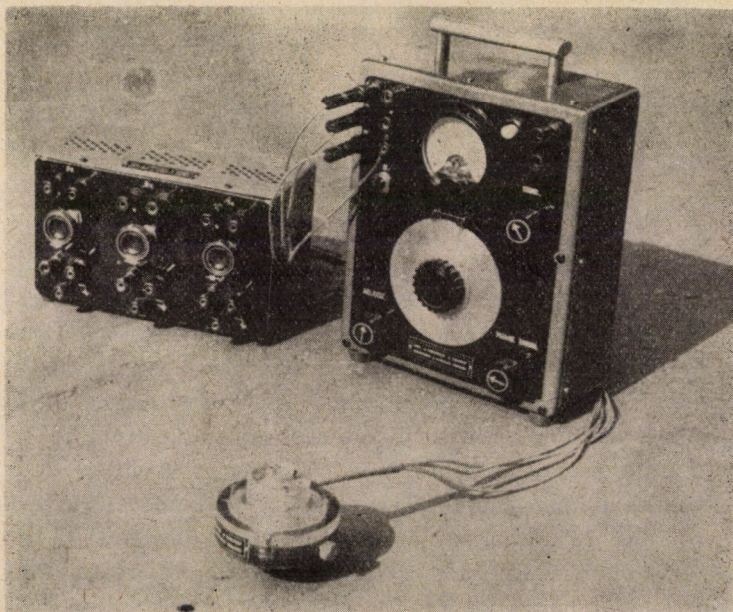
ponttal kötöttük össze. Bár az adófej fentiek szerinti kezelése kissé hosszadalmas volt és némi gondosságot igényelt, a megoldás kielégítőnek bizonyult.

A gyűrűszár mozgását és helyzetét egy, a mechanikus pozíció regisztrálására kialakított potenciométeres feszültségadó segítségével közvetlenül vittük a regisztráló hurokra.

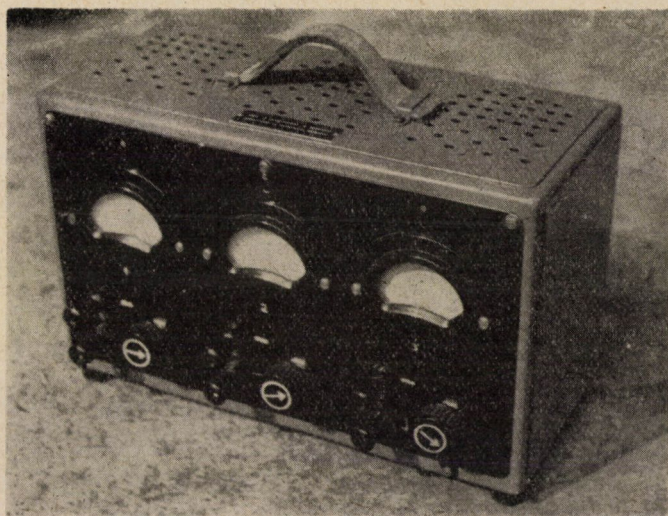
A nyomásmérő mérőhíd, amit alkalmaztunk, ugyancsak saját előállítású volt. Mérete $25,5 \times 19,5 \times 9$ cm, súlya telepekkel együtt 3,1 kg. Tranzisztorizált kivitelben készült, fényképét az 5. ábra mutatja. Stabil indikációja megkövetelte az állandósult környezeti hőmérsékletet.



4. ábra



5. ábra



6. ábra

Az egyes mérőhelyekről érkező modulált 2000 Hz-es jeleket vagy az 5. ábrán látható háromcsatornás váltakozóáramú erősítőnkkel, vagy a 6. ábra szerinti ugyancsak háromcsatornás egyenáramú erősítőnkkel tettük alkalmassá a hurkok működtetésére. Megjegyezzük azonban, hogy a mérőhídból közvetlen kijövő teljesítmény is alkalmas egy kis illesztőtranszformátor közbeiktatásával egy 1,5 mA-s hurok működtetésére, és ezáltal lehetséges villamos hálózat nélküli helyen is felvételt készíteni.

V. A mérések tapasztalatai

Az I telep méréseinek eredményeiről a [2] alatt, a II telep méréseinek eredményeiről a [3] alatt jelzett belső jelentésben találunk részletes kiértékelést és tájékoztatást.

Mi itt inkább néhány — véleményünk szerint — általános érdeklődésre számot tartó tapasztalatra hívjuk fel a figyelmet.

Az I telepnél, mint már említettünk, a hullámsebesség meghatározására légiüst nélküli üzemben a kis vízszállítású szivattyúval indulási és leállási méréseket végeztünk. Így igen éles és jól kiértékelhető lengéskép állt a hullám terjedési idejének megállapítására rendelkezésünkre.

A méréseket értékelve az I. táblázatból látható, szembeszökő észrevételt tettük a hullám terjedési idejéről. Az egyes terjedési időket mint több mérés átlagos idejét vettük figyelembe. Azt tapasztaltuk, hogy a terjedési időben és így a hullámsebességben mintegy 2,2% eltérés mutatkozik.

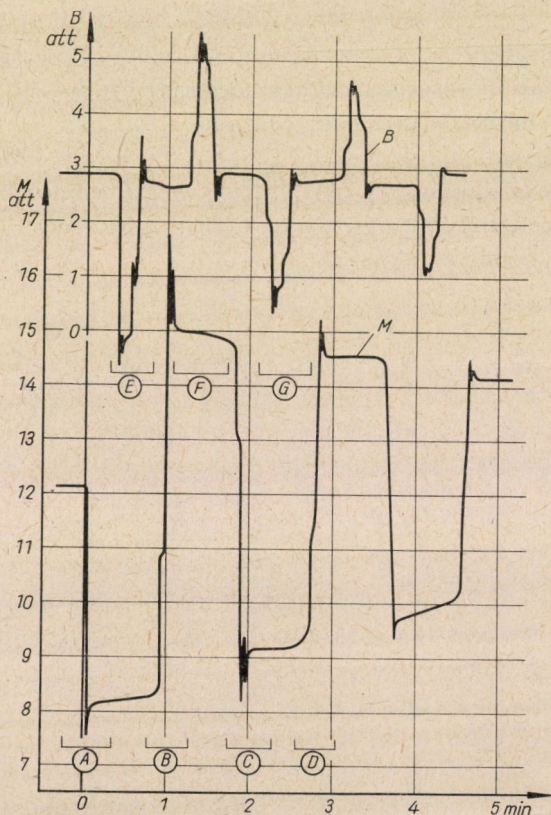
Mint azt már a mérőberendezés ismertetése során említettük, az időjelenben nem kereshettük az eltérés okát.

A mérések során, amikor annyi jellemzőt naplóztunk, elkerülte figyelmünket az, hogy a szállított víz hőmérsékletét is mérjük, így utólag kellett a Vízügyi Intézettől a mérési napokra vonatkozó Duna-víz hőmérsékleteket bekérni.

I. táblázat

Jelenség	1 ciklus ideje: M – A – M	
	Augusztusban	Novemberben
Indulás	108,5 s	111 s
Leállítás	109 s	111,4 s

A három-három mérési napra vonatkozóan az értékek augusztusban 20,9; 21,1; 21 C°, átl. 21 C° és novemberben 3,8; 3,7 és 3,6 C°, átl. 3,7 C° értékek voltak.



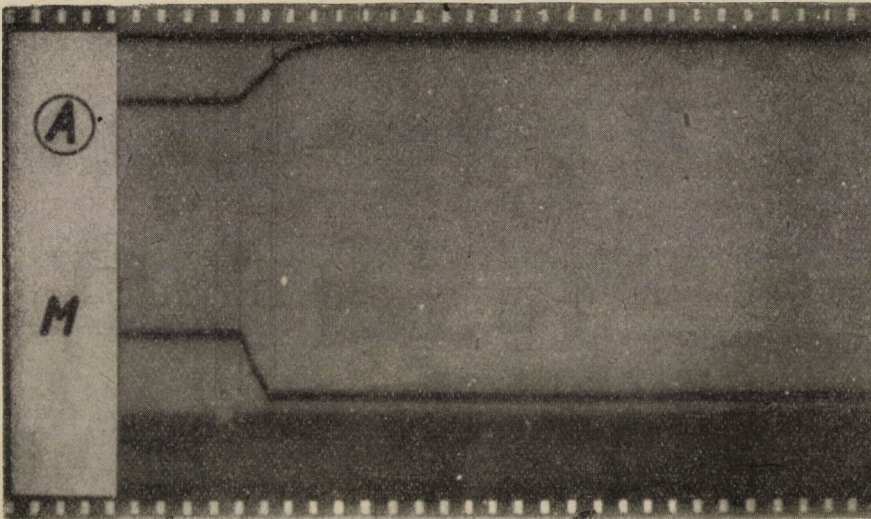
7. ábra

Ha a csővezeték jellemző méreteivel és γ_v , valamint $\tau=4$ és 20 C° , továbbá az e hőmérsékletekhez tartozó

$$E_v = 2,08 \cdot 10^8 \text{ kg/m}^2 (4\text{ C}^\circ) \text{ és}$$

$$E_v = 2,23 \cdot 10^8 \text{ kg/m}^2 (20\text{ C}^\circ)$$

értékkel elvégezzük a számítást, a mérésből adódó értékekkel jól egyező terjedési időket kapunk, a téli-nyári sebességviszony is egyezik a mérések szerinti eredménnyel.

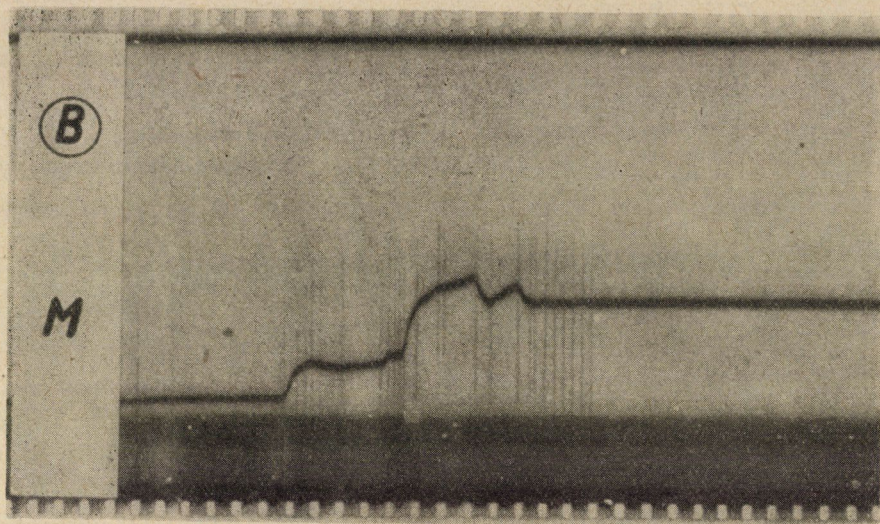


8. ábra

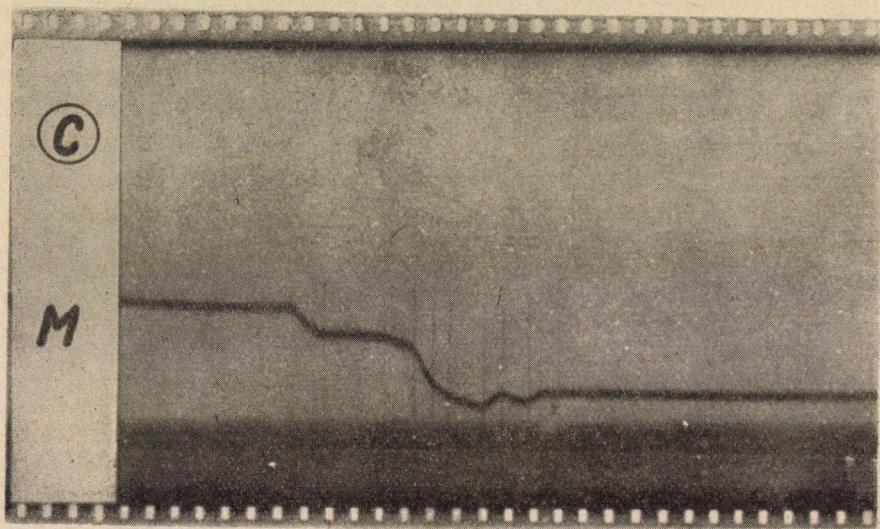
Ugyancsak az I. létesítmény merev rendszerként való vizsgálata eredményezte azt, hogy még erősen lefojtott üzemből történő hirtelen leállítás esetén is B és A pont között vízszlopszakadás áll elő. Egy ilyen felvételt mutat átrajzolva a 7. ábra. A 8–10. ábrán az M pontbeli nyomásváltozás lefolyásának A , B és C részletéről közlünk fényképet.

A B pontban nyerhető lengéskép E és F részletéről a 11. és 12. ábra fényképeit közöljük.

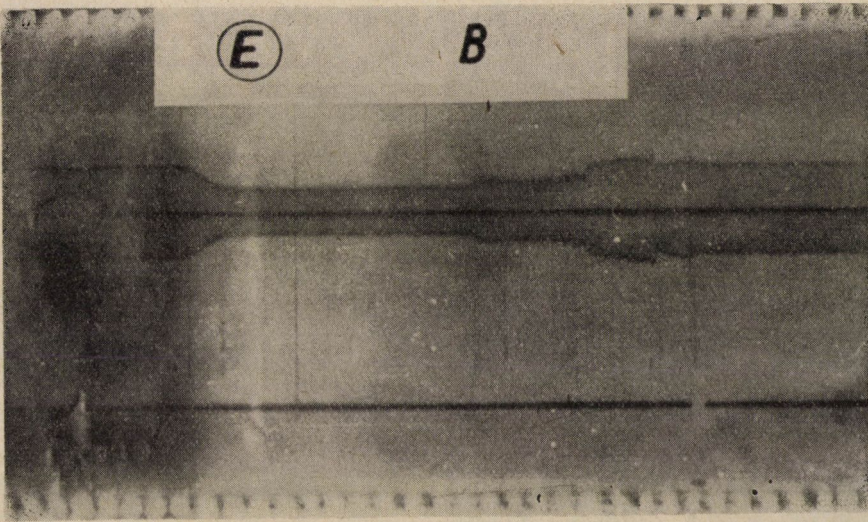
A 13. ábrán a $Q = 500 \text{ l/s}$ szivattyúnak 3 légüsttel történt üzeme esetén bekövetkező hirtelen leállítás esetén kapott lengésképet közöljük. Az ábrából meggyőzően látszik, hogy B pontban csak annak köszönhető a vízszálszakadás elkerülése, hogy mintegy 21 s-on belül A pontból visszaverődő hullám nyomásemelkedése kompenzálja a nyomásesést. Látható az ábrából, hogy ha az A pont távolsága B -től akár csak kétszerese lenne a jelenleginek, a hullámvisszaverődés későbbi visszaérkezése miatt, a három légüst ellenére is vízszálszakadással kellene számolni.



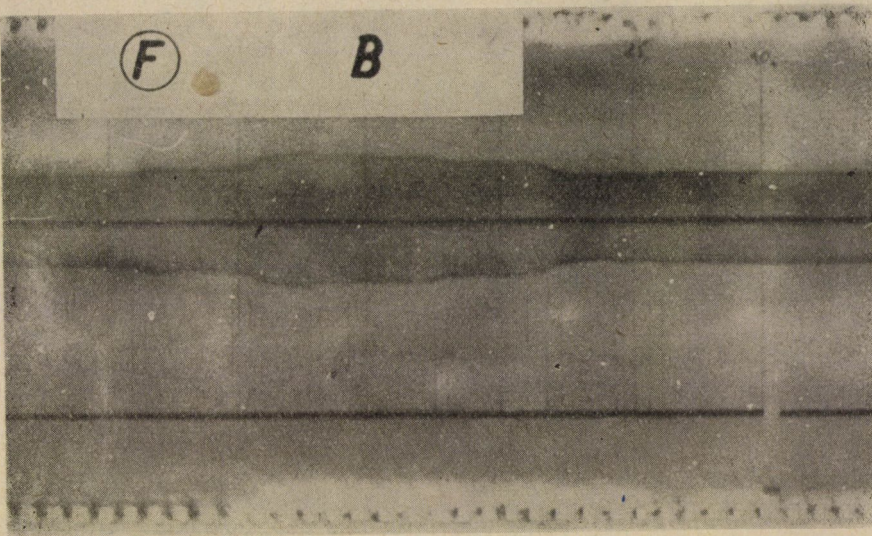
9. ábra



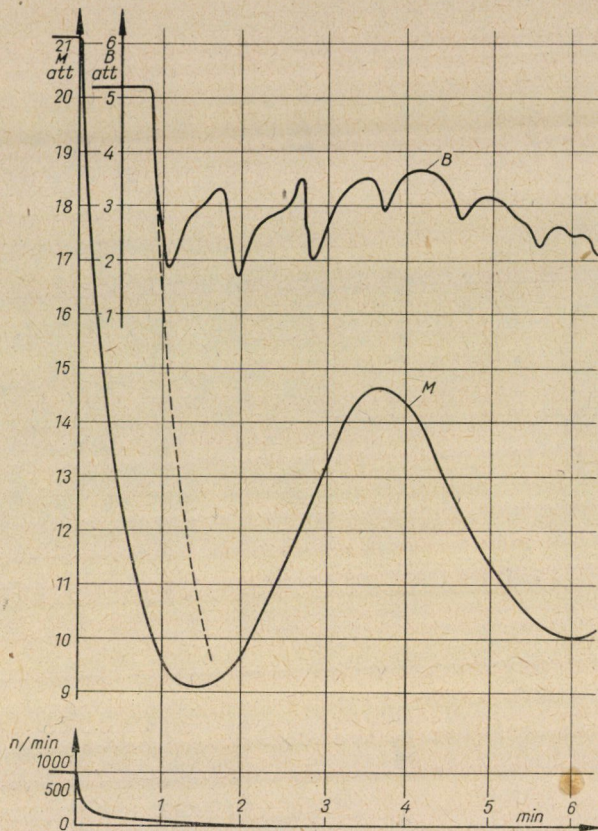
10. ábra



11. ábra



12. ábra



13. ábra

A II telep elrendezésénél alkalmaztuk először az N3 típusú 8 hurkos oszcillográfot. A felvételekből példaképpen bemutatunk egyet a 14. ábrán. A felvétel azt az esetet mutatja be, amikor a $Q = 250$ l/s szivattyú 3 légüsttel dolgozva hirtelen kiesik. A gyűrűs zár zárási ideje $t_z = 3,64$ s. Világosan látható az oszcillogram-részletből, hogy a szivattyú ennél a zárbeállításnál majdnem eléri a visszaforgás során az üzemi fordulatszám értékét.

A mérési tapasztalatokból talán kettő tarthat számot általános érdeklődésre:

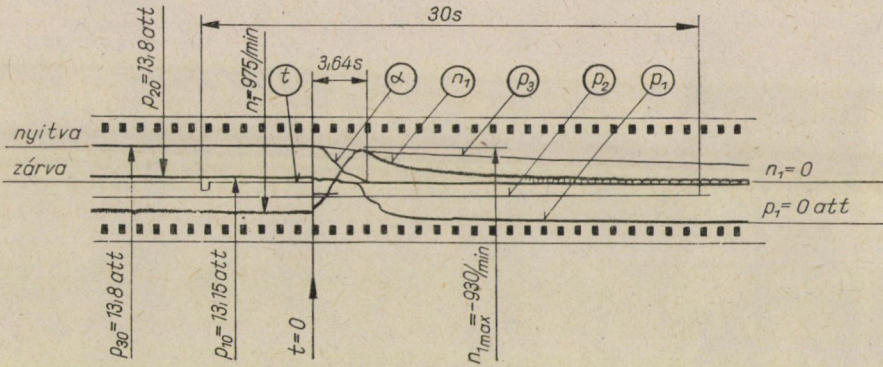
Az egyik kérdés az volt, hogy különböző üzemviszonyok mellett vizsgálni kellett a gépház mellett a főnyomócsőbe iktatott és megkerülő vezetékkel ellátott visszacsapó szelep hatását. A vizsgálat eredményét a legegyszerűbben táblázatosan közölhetjük (II. táblázat). Az 1. és 2. sor összehasonlításából látjuk, hogy a visszalengésből a légüst kirekesztése nem okoz túlzott nyomás-emelkedés többletet, a fellépő nyomáslengés maximuma az üzemi nyomásérték alatt marad. Az 5. sor adatai azonban azt mutatják, hogy az erősen csökkentett

II. táblázat

Sor-szám	Szivattyú	A légüstök száma	Megkerülő vezeték	P_{s0}	P_{min}	P_{max}
1.	$Q = 440 \text{ l/s}$	3	ny.	19 att	8,2	12,50
2.	$Q = 440 \text{ l/s}$	3	z.	19 att	8,00	13,50
3.	$Q = 440 \text{ l/s}$	2	ny.	18,85 att	7,15	13,25
4.	$Q = 250 \text{ l/s}$	3	ny.	13,95 att	8,85	12,20
5.	$Q = 250 \text{ l/s}$	0 erősen fojtva	z.	13,10 att	5,10	19,50

vízmennyiséggel és légüst nélkül üzemben tartott kis szivattyú az üzemi 13,1 att nyomásértékről először 5,1 att-re leeső, majd 19,5 att-re emelkedő, tehát az üzemi értéket veszélyesen meghaladó maximumot ér el.

A másik észrevétel az MP pontnál elhelyezett, a víztároló medence leürülését megakadályozó visszacsapószelepre vonatkozik.



14. ábra

Valamennyi hirtelen leállási vizsgálatunk az MP pontban elhelyezett mérőberendezésen azt mutatta, hogy az eredeti üzemmódtól függő módon ugyan, de mindig depresszióval végződik a leállási folyamat. Ez a körülmény semmiképpen sem tekinthető kedvezőnek a csővezeték szempontjából, és ezért kívánatos volna a visszacsapószelep és a távvezeték közé egy nyitott „álló-csőnek” a beiktatása.

A bemutatott példákból, valamint a tapasztalatokból is látható, hogy a mérési berendezés alkalmas a nyomáshullámok lefolyásával és terjedésével kapcsolatos mennyiségi vizsgálatra.

IRODALOM

1. KISBOCSKÓI, L.: Hosszú csővezetékben lefolyó nyomáslengés mérésére kialakított mérőberendezés és a vele szerzett tapasztalatok. *Gép 14* (1962), 465.
2. *Budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek Tanszéke* 473. sz. (nem közreadott) mérési jegyzőkönyv.
3. *Budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek Tanszéke* 498 sz. (nem közreadott) mérési jegyzőkönyv.

IDŐBEN FELBONTOTT SZÍNKÉPEK ELŐÁLLÍTÁSA FÉNYKÉPEZŐ ÚTON

I. RÉSZ: KÍSÉRLETI BERENDEZÉS

BARDÓCZ ÁRPÁD

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

[Beérkezett 1964. június 27-én]

A diszperzió—fényerősség paraméterek szerint ábrázolt színeknek csak korlátozott fizikai értelmük van, mert nem adnak számot a fényforrás időbeli változásairól. Nagy időpontossággal működő elektronikus vezérlésű spektroszkópiai gerjesztőberendezések lehetővé teszik időben felbontott színek előállítását, amely esetekben a színek diszperzió—fényerősség—idő paraméterek függvényében ábrázolhatók. Az időben való felbontás forgó tükör és forgó tárcsák segítségével történik, amelyek szokásos felépítésű spektrográfok optikai rendszerébe illeszkednek be. Az időfelbontó elem és gerjesztőberendezés szinkronizálása fotocellával vagy mágneses úton történik. A gerjesztőt fotocellával vagy mágneses tekercs által hajtott indítójel-generátor vezérli. A forgó tükör és forgó tárcsa villamos fázisállítást is lehetővé tevő mechanikus szerkezetbe van beépítve. A hajtás a villamos hálózattal szinkron dolgozó motorral történik. Ha a gerjesztőt telített vasmagú transzformátorról táplálják, úgy a hálózati rezgésszám kétszeresének megfelelő másodpercenkénti szikragyakoriság érhető el.

I. Bevezetés

Időben változó villamos kisülések, jelesül villamos szikrák és váltakozóáramú szaggatott ívek által gerjesztett színek klasszikus ábrázolásban csak keveset mondanak mindarról, ami a színek keletkezése alatt villamos kisülésben történik. Bár ilyen színek segítségével igen sok alapvető elméleti megállapítást lehetett tenni, mégis abból a szempontból, hogy az időben lejátszódó folyamatok belőlük nem tűnnek ki, ilyen színek ábrázolásának csak korlátozott fizikai értelme van.

Tranziens villamos kisülések által kibocsátott fény vizsgálata csak akkor lehetséges, ha követjük a fény időben való változásait is. Tranziens villamos kisülések alatt olyan kisüléseket értünk, amelyek áramerőssége és ezzel együtt fényhozama is időben változó. Ilyen kisülés jellegzetesen a villamos szikra, de tranziens kisülés pl. a váltakozóáramú szaggatott ív is. A villamos szikrában és szaggatott ívben a gerjesztő energia egy legnagyobb értéktől a zérus értékig tart, miközben minden lehetséges értéket felvesz. Ennek megfelelően fog változni a szikrában a hőmérséklet, vagyis a gerjesztő energia és követni fogja a változásokat a kibocsátott fény is. Olyan színeknek, amely nem ad számot ezekről az időbeli változásokról, fizikailag csak korlátozott értelme van és a tranziens kisülésben lejátszódó folyamatokat csak korlátozottan adja vissza.

Mint ahogy az időben változó kisülésekből származó színekben időben jelentős változások vannak, már régen jelentkezett a szükség annak, hogy

a diszperzió-fényerősség paraméterekkel ábrázolt színeképek ábrázolása a harmadik dimenzióban, tehát az időtengely mentén is megtörténjék.

Az elmúlt évtizedek folyamán sokat kísérleteztek azzal a céllal, hogy a villamos kisülésekben az időben lejátszódó folyamatokat megfigyeljék. Ezeknél a vizsgálatoknál egyes kutatók megelégedtek egyszerűen azzal, hogy egymásután letapogatták a változó kisülés egyes időtartományaiiban a fényemissziót, mások viszont arra törekedtek, hogy az időben felbontott színeképeket folyamatos időfelbontásban ábrázolják.

A vizsgálatok elvégzésének főként műszaki akadályai voltak. Ennek megértéséhez tudni kell, hogy egy tranziens szikrakisülés időtartama mindössze néhány mikromásodperc, vagy ennél is rövidebb lehet és, hogy egy mikromásodperc alatt már igen nagy változások mennek végbe a szikracsatornában. Ezért legalább mikromásodperc, de még ennél is nagyobb időfelbontásra van szükség. Továbbmenve, a kisülést, az időben való felbontást, továbbá pedig az érzékelést szinkronizálni kell. Szinkronizálás szempontjából nem közömbös, hogy nagy energiájú olyan kisülésekről van-e szó, amelyek fénye már egymagában elegendő színekép előállításához, vagy pedig olyan aránylag kisenergiájú kisülések időben felbontott színeképét akarjuk előállítani, amelyből több százat vagy több ezret kell egymásra fényképezni ahhoz, hogy a fényképező lemezen megfelelő feketedést kapjunk. Utóbbi kisülések főként vonalas színeképek előállításához szükségesek.

A szükséges nagy időpontosság megértéséhez a következők szükségesek. Ha például forgó tükör segítségével villamos kisülés képét a spektrográf részén végigvándoroltatjuk, az időfelbontás mértéke az az idő, amely alatt a kisülés képe a spektrográf részén saját szélességével elmozdul. A fényforrás képét ernyőzéssel és esetleg optikai kicsinyítéssel elvileg tetszőlegesen csökkenthetjük, ugyanígy a fénysugár hosszát elvileg tetszőlegesen növelhetjük azzal a céllal, hogy az időfelbontást fokozzuk. Ahhoz azonban, hogy mindezen rendszabályok ellenére megfelelő időfelbontást érhessünk el az szükséges, hogy a fényforrás nagy időpontossággal működjék, hogy ennek folytán az egyes kisülések időben felbontott képe a spektrográf részén nagy pontossággal ugyanarra a helyre kerüljön.

A nagy időpontossággal működő, mikromásodperc időfelbontást szolgáltatató gerjesztőberendezések hiánya megakadályozta egy általánosan használható időben felbontott színeképek előállítására alkalmas eljárás kifejlesztését. A megkívánt nagy működési pontosság ugyanis elektronikus vezérlésű spektroszkópiai gerjesztőberendezést kíván. A ma használatos elektronikus kapcsoló elemek (csövek) teljesítménye nem elegendő ahhoz, hogy a spektroszkópiai gyakorlatban szükséges teljesítmények mellett a gerjesztő energiát tartósan vezérelni tudják. A szerző laboratóriumában kidolgozott elektronikus vezérlésű spektroszkópiai gerjesztőberendezések bevezetése lehetővé tette általános gyakorlat kialakítását időben felbontott színeképek előállítására. A kívánt

nagy időpontosságú elektronikus vezérlésű spektroszkópiai gerjesztőberendezéseket elektroncső és vezérlő szikraközök egyesítése révén sikerült megvalósítani. Ezek a berendezések a kapcsolási elemek túlterhelése nélkül elvileg korlátlan nagyságú energiákat képesek vezérelni korlátlan hosszú ideig, a megkívánt időpontossággal.

Időben felbontott színeképeket forgó tükör, forgó tárcsa, mozgó film, Kerr-cella, fotocella és katódsugárcső, fotocella és felíró, továbbá pedig képátalakító segítségével lehet előállítani. Nyilvánvaló, hogy a különböző, időben felbontott színeképek előállítására szolgáló módszerek közül az a legcélszerűbb, amely elsősorban a színekép teljes hullámhossz-tartományában szolgáltat időben felbontott színeképet; alkalmas mind folyamatos, mind szakaszos időfelbontásra; a színekép mind fényképező úton, mind fotocellával érzékelhető; nem kíván különleges felépítésű spektrográft, akár szigmatikus, akár asztigmatikus spektrográffal használható; végül alkalmazható egyetlen nagyenergiájú vagy pedig sok kisenergiájú kisülés általszolgáltatott színekép időben való felbontására. Ezeket a feltételeket két rendszer teljesíti: mégpedig azok, amelyek egyikénél az időfelbontó elem forgó tükör, másikánál forgó tárcsa. Egyetlen különlegesség a kétfajta módszer alkalmazásában a gerjesztőberendezéssel szemben támasztott az a követelmény, hogy nagy időpontossággal kell működnie és a szinkronizálás végett villamos jellel vezérelhetőnek kell lennie. Az elmondottakra való tekintettel a forgó tükrös és a forgó tárcsás időfelbontó berendezésekkel fogunk foglalkozni.

A nagy időpontossággal működő spektroszkópiai gerjesztőberendezések bevezetése és ezzel együtt általánosan gyakorolható időben felbontott spektroszkópia megteremtése szükségessé tette olyan felszerelés és gyakorlat kidolgozását, amely időben felbontott színeképek kényelmes és egyszerű előállítását teszi lehetővé. Korábbi dolgozatokban [1—10, 13—15] ismertettük azokat a berendezéseket, amelyeket szerző laboratóriumában időben felbontott spektroszkópia gyakorlásához alkalmaztunk. E dolgozat tájékoztatást ad az azóta továbbfejlesztett időben felbontott spektroszkópia gyakorlását célzó berendezésről és eljárásokról, amelyeket nagy időpontossággal működő gerjesztőberendezésekkel együtt használunk.

II. Az időfelbontó elem megválasztása

A színeképek időben felbontott ábrázolását lehetővé tevő felszerelés és eljárások kialakítását nagymértékben befolyásolja az időben felbontandó jelenség időtartama, illetve periodicitása, amivel összefügg a fényhozam időbeli változásának mértéke.

A spektroszkópiai gyakorlatban alkalmazott nagyfeszültségű villamos szikrakisülések időtartama egy mikromásodperc, vagy annál kisebb is lehet. Észlelni kell tudni a szikraátütés színeképét is, amelynek időtartama 10^{-8}

I. táblázat
Spektroszkópiai fényforrások egyes kisüléseinek időtartama

Fényforrás	Kondenzátor-kapacitás	Önindukció, mikro H	A kisülés rezgésszáma, Hz	A kisülés összeitartama, mikrosec	A kisülés időtartama aperiódikus csillapítás mellett, mikrosec
Nagyfeszültségű szikra	2 500 pF	maradék	10^6	20	—
	20 000 pF	775 μ H	$5 \cdot 10^4$	200	—
Kisfeszültségű szikra	1 μ F	maradék	$25 \cdot 10^3$	100	65
	63 μ F	400 μ H	$1,18 \cdot 10^3$	2500	1100
Váltakozóáramú szaggatott ív	—	—	—	$> 10^3$ $< 10^4$	—

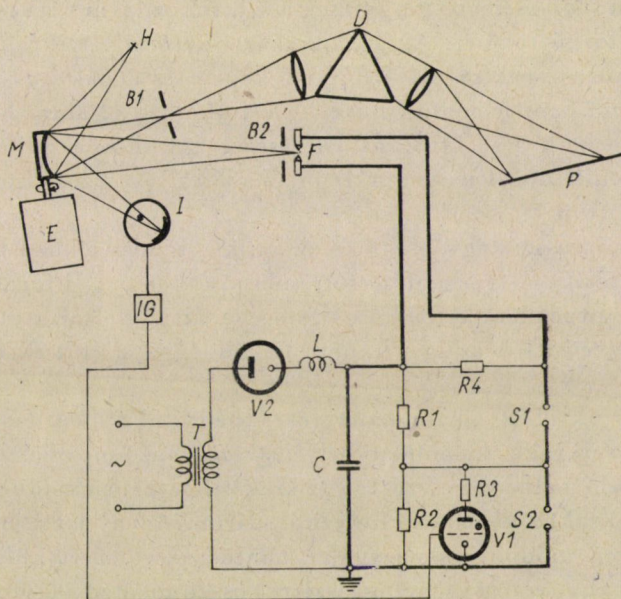
mp körül van. Ha a kisülési áramkör önindukciót is tartalmaz, a nagyfeszültségű szikra élettartama jelentős lehet. Példákat az I. táblázat mutat be, ahol összefoglaltuk a jelentősebb villamos kisülések időtartamait. A kisfeszültségű szikra időtartama részben átfedi a nagyfeszültségű szikra élettartamát, de nagyobb kapacitás és önindukciós értékek mellett élettartama a több ezer mikromásodpercet is eléri. További számadatokat az I. táblázat tartalmaz. 50 periódusú váltakozóáramú hálózatról táplált váltakozóáramú ív élettartama a tápláló feszültségtől is függően elérheti a 10 000 mikromásodpercet. Tekintettel arra, hogy a fényforrások fényhozama követni fogja az áram ingadozásait, időben felbontott színeképek előállításához olyan időfelbontó berendezésre van szükség, amely e változásokról számot tud adni. Ennek a feladatnak a megoldásához a színeképek fényképező észlelésénél mechanikus időfelbontó elemek jönnek tekintetbe. Ilyen elemek a feladat természetétől függően a forgó tükör és a forgó tárcsa. Ha nagymértékű időfelbontásra van szükség forgó tükröt, kisebb időfelbontások esetén forgó tárcsát alkalmazunk. Minthogy azonban forgó tárcsával a 4 mikromásodperces időfelbontás könnyen elérhető és alkalmazása is sokkal kényelmesebb, azért az általánosan használt időfelbontó elem a forgó tárcsa.

III. A forgó tükör mint időfelbontó elem

Időben felbontott színeképek forgó tükrrel való előállításához alkalmazott egyik berendezésünk vázlatos elrendezését az 1. ábra mutatja be. Az 1. ábra két, egymástól jól megkülönböztethető részből áll. Az ábra alsó része a nagypontosságú elektronikus vezérlésű nagyfeszültségű szikragerjesztőt, felső része az optikai berendezést szemlélteti.

A szikragerjesztő részletes felépítését és működését korábban már ismertettük [1—6], ezért itt csak vázlatosan közöljük.

Az 1. ábrában C a gerjesztő energiát szolgáltatató munkakondenzátor. Ettől balra van a töltőáramkör, jobbra a kisülési áramkör. T nagyfeszültségű transzformátor, amely V2 egyenirányító diódán keresztül nagyfeszültségre tölti a C munkakondenzátort. F az elemző szikraköz, S1 és S2 kettős vezérlő szikraköz, R4 az elemző szikraközt áthidaló szokásos ohmos ellenállás. R1 és



1. ábra. Berendezés időben felbontott színek előállításához. Az időfelbontó elem forgó tükör

R2 feszültségosztó ohmos ellenállások, R3 pedig a V1 tiratroncső anód-ellenállása. A V1 tiratroncsövet az IG indítójelgenerátor vezérli. Az L légmagos tekerés nagyfrekvenciás szűrés céljait szolgálja.

Az 1. ábra szerinti kapcsolású szikragerjesztő C kondenzátortól jobbra eső része — a kisülési áramkör — két igen fontos feladatot képes megoldani. Az egyik feladat megoldása abban áll, hogy a rendszer kisenergiájú és kisfeszültségű villamos jelekkel vezérelhető. Ez lehetővé teszi a rendszernek indítójelgenerátorokkal való vezérlését, utóbbi pedig módot ad a fényjelekkel való vezérlésre. A fényjelekkel való vezérlésnek az időben felbontott spektroszkópia szempontjából van döntő jelentősége. A másik feladat, amit ez a kapcsolási rész megold, a nagy időbeli működési pontosság, mert a V1 elektroncső rácsára adott villamos vezérlőjelhez viszonyítva az F elemző szikraköz átütése kis időszórással történik. Az 1. ábra szerinti szikragerjesztő fő érdeme az, hogy

a VI cső rácsára adott villamos vezérlőjelhez viszonyítva az F elemző szikraköz átütése 0,1 mikromásodperc időszórással történik.

Az 1. ábra felső része forgó tükröt tartalmazó optikai rendszert szemléltet, amely mikromásodperc időfelbontásban időben felbontott szikraszínképek előállítására alkalmas [7, 8, 9, 10]. Az optikai rendszer működése a következő. Az F szikraközéből jövő fény az E szinkronmotorral hajtott M forgó tükörré jut. Az F szikraköz előtt a B2 rés van elhelyezve, amely párhuzamos a rajz síkjával. Az F szikraköz elektródjainak szimmetria tengelye merőleges a rajz síkjára. Ilyen módon elérhető, hogy csak a szikraköz kívánt részéből származó fény jut az M forgó tükörré. Az F szikraköz, illetőleg a szikraköz egy részét az M forgó tükör a spektrográf B1 részére képezi és annak hosszában időben széthúzza. Az időbeni felbontás növelése céljából az 1. ábra F fényforrását kicsinyítve képezzük a spektrográf B1 részére. Az időben felbontott szikraszínkép megjelenik a P lemezen a D prizma által eszközölt hullámhosszban való felbontás után.

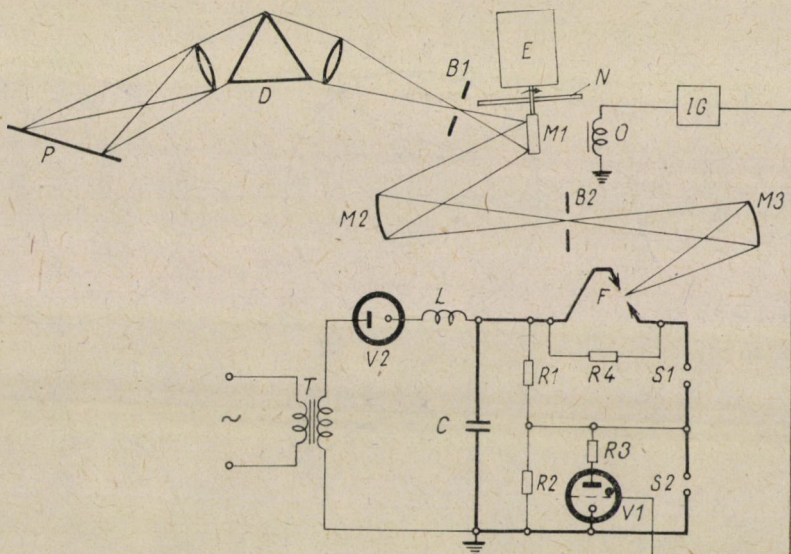
Az 1. ábrában szikragerjesztő és az optikai rendszer közötti kapcsolatot az I fotocella létesíti. A H segédfényforrásból jövő fény az M forgó tükörré jut, amely azt az I fotocellára vetíti. Az I fotocella által szolgáltatott fotóáramot az IG erősítő felelősíti és az így kapott feszültségjel a VI tiratroncső vezérlésére szolgál.

A fényforrás előtt alkalmazott rés a nagy időfelbontáson túlmenően lehetővé teszi a szikraköz különböző helyeiből származó sugárzás vizsgálatát is. Ha a szikraköz előtt elhelyezett rést, a szikraköz hosszában különböző helyekre helyezük, a szikraköz különböző helyeiről származó fény jut a spektrográfba. A szikrának ilyen módon való vizsgálata fontos azért, mert különösen nagyfeszültségű szikrában a fénysugárzás a szikra hossza mentén nagyon inhomogén.

Az 1. ábrán az F szikraköz elé helyezett B2 rés egyrészt rossz fénykihasználást okoz, másrészt a villamos nagyfeszültség, továbbá pedig a szikra közelében uralkodó nagy hőmérséklet miatt csak körülményesen alkalmazható. Ilyen elrendezés mellett általában rögzített réseket használunk, fém pofákkal, amelyek szigetelőlapra vannak szerelve. Minthogy e rés szélességét meglehetősen tág határok között kell változtatni tudni, változtatható rés alkalmazása kívánatos, ezenfelül e rést a szikraköztől távol ajánlatos elhelyezni. Olyan elrendezést, ahol ezek a szempontok tekintetbe vannak véve a 2. ábra mutat be.

Az ábra alsó részén a szikragerjesztő, felső részén az időfelbontást végző optikai berendezés látható. Az ábra szerint az M3 konkáv tükör az F fényforrást a B2 részre képezi. A tényleges kísérleti berendezésben az F szikraköz szimmetria tengelye merőleges a rajz síkjára, a B2 rés pedig párhuzamos azzal. A B2 rés szélességének beállításával szabályozzuk a továbbmenő fénynyaláb szélességét. B2 rést az M2 konkáv tükör M1 forgó tükör közvetítésével egyrészt B1 részre képezi, másrészt M1 a B2 rés képét a spektrográf B1 rése mentén végigvándoroltatja.

A 2. ábrában a szikragerjesztőt vezérlő villamos feszültséggel előállítására mágneses úton történik. Az M1 forgó tükröt hajtó E szinkronmotor tengelyére az N alumínium tárcsa van rögzítve, amely sugár irányú lágyvasbetétet tartalmaz. A tárcsa mellett mágnessel gerjesztett O tekercs van elhelyezve. Valahányszor az N tárcsa vasbetétje elhalad O tekercs előtt, utóbbiba villamos feszültségjelet indukál, amely IG erősítővel felerősíthető, illetőleg a vezérlőjelek időegységre eső száma az IG berendezéssel leosztható.



2. ábra. Berendezés időben felbontott színek előállításához. Az időfelbontó elem forgó tükr

Ha az 1. ábrában az M, a 2. ábrában pedig M1 tükr forgástengelye párhuzamos a B1 réssel, úgy a berendezés a B1 rész síkjában a B2 rész képét B1-re merőlegesen húzza szét. Ilyen módon lehet fényképezni szakaszosan a szikra különböző időpontjaiból származó színeképet. Az így kapott színeképek egyidejűleg tájékoztatást adnak a szikracatorna szélein uralkodó sugárzási viszonyokról is.

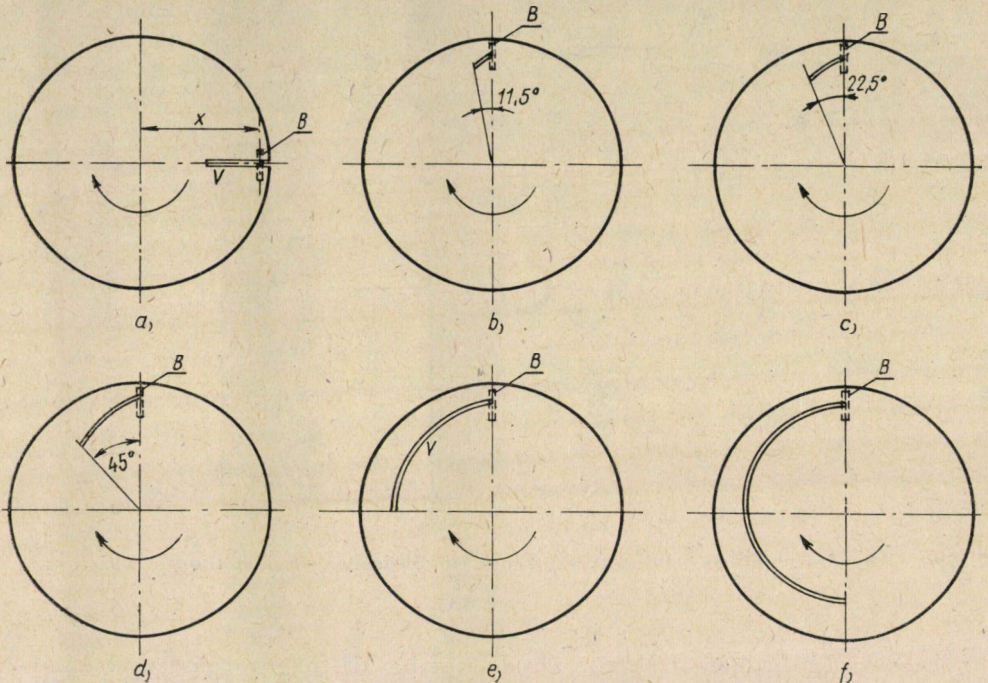
IV. A forgó tárcsa mint időfelbontó elem

Mintogy szerkezeti okokból kifolyólag az 1. és 2. ábrában a forgó tükrök nem közelíthetők tetszőlegesen a spektrográf részéhez, a spektrográf részre vetíthető sugárzás időtartománya csak korlátolt nagyságú lehet és hosszabb ideig tartó kislések időben felbontott képe hosszabb annál, mint ami a spektrográf részén, annak hosszában ráférne. Ebből kifolyóan a forgó tükrök

nek, mint időfelbontó elem alkalmazásának korlátai vannak és elsősorban aránylag rövid ideig tartó kisülések időben felbontott színeképeinek előállításához jó.

Ha aránylag hosszú ideig tartó kisülés időben felbontott színeképet kívánjuk előállítani, különböző nyílásokkal ellátott forgó tárcsákat lehet alkalmazni.

A forgó tárcsa a legegyszerűbb és hatásában mégis meglepő időfelbontó elem. A felhasználási céltól függően a forgó tárcsa igen változatos kivitelben

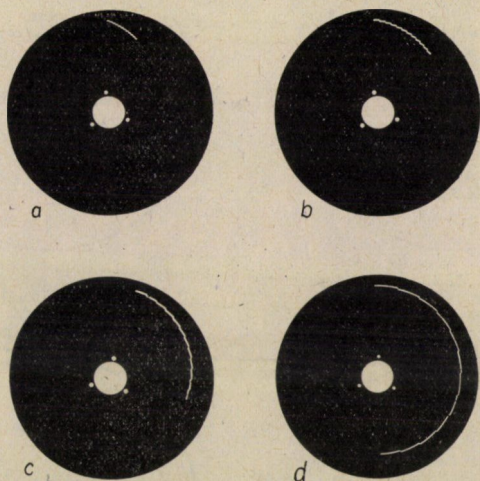


3. ábra. Forgó tárcsák időben felbontott spektroszkópiához

készül. A 3. ábra hat fajta forgó tárcsát mutat be, amit kiegészítenek még további olyan kivitelek, melyeknél a 3. ábra 3b., 3c., 3d., 3e. és 3f. képein ábrázolt folyamatosan kiképzett nyílásokat, a folyamatos nyílások mentén elhelyezkedő fokozatos nyílások helyettesítenek (4. ábra).

Az összes időfelbontás céljait szolgáló forgó tárcsák között a legegyszerűbb a 3a. ábra szerinti [11]. Ennek a tárcsának párhuzamos szélű sugárirányú nyílása van (V) és nagyságrendben 0,1 mm széles. A tárcsa a spektrográf B rése előtt a 3a. ábra szerint helyezkedik el. x a tárcsa forgástengelyének és a B résznek a távolsága. Minthogy az időfelbontás mértéke az az idő, amely alatt a spektrográf B rése előtt elhaladó bevágás saját szélességével elvándorol, nyilvánvaló, hogy adott tárcsa fordulatszám és adott tárcsa sugár mellett

annál nagyobb az időfelbontás, minél kisebb a tárcsa bevágásának szélessége. Meghatározott bevágási szélesség és meghatározott fordulatszám mellett az időfelbontás mértéke annál nagyobb, minél nagyobb a tárcsa forgástengelye és a spektrográf optikai tengelye közötti távolság. Elvileg az x méret növelésével és a tárcsanyílás szélességének csökkentésével tetszőleges időfelbontás érhető el, mégis az időfelbontás növelésének határt szab az, hogy gyakorlati okokból mérsékelt tárcsaméretnek kell maradni, másrészt pedig a tárcsa nyílásával nem célszerű 0,1 mm alá menni. Erősen csökkentve a tárcsa bevágá-



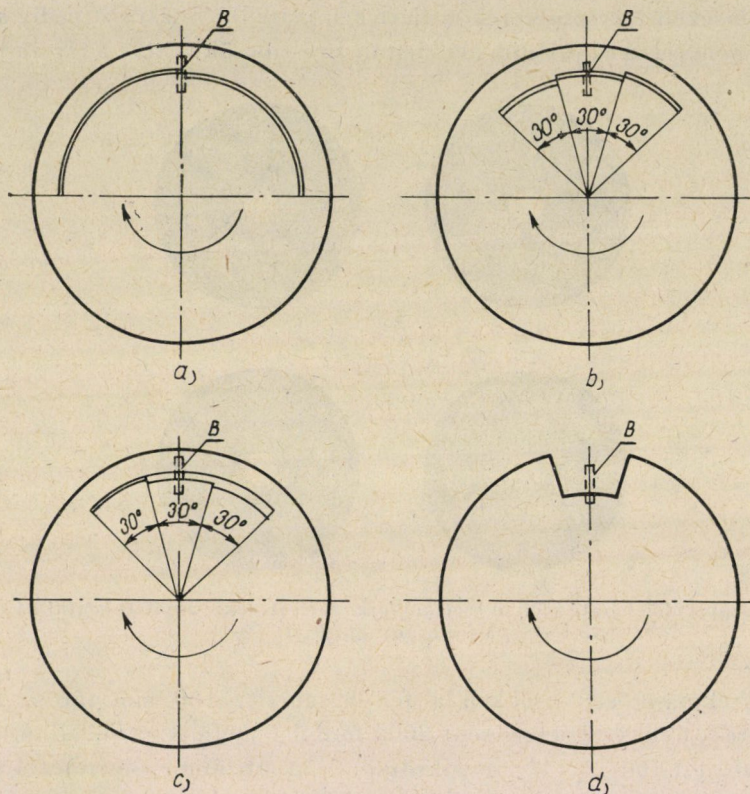
4. ábra. Fokozatos időfelbontás céljait szolgáló forgó tárcsák, lekicsinyített kontakt-lenyomata. Méretarány kb. 1 : 6

sának mértékét, erősen csökken a fényhozam is. 160 mm tárcsa átmérő, 0,1 mm tárcsa nyílás és percnként 3000 fordulat mellett az időfelbontás mértéke $20\,000 \cdot 0,1/160 \cdot 3,14 = 4$ mikromp. A 3a. ábrában x méretet 40 mm-re csökkentve az időfelbontás mértéke 7 mikromp-re csökken. Az x távolságot változtatva így tág határok között változtatható az időfelbontás mértéke és a tárcsák által uralt időtartomány.

A 3a. ábra szerinti tárcsának az a hátránya, hogy az időfelbontás mértéke a rés hossza mentén nem lineáris. Az eltérés a lineáristól annál nagyobb, minél kisebb az x távolság. A számítás azonban azt mutatja, hogy az eltérés a lineáristól $x = 40$ mm értéke mellett 1%; $x = 80$ mm értéke mellett pedig kisebb mint 0,5%.

Ha az időben felbontandó kisülés időtartama nagyobb annál, mint amely a 3a. ábra szerinti tárcsával uralható, a 3b., 3c., 3d., 3e. és 3f. ábrák szerinti tárcsákat használjuk. A tárcsában levő nyílások (V) archimedesi spirális része. Tekintve, hogy archimedesi spirális akkor keletkezik, ha egy pont sugáron egyenletes sebességgel mozog és a sugár rögzített pólus körül egyenletesen

forog, így a 3. ábra nyílásai a spektrográf rését, B rés hosszának irányában egyenletes sebességgel tapogatják le. Akkor, amikor a spirális a spektrográf B rése előtt annak hosszanti irányában egyenletes sebességgel elvonul, a különböző időpontokból származó sugárzás a spektrográf részének különböző pontjaira jut. A kapott színek időben fel lesz bontva.



5. ábra. Különböző kialakítású forgó tárcsák időben felbontott spektroszkópiához

A 3a. ábra szerinti tárcsa segítségével uralható időtartomány 500 mikromásodperc körül van. A 3b., 3c., 3d., 3e. és 3f. tárcsákkal rendre 625, 1250, 2500, 5000 és 10 000 mikromásodperc időtartományt lehet uralni. Minden esetben a tárcsa fordulatszáma 3000/perc.

A 3. ábra szerinti forgó tárcsákkal folyamatos időfelbontás érhető el. Különösen mérések esetében célszerű az időfelbontást fokozatosan eszközölni [12]. A 4. ábra a 3c., 3d., 3e. és 3f. tárcsáknak megfelelő fokozatos tárcsák kicsinyített kontakt lenyomatát mutatja be.

Fokozatos forgó tárcsák csak periodicitást nem mutató fényforrások sugárzásának időfelbontására valók.

Az 5a. ábra szerinti forgó tárcsa akkor kerül alkalmazásra, ha a villamos kisülésből származó sugárzást két különböző időtartományban kívánjuk fel-fogni. Így például külön érzékelhetők egy szikrakisülés kezdeti időtartományából származó, főként magas gerjesztési szinthez tartozó vonalak, illetőleg folytonos sugárzás és külön érzékelhető a kisülés későbbi időtartományából származó, kisebb gerjesztési szinthez tartozó színek. Az 5b. ábra szerinti tárcsa 50 periódusú hálózatot feltételezve és 0,005 másodpercig, vagyis negyed hálózati perióduson át égő váltakozóáramú ívből származó sugárzás három egyenlő időtartományából származó részének megfigyelését segíti elő.

Az 5c. ábra szerinti tárcsa ugyanezt a sugárzást úgy bontja fel időben, hogy 90° -os nyílásfokozaton a teljes negyed periódus alatt kibocsátott sugárzás jut a spektrográfba, a 60° -os második fokozaton előbbi időtartam kétharmad része alatti, míg a 30° -os részen a negyed periódus egyharmad időtartama alatti sugárzás érzékelhető. Az 5d. ábra szerinti tárcsa a sugárzás egy részének kiárnyékolására való [10, 13].

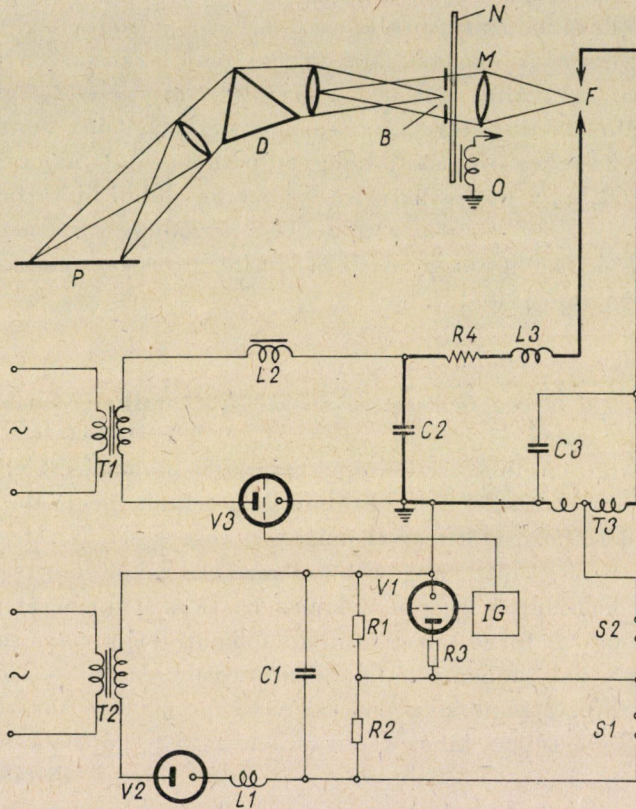
V. Forgó tárcsa beillesztése spektrográf optikai rendszerébe

A forgó tárcsa elhelyezése a spektrográfiai berendezésben egyik módon a 6. ábra szerint történik. A 6. ábrában N a célnak megfelelő nyílással bíró forgó tárcsát jelképezi, előtte az O mágneses tekercsel. N tárcsa közvetlenül a spektrográf B rése előtt forog. F az elemző szikraköz, amelyet az M lencse a spektrográf kollimátor lencséjére képez le. D a spektrográf prizmája, P a fényképező lemez. A forgó tárcsa mint időfelbontó elem elsősorban kisfeszültségű szikra fényének időben való felbontására való, ezért a 6. ábrán az optikai berendezést kisfeszültségű szikragerjesztővel kapcsolatban ábrázoltuk [14, 15]. A 6. ábrán a vastagon kihúzott áramkör a kisfeszültségű szikragerjesztő munkaáramköre, benne L3 önindukcióval és R4 ohmos ellenállással. T3 légmagos autotranszformátor és a gyújtóáramoknak a kisülési áramkörbe való vitelére szolgál. T1 transzformátor a kisfeszültségű szikragerjesztő töltőáramkörének feszültségét 1000 voltra állítja be, V3 vezérelhető trióda, L2 pedig áramkorlátozó vasmagos önindukció. A 6. ábra alsó áramköre a gyújtóáramkör, amely felépítésében teljesen megegyezik az 1. és 2. ábra szerinti szikragerjesztők kapcsolásával azzal a különbséggel, hogy az 1. és 2. ábra F és R4 kapcsolási eleme helyében a 6. ábra esetében a T3 légmagos autotranszformátor van.

A 3., 4. és 5. ábrák szerinti forgó tárcsák többféle módon illeszthetők bele az optikai elrendezésbe. Négyfajta optikai elrendezést a 7. ábra szemléltet. Legegyszerűbb a 7a. ábra szerinti optikai elrendezés, ahol minden további külső optika nélkül az N forgó tárcsa közvetlenül a spektrográf B rése elé kerül. A 7a. ábrában F a szikraköz, B a spektrográf rése, M annak kollimátor lencséje, D pedig a prizma. A 7a. ábra a 3a. ábra szerinti tárcsa esetére van meg-

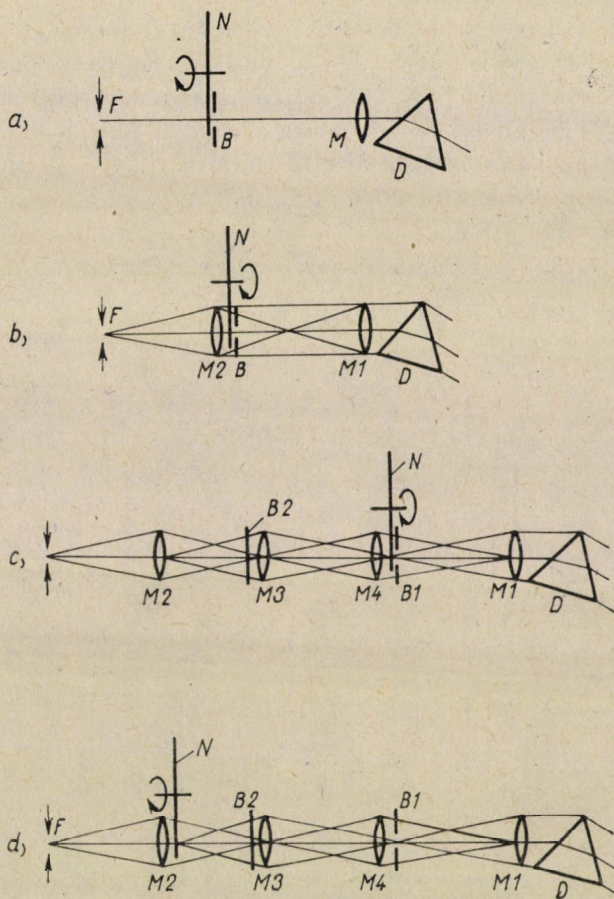
rajzolva, amikor is a tárcsa forgási tengelye a spektrográf B részének magasságában van. Minden más tárcsa esetében a tárcsa forgási tengelye a B rész alatt, annak meghosszabbításában van.

A 7b. ábra összehasonlításul a 6. ábra szerinti optikai elrendezést adja ismételtten vissza. Itt az F fényforrást M2 lencse segítségével a spektrográf



6. ábra. Forgó tárcsa beillesztése spektrográf optikai rendszerébe

M1 kollimátor lencséjére képezzük. Az N forgó tárcsa, az M2 lencse és spektrográf B1 rése közé kerül közvetlenül B1 rész alá. A 7c. ábra azt az esetet mutatja be, amikor az F szikra fényét úgynevezett közbenső leképezés útján visszük a spektrográfba. Itt az F szikra fényét az M2 lencse segítségével először M3 lencsére, illetőleg az előtte elhelyezett és nyílásokkal bíró B2 ernyőre képezzük, majd a B2—M3 elemeket az M4 lencsével a spektrográf M1 kollimátor lencséjére képezzük. Az N forgó tárcsa a spektrográf B1 rése és M4 lencse közé kerül közvetlenül a spektrográf rése elé. Ennek az optikai elrendezésnek a közbenső leképezés előnyein felül még az az előnye van, hogy az F szikrát a nyílásos B2 ernyőre képezve, a szikra általunk kívánt részéből származó sugárzást



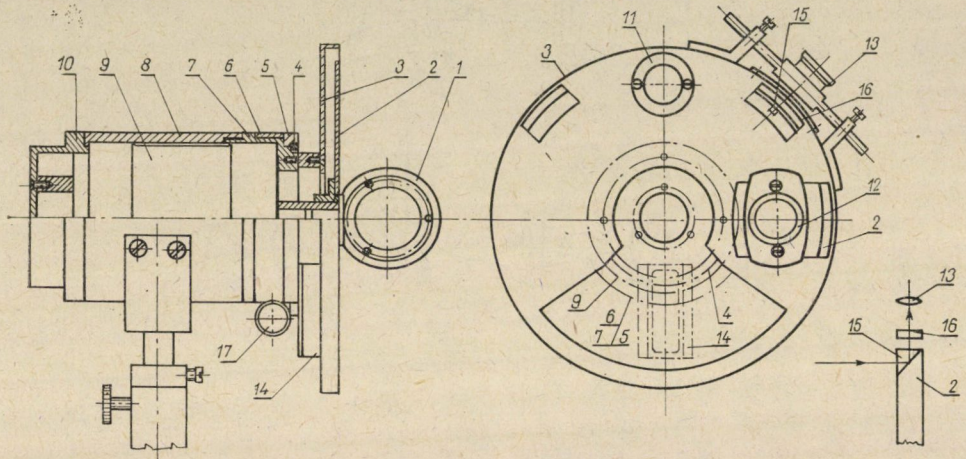
7. ábra. Forgó tárcsa elhelyezése spektrográf optikai rendszerében

engedjük a spektrográfba az ugyancsak általunk kívánt mennyiségben. Elhelyezhetjük az N forgó tárcsát a 7d. ábra szerint is, amikor azt M3 lencse segítségével a spektrográf B1 részére képezzük [16], amikor ugyanaz a hatás, mintha az N tárcsa közvetlenül a spektrográf rése előtt lenne elhelyezve. Ebben az esetben azonban akromatikus leképező lencsét kell alkalmazni, mert ellenkező esetben a berendezés az N tárcsát a B1 részre csak keskeny hullámhossz tartományban képezi le.

VI. Az időfelbontó optikai berendezés gyakorlati kivitele

A forgó tükrök, illetőleg forgó tárcsák működtetésére szolgáló szerkezetet a 8. ábra mutatja be. A 8. ábrán 1 a forgó tükröt, 2 a forgó tárcsát jelenti. A 2 forgó tárcsa vagy mint optikai elem, vagy mint villamos vezérlő szerkezet

mindig jelen van. Természetesen ha az időfelbontás forgó tárcsával történik, az 1 tükör nincs a szerkezetben. A villamos vezérlőjelek előállítása céljából a nem mágneses anyagból készült 2 forgó tárcsának sugárirányú vasbetétje van, utóbbi a 14 mágneses tekercs előtt elhaladva abba villamos feszültségjeleket gerjeszt. Az 1 forgó tükröt és 2 forgó tárcsát a 9 szinkron motor hajtja, amely esetünkben percenként 3000-et fordul. A 9 szinkron motor a 7 és 8 darabból álló ágyban elforgathatóan van ágyazva. A kotyogás kiküszöbölése végett a 7 és 8 darabok egymáshoz esavarmenettel illeszkednek. A 9 motorhoz



8. ábra. Időfelbontó szerkezet

hozzá van rögzítve a 10 darab, utóbbi segítségével a motor a 7 és 8 darabokból képzett ágyban saját tengelye körül elforgatható. A vezérlőjeleket előállító mágnes tekercs 14, az 5 gyűrűre van erősítve, amely a 7 ágyon elforgatható. Ugyancsak elfordítható a 7 ágyon a 6 gyűrű is. Az 5 és 6 gyűrűk egymással a 17 mikrométeres állító csavar közvetítésével kényszer kapcsolatban vannak. Az 1 forgó tükör és 2 forgó tárcsa forgási fázishelyzetének a spektrográf részéhez viszonyított helyes fázisbeállítása az 5 és 6 gyűrűk forgatásával és ezzel együtt a 14 mágnes tekercsnek a motor tengelye körül való elforgatásával történik. Az említett fázishelyzet durva beállítása az 5 és 6 gyűrűk együttes elforgatásával történik. A fázishelyzet durva beállítása után a 6 gyűrű a 7 ágyon rögzíthető. A finom fázisbeállítás az 5 gyűrű elforgatásával történik, amely 6, most már rögzített gyűrűhöz viszonyítva a 17 mikrométeres csavar segítségével történik. Az 5 és 6 gyűrűk helyzetének leolvasása céljából a 6 gyűrűnek 180°-os osztása van, amely osztás a 7 ágyon elhelyezett jelhez viszonyul. Az 5 gyűrű helyzete 6 gyűrűhöz képest noniusz-osztás segítségével olvasható le. Az 5 és 6 gyűrűket a 7 ágyon a motor tengelyének irányában a 4 menetes gyűrű támasztja meg.

A leírt forgási fázishelyzetnek az 5 és 6 gyűrűkkel történő beállítása nem abszolút beállítás, mert a mechanikai szerkezet vagy pedig az elektronikus berendezés esetleges bizonytalanságai folytán a gerjesztőberendezés ellenőrizhetetlen módon követi csak a 14 mágnes tekercs által adott parancsot. A 2 forgó tárcsa fázishelyzetének a szikrakisülés időpontjához viszonyított abszolút beállítása a 8. ábra szerint a 3 tartószerkezetre rögzített 13, 15 és 16 alkatrészek segítségével történik magának a szikra által kibocsátott fénynek stroboszkopikus hatása alapján. Ennek a fázisállításnak eszközlése céljából a 2 forgó tárcsának a 8. ábrán látható segédábra szerinti 15 átlátszó betétje van, amelynek felső felén a forgástengellyel párhuzamos jel van. Ez a jel a szikra működése alatt a stroboszkópos hatás következtében úgy tűnik, mintha állna. A jellel ellátott 15 betét fölött a 16, osztásos átlátszó körív alakú idomdarab helyezkedik el. A 15 betétre a fény a nyíl irányából jön, amelynek ferde lapja azt felfelé vetíti és a 13 lupe segítségével leolvasható a 15 betéten levő osztás segítségével a 2 tárcsa forgási fázishelyzete a 16 osztáshoz viszonyítva. Ez a beállítás abszolút, mert közvetlenül adja a 2 tárcsa forgási fázishelyzete és a szikra időpontja közötti kapcsolatot. A szikra időpontjainak a tárcsa forgási fázishelyzetéhez viszonyított megváltozása a 16 osztáson közvetlenül leolvasható. Legfinomabb beállítások esetén ezért a 13, 15 és 16 elemek által nyújtott beállítási lehetőséget használjuk ki. A szikra fénye a 15 betétre, az optikai elrendezéstől függően, vagy közvetlenül, vagy pedig tükör segítségével jut.

Ha a 8. ábra 2 tárcsájának forgási fázishelyzetét a spektrográf részéhez viszonyítva a kívánalmaknak megfelelően beállítottuk, ez még nem jelenti azt, hogy a szikra- vagy ívgerjesztő vezérlése a tápláló hálózat feszültségének fázisához képest a kívánt helyzetben van. A kívánt fázishelyesbítést a 9 motornak a 10 fogantyú segítségével való elforgatása útján érjük el.

Gondoskodás történt arról, hogy ha a forgó tárcsát a spektrográf rése előtt kell elhelyezni, ennek meg is legyen a lehetősége. Lencsének közvetlenül a spektrográf rése előtt való elhelyezése különösen a 7b. és a 7c. ábrák szerinti optikai berendezés esetén szükséges. Ilyen esetekben a lencsét a 3 tartó szerkezetre a 11 vagy 12 helyen helyezhetjük. 12 helyre a lencse akkor kerül, ha a 3a. ábra szerinti sugárirányú nyílással ellátott tárcsát alkalmazunk. Ebben az esetben attól függően, hogy milyen időtartományt akarunk felvételezni, a lencse sugárirányban különböző helyekre kerül. Ezért a 12 lencsetartó a 3 tartószerkezeten sugárirányban eltolható. Hogy ennek az eltolásnak a mértéke minél nagyobb legyen, ahhoz minél kisebbnek kell lenni a motor és agy átmérőjének.

Természetesen ha időfelbontáshoz a 3a. ábra szerinti tárcsa kerül alkalmazásra, a 8. ábra szerinti szerkezet az optikai tengely magasságában, de ahhoz képest vízszintes síkban eltolva kerül felállításra.

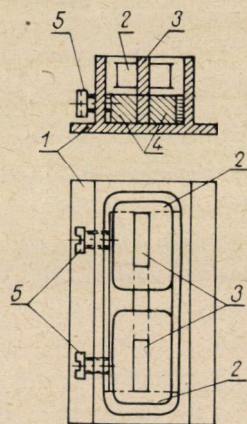
VII. A villamos vezérlőjel előállítása

Gyakorlati előnyök miatt újabban gerjesztőberendezések vezérlésére időben felbontott üzem esetén mágneses úton előállított vezérlőjeleket alkalmazunk. Ezért e helyen csak mágneses úton előállított vezérlő jelek előállításával foglalkozunk.

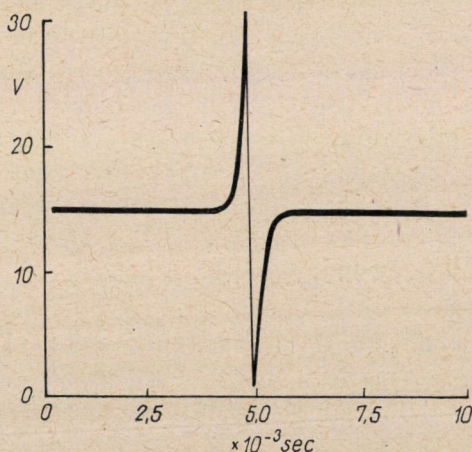
A 8. ábra szerinti 14 jelű mágneses tekercs elrendezése a 9. ábrán látható. A 9. ábra 2 jelű tekercseinek 3 vasmagjai 5 csavarok segítségével 4 jelű állandó mágnesek közé vannak fogva. A két tekercs sorba van kötve. A tekercsek a mágnesekkel együtt az 1 jelű alumínium hőlécen vannak elhelyezve.

A 9. ábra 2 tekercseiben keletkező villamos jel feszültségének időbeli lefolyását a 10. ábra mutatja.

A 10. ábra szerinti jel korlátolt igények támasztása mellett már felhasználható spektroszkópiai gerjesztőberendezés vezérlésére. Ebben az esetben

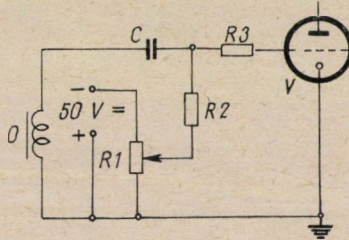


9. ábra. Mágneses tekercs kialakítása



10. ábra. Mágneses úton előállított villamos vezérlő jel időbeli lefolyása

a vezérlő áramkör kapcsolása a 11. ábra szerint alakul. A 11. ábrában az O mágneses tekercsben keletkező feszültség jel kondenzátoron és ohmos ellenálláson keresztül V cső rácsára jut, utóbbi a gerjesztőberendezés vezérlőcsöve (1. és 2. ábrán V1). Az 50 V-os feszültségforrás az előfeszültséget szolgáltatja. A 11. ábra szerinti kapcsolás az 1. ábrán I—IG, a 2. ábrán O—IG kapcsolási elemeket pótolja. Az ilyen módon való vezérlés a V cső jellemző adataitól is



11. ábra. Indítójel generátor

$C = 0,1 \mu\text{F}$; $R1 = 0,5 \text{ M}\Omega$; $R2 = 20 \text{ k}\Omega$; $R3 = 200 \text{ k}\Omega$

függően csak akkor lehetséges, ha az 1. és 2. ábrákon a C kondenzátor töltőfeszültsége kicsiny és így elsősorban szaggatott ívek, valamint kisfeszültségű szikrák gyújtóáramköreinél alkalmazható.

Minden igényt kielégítő indítójel generátor-kapcsolása a 12a., elvi felépítésének tömbvázlata pedig a 12b. ábrán látható. Ez a berendezés másodpercenként legfeljebb a hálózati rezgésszám kétszeresének megfelelő vezérlőjelet képes szolgáltatni. Ezenkívül változtatható a vezérlőjelek időegységre eső száma. Az előállítható időjelek időegységre eső számát a II. táblázat tartalmazza. Az indítójelgenerátor időegységre eső vezérlőjelei számának változtathatósága lehetővé teszi egyrészt azt, hogy a kisülések között a tetszőleges szüneteket iktassunk be és ezzel csökkentjük a vizsgált minta felmelegedését, másrészt mód van egyes kisülések előállítására.

Tekintetbe véve a 6. ábra szerinti berendezés vezérlésének szükségességét is, az indítójel generátor két kimenő vezérlőjelet szolgáltat, amelyek közül az egyik a 6. ábra áramkörének gyújtóáramkörét (V1 cső), a másik a munkaáramkör töltőáramkörét (V3 cső) vezérli. Ha az indítójel generátor az 1. és 2. ábrák szerinti áramköröket vezérli, úgy az utóbbi csatornára nincs szükség. Az indítójelek a 8. ábra szerinti szerkezet segítségével a hálózati feszültséghez képest fázisban eltolhatók.

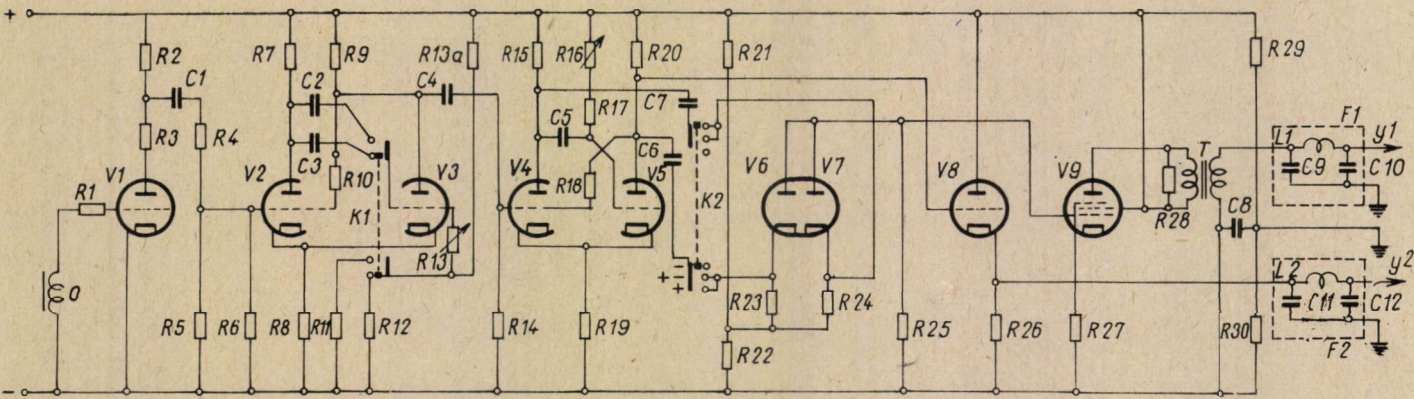
A 12a. ábrán O jelenti a 2. és 6. ábrák ugyanilyen jelű mágneses tekercsét. Az O tekercs által előállított jel rácsvágó körre kerül. V1 cső a rácsára jutó jelet felerősíti és fázisban 180° -kal megfordítja. Ez a jel differenciálás és megfelelő leosztás után a V2 cső rácsára jut. A V2 és V3 csövek multivibrátor alkotnak, amelynek segítségével az O mágneses tekercs által szolgáltatott jel időegységre eső gyakorisága leosztható úgy, amint azt a II. táblázat megadja.

II. táblázat

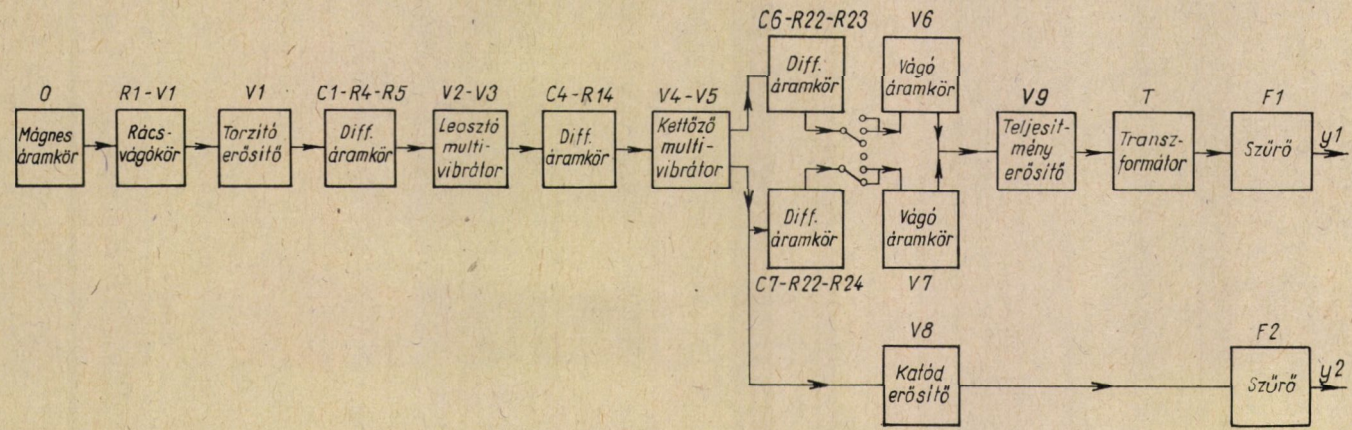
A 12. ábra szerint kapcsolt indítójel-generátor által szolgáltatott indítójelek időegységre eső száma f , 50 periódusú hálózatot feltételezve

f	Kisülés minden 50/ f -ik periódusban
50	1
25	2
16,66	3
12,5	4
10	5
8,33	6
7,14	7
6,25	8
5,55	9
5	10
3,33	15
2,5	20
2	25
1,668	30
1,43	35
1,25	40
1,111	45
1	50

A tulajdonképpeni leosztás C2—R13—R11 és R13a., illetőleg C3—R13—R12 és R13a. kapcsolási elemek segítségével történik. A kapcsolási elemek átkapcsolását a K1 kapcsoló segítségével eszközöljük. A V2—V3 multivibrátorból kimenő jelek differenciálás után a V4—V5 csövekből alkotott kettőző multivibrátorra kerülnek. Ennek a multivibrátornak a segítségével a V4 cső rácsára érkező jelből két, egymást változtatható időkésséssel követő jelet állítunk elő. Erre akkor van szükség, ha másodpercenként a hálózat rezgésszáma kétszerezésének megfelelő gyakorisággal kívánunk vezérlő jeleket előállítani. A V4—V5 kettőző multivibrátorból a vezérlő jelek differenciáló tagokon és a K2 kapcsolón keresztül a V6 és V7 vágó diódákra jutnak. A K2 kapcsoló beiktatásával elérhető, hogy a V4—V5 multivibrátorból jövő mindkét jel továbbmegy, vagy pedig csak az egyik. A vezérlő jel a V9 kimenő fokozatra kerül. A V9 kimenő fokozat által felerősített jeleket T transzformátorba vezetjük, majd a jel F1 nagyfrekvenciás szűrőfokozaton keresztül y_1 pontnál elhagyja az indítójel-generátort. A 6. ábra V2 csövének vezérléséhez szükséges jelet a V5 cső anódjáról vesszük le, amely a V8 katóderősítő fokozat rácsára került. Utóbbi jel az F2 szűrőn keresztül y_2 -nél hagyja el az indítójel-generátort. A két csatornát elhagyó jeleket negatív előfeszültségre helyezük olyan formában, hogy az indítójel-generátort tápláló feszültséget az R29 és R30 ellenállások segítségével leosztjuk és a leosztás közös pontját földeljük. Az osztó R30 tagját az indítójelek áthaladása tekintetében a C8 kondenzátor rövidre zárja, amely megakadályozza, hogy az ellenálláson káros feszültségvesztés lépjen fel.



a)



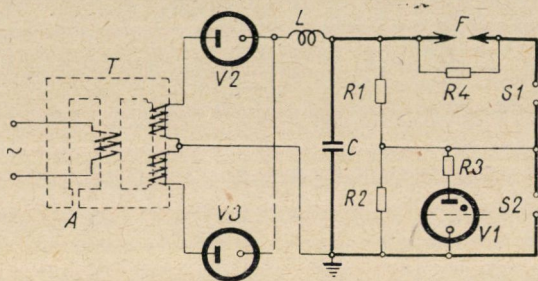
b)

12. ábra. Indítójel generátor, az időegységre első indítójelek száma változtatható

$C1 = 10 \text{ nF}; C2 = 0,25 \text{ }\mu\text{F}; C3 = 50 \text{ nF}; C4 = 700 \text{ pF}; C5 = 20 \text{ nF}; C6 = 700 \text{ pF}; C7 = 700 \text{ pF}; C8 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}; C9 - C12 = 200 \text{ pF}; V1 = \text{AZ } 41; V2 - V8 = \text{ECC } 40; V9 = \text{EL } 41;$
 $R1 = 300 \text{ k}\Omega; R2 = 22 \text{ k}\Omega; R3 = 8 \text{ k}\Omega; R4 = 580 \text{ k}\Omega; R5 = 0,8 \text{ M}\Omega; R6 = 0,5 \text{ M}\Omega; R7 = 68 \text{ k}\Omega; R8 = 15 \text{ k}\Omega; R9 = 68 \text{ k}\Omega; R10 = 1,5 \text{ M}\Omega; R11 = 25 \text{ k}\Omega; R12 = 15 \text{ k}\Omega; R13 =$
 $= 0,1 \text{ M}\Omega - 1 \text{ M}\Omega; R13a = 51 \text{ k}\Omega; R14 = 0,51 \text{ M}\Omega; R15 = 68 \text{ k}\Omega; R16 = 0,5 \text{ M}\Omega; R17 = 0,6 \text{ M}\Omega; R18 = 1,5 \text{ M}\Omega; R19 = 10 \text{ k}\Omega; R20 = 68 \text{ k}\Omega; R21 = 0,33 \text{ M}\Omega; R22 = 0,1 \text{ M}\Omega;$
 $R23 = 0,1 \text{ M}\Omega; R24 = 0,1 \text{ M}\Omega; R25 = 68 \text{ k}\Omega; R26 = 0,1 \text{ M}\Omega; R27 = 170 \text{ }\Omega; R28 = 10 \text{ k}\Omega; R29 = 68 \text{ k}\Omega; R30 = 41 \text{ k}\Omega$

VIII. Másodpercenként a hálózat rezgésszáma kétszeresének megfelelő számú szikrát szolgáltató szikragerjesztő

Azokban az esetekben, amikor 50 periódusú hálózatot feltételezve a töltési és kisülési folyamatok szétválasztása mellett, másodpercenként 100 szikrakisülést kell előállítani, az eddig ismertett szikragerjesztő kapcsolások nem alkalmazhatók, mert ezeknél az előírt körülmények mellett legfeljebb 50 lehet a másodpercenkénti kisülések száma. Olyan kapcsolást, amelynél a

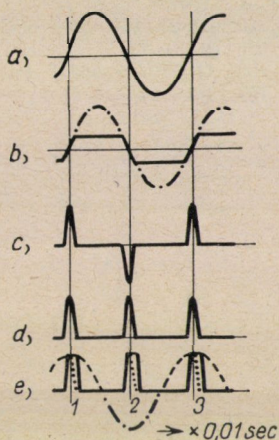


13. ábra. Másodpercenként a hálózat rezgésszáma kétszeresének megfelelő számú szikrát szolgáltató szikragerjesztő

másodpercenkénti kisülések száma 50 periódusú hálózatot feltételezve a töltési és kisülési folyamatok szétválasztása mellett 100 lehet, a 13. ábra mutat be. Ez a kapcsolat nagyfeszültségű szikra előállítására való [6]. A 13. ábra lényege abban van, hogy a T transzformátor szekunder vasmagja telített. Ezáltal azt tudjuk elérni, hogy telített vasmagú transzformátor szinusz alakú feszültség-hullám helyett aránylag rövid ideig tartó feszültséglökéseket szolgáltat. E rövid ideig tartó feszültséglökésekkel töltjük fel a C kondenzátort. A feszültségviszonyokat a T transzformátor szekunder kapcsolásain a 14. ábra mutatja be. A T transzformátornak a primer és szekunder tekercseket hordó mágneses körén kívül még rendszerint az A légréses mellék mágneses köre is van. A telített vasmaggal és a vasmagban légréssel rendelkező transzformátor a következők szerint működik.

A 13. ábra T transzformátora primer tekercsében folyó áram és annak magnetomotoros ereje hullámalakban követni fogja a primer feszültséget. A 14. ábra a görbéje a primer tekercs magnetomotoros erejét adja. A 14. ábra b görbéje a fluxust jelképezi a szekunder tekercs vasmagjában, amely azonban lapos, mert a szekunder tekercs vasmagjának telítése a fluxust bizonyos idő után, megközelítően állandó értékre korlátozza. Ha ugyanis a magnetomotoros erő a szekunder tekercs vasmagjának telítése után tovább növekszik, úgy az ennek következtében a primer tekercs vasmagjában növekvő fluxus az A légrésen keresztül (13. ábra) a T transzformátor szabad oszlopán át záródik. A b görbének jelentős változása csak azokon a helyeken van, ahol

a magnetomotoros erő átmege a zérus értéken. Mivel a szekunder feszültséget a fluxus változásai okozzák, a szekunder feszültség lökészerű (14c. ábra), és a feszültség görbe csúcsai ott keletkeznek, ahol a magnetomotoros erő átmege a zérus értéken. Az így keletkezett feszültséglökéseket a 13. ábra szerinti kapcsolásban egyenirányítjuk (14. ábra d görbe). Az így egyenirányított feszültséglökések szolgálnak a C kondenzátor feltöltésére (13. ábra). A C kondenzátor



14. ábra. Feszültséglökések előállítása különlegesen méretezett transzformátor segítségével és a feszültség lefolyása a 13. ábra C kondenzátorának sarkain

sarkain a feszültség változását a 14e. ábra mutatja be akkor, ha a feltöltött kondenzátor kisütése a feszültséggörbe lemenő zérus értéke közelében történik. A 13. ábrába eredményvonallal berajzoltuk azt a sinus alakú feszültséggörbét is, amelyet a T transzformátor akkor szolgáltatna, ha nem volna telített.

A 14. ábra a viszonyokat természetesen egyszerűsítve és eszményesítve mutatja be. A valóságban a viszonyok annyiban fognak az ábrázolttól eltérni, hogy két feszültséglökés között a 13. ábra T transzformátora szekunder tekercsének sarkain a feszültséglökések közötti időben a feszültség értéke nem lesz teljesen zérus értékű. A transzformátor szerkezetétől és az alkalmazott vasmag minőségétől függően ezt a feszültségértéket a legnagyobb feszültségérték 2%-a alá lehet szorítani.

A 14. ábra segítségével magyarázatot kapunk a telített vasmagú transzformátor alkalmazásának szükségességére vonatkozóan. Az említett ábrában azt látjuk, hogy a C kondenzátor kisülése és a töltés megkezdése előtti idő alatt az S1 és S2 vezérlő szikraközökön (13. ábra) nincs feszültség. Erre a szikra gerjesztő szabályos működése szempontjából szükség van, mert ez a feszültségmentes szünet alatt deionozódnak a vezérlő szikraközök.

Ugyanezt az elvet fel lehet használni kisfeszültségű szikraerjesztőnél is arra, hogy az időegységre eső kisülések számát megnöveljük.

IRODALOM

1. BARDÓCZ, Á.: *Nature* **171** (1953), 1156.
2. BARDÓCZ, Á.: *Acta Phys. Hung.* **4** (1959), 91.
3. BARDÓCZ, Á.: *Spectrochim. Acta* **7** (1959), 307.
4. BARDÓCZ, Á.: *Applied Spectroscopy* **10** (1959), 183.
5. BARDÓCZ, Á.: *Z. ang. Physik* **9** (1957), 82.
6. BARDÓCZ, Á.: *Brit. J. appl. Phys.* **10** (1959), 310.
7. BARDÓCZ, Á.: *Z. ang. Physik* **9** (1957), 82.
8. BARDÓCZ, Á. és VARSÁNYI F.: *Z. Naturforschung* **109** (1955), 1031.
9. BARDÓCZ, Á.: *Applied Spectroscopy* **11** (1957), 167.
10. BARDÓCZ, Á.: *Acta Techn. Hung.* **40** (1962), 179.
11. GHERSEN P.: *J. Opt. Soc. Amer.* **48** (1958), 712.
12. NOBBS, J. MC. K.: *Spectrochim. Acta* **16** (1960), 320.
13. BARDÓCZ, Á.: *Spectrochim. Acta* **16** (1960) 1173.
14. BARDÓCZ, Á.: *Spectrochim. Acta* **7** (1955), 238.
15. BARDÓCZ, Á.: *Acta Techn. Hung.* **13** (1955), 3.
16. HAGENAH, W. D.:—LAQUA, K.: *Rev. Univ. Mines* **15** (1959), 361.

IDŐBEN FELBONTOTT SZÍNKÉPEK ELŐÁLLÍTÁSA FÉNYKÉPEZŐ ÚTON

II. RÉSZ: IDŐBEN FELBONTOTT SZINKÉPEK

BARDÓCZ ÁRPÁD

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

A dolgozat időben változó villamos körülmények mellett működő spektroszkopiai fényforrások által kibocsátott sugárzás időben felbontott színeképeit mutatja be és a színeképekben észlelhető sugárzási jelenségek magyarázatát adja. Fényforrásul elektronikus vezérlésű, nagy időpontossággal működő nagy- és kisfeszültségű szikra, valamint váltakozóáramú szaggatott ív szolgált. A sugárzás időben való felbontása forgó tükörrel és forgó tárcsával történik. A bemutatott nagyfeszültségű szikraszíneképek időfelbontása mikromásodperc nagyságrendű, a kisfeszültségű szikraszíneképek időfelbontása ennél egy nagyságrenddel, az ív színeképek időfelbontása pedig két nagyságrenddel kisebb. Az időben felbontott színeképekben a sugárzásnak az áram változásaitól származó ingadozásán felül megfigyelhetők a színeképvonalak kiszélesedése, hullámhosszban való eltolódása, önelnyelődése, a színeképek háttere és az utánvilágítás.

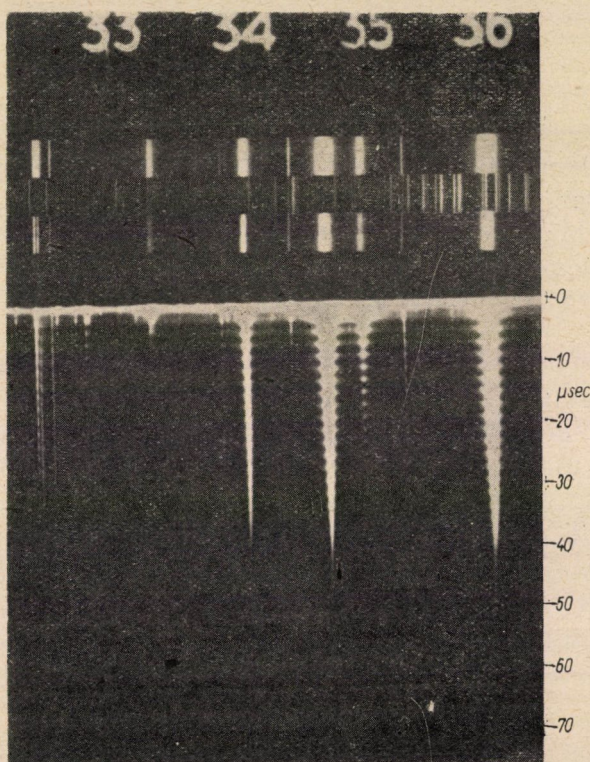
I. Bevezetés

Korábbi dolgozatban [1] időben felbontott színeképek előállítására alkalmas berendezést ismertettünk, amelynek segítségével meg lehet figyelni időben változó villamos kísérletekben lejátszódó folyamatokat. E dolgozatban a szóban forgó kísérleti berendezés segítségével előállított időben felbontott színeképeket mutatunk be részben a kísérleti berendezés teljesítőképességének a szemléltetésére, részben pedig az időben felbontott színeképekben fellépő sugárzási viszonyok megfigyelésére.

Az időben felbontott színeképek előállításánál az alkalmazott időfelbontó elem kivitele a kísérlet összidőtartamától és a változások időegységre eső mértékétől függ. Rövid ideig tartó és az időegységben erősen változó villamos kísérletekből származó sugárzás időben való felbontása forgó tükörrel történik. Ilyen kísérlet a nagyfeszültségű szikra. Hosszabb ideig tartó az időegységben aránylag lassú ütemben változó kísérletek sugárzásának időben való felbontásaira forgó tárcsa szolgál. Ilyen kísérletek a kisfeszültségű szikra és a szaggatott ív. Ezért a bemutatott nagyfeszültségű szikraszíneképek időben való felbontása forgó tükörrel, a kisfeszültségű szikra színeképeinek és szaggatott ívek időben való felbontása forgó tárcsával történik.

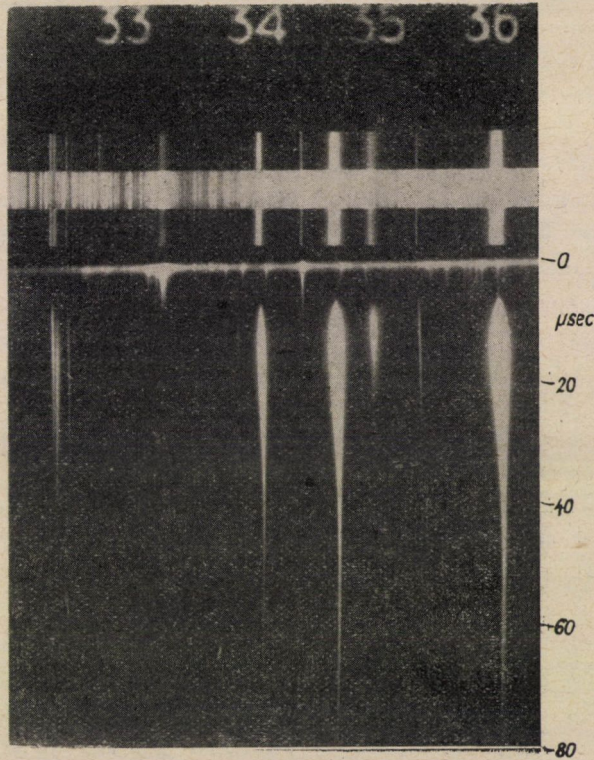
II. Nagyfeszültségű szikraszínképek

Az 1. és 2. ábrák alsó képein Cd időben felbontott nagyfeszültségű szikraszínképe látható, az ábra felső részén leolvasható hullámhossz tartományban. Az ábra felső részén levő számok a valóságos hullámhossz 100-zal osztott értékét jelentik Angströmben. Az 1. ábra alsó képén a sugárzás időbeli lefolyását közvetlenül a negatív elektród közelében, a 2. ábrán a 8 mm hosszú szikraköz közepén látjuk, mindkét esetben a szikra szimmetria tengelyére merőleges 0,5 mm nyílású ernyőn keresztül. Az 1. ábra felső részén levő három színkép közül a középső Fe színképe, alsó színkép Cd színképe a negatív elektród közvetlen közelében, felső színkép a 8 mm hosszú szikraköz közepén készítve, mindkét esetben 0,5 mm széles ernyőn keresztül. 2. ábra három felső színképe ugyanaz, mint az 1. ábrán, azzal a különbséggel, hogy az alsó Cd színkép a szikraköz közepéből, a felső a negatív elektród közvetlen közeléből származik. A felvételek az [1] 1. ábráján látható berendezés segítségével történtek. $C = 10\,000$ pF, a töltési feszültség pedig 20 000 volt volt. A kisülési áramkör rezgésszáma mintegy 0,5 MHz. Ez egyébként az 1. ábra időléptékéből



1. ábra. Részlet Cd időben felbontott nagyfeszültségű szikraszínképből (alsó kép) 8 mm hosszú szikraközben a negatív elektród közelében. A felső három színkép: összehasonlító színképek

leolvasható. Az 1. ábra alsó színeképe vonalainak fényerősség ingadozása az áram ingadozásainak következménye. Az 1. ábrában a fényerősség ingadozás két maximuma vagy minimuma közötti távolság 2 mikromásodperc körül van. Ez a tény egyúttal az időfelbontó rendszer nagy teljesítőképességét is mutatja.



2. ábra. Részlet Cd időben felbontott nagyfeszültségű szikraszíneképből (alsó kép), 8 mm hosszú szikraközben a szikraköz közepén. A felső három színekép: összehasonlító színeképek

Az 1. és 2. ábrák szikraszíneképeinek előállításához mintegy 18 ezer szikrakisülésre volt szükség. Ahhoz, hogy a nagy időfelbontás megmaradjon az kell, hogy az egyes időben felbontott színeképek nagy időpontossággal legyenek egymásra helyezve.

Mind az 1., mind pedig a 2. ábrákon a szikrakisülés kezdetén erős háttér keletkezik, ezen felül megjelennek a környező levegő nehezen gerjeszthető vonalai. A háttér főként a levegőből származik és a szabad — szabad átmeneteknek tulajdonítható. Hogy a szikraköz közepén a levegő és elektródok színeképeinek egymáshelyezésénél a sugárzásnak melyik része származik a levegőtől és melyik az elektródoktól, a 2. ábrán levő időben felbontott színeképek

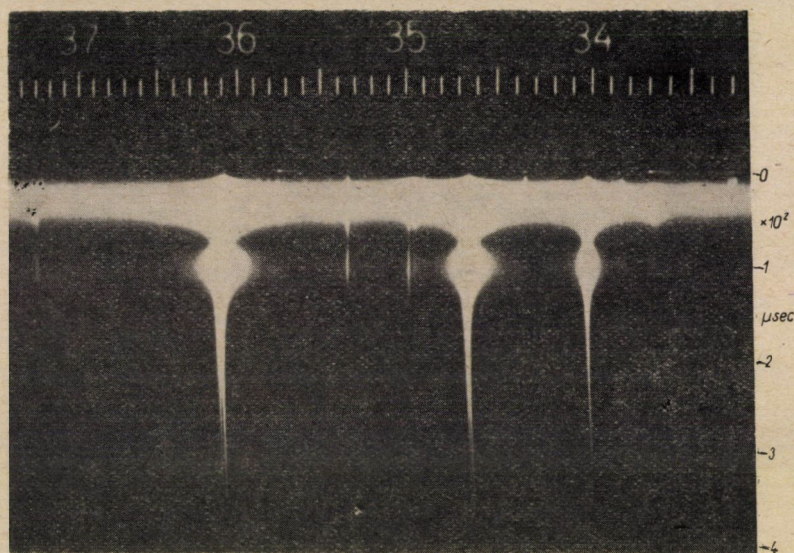
segítségével könnyen eldönthető. Nevezetesen a 2. ábra időben felbontott színeképénél a kisülés kezdetén csak a levegő sugárzása jelentkezik, mert ekkor még nincsenek fémgőzök a szikraköz közepén. Ezért a 2. ábra időben felbontott színeképének felső része kizárólag a levegő színeképe. A 2. ábrából az is megállapítható, hogy a levegőrészecskék csak aránylag rövid ideig világítanak. Az idő múlásával a szikracsatorna hőmérséklete csökken, így a nehezen gerjeszthető folytonos színekép és a nehezen gerjeszthető levegő vonalak megszűnnek világítani. A 2. ábrában megállapítható, hogy mintegy 10 mikromásodperc időre van szükség ahhoz, hogy a fémgőzök az elektródoktól a szikraköz közepére jussanak, vagyis a mintegy 4 mm hosszú utat megtegyék. Eddig az időpontig viszont megszűnnek világítani a levegő vonalak a szikraköz közepén. Az 1. és 2. ábrát összehasonlítva azt látjuk, hogy az 1. ábrában számos olyan vonal van, amelyeknek a fényerősség-ingadozása olyan mértékű, hogy az áram zérus átmeneteinél megszűnnek világítani. E vonalak gerjesztési nívója magas. Az alacsony gerjesztési szinttel bíró vonalak az áram zérus átmeneteinél is világítanak, mert a gerjesztési energiájukat képesek a szikracsatorna plazmájából pótolni. A vonalak egy része különösen az áram legnagyobb értékeinél erősen kiszélesedik. A kiszélesedés lehet szimmetrikus vagy aszimmetrikus. A kiszélesedés a szikracsatorna magas iontartalma miatt fennálló nagy térerősség következménye (Stark hatás).

Annak, hogy az 1. ábrán a vonalak fényerősség ingadozása az áram függvényében lényegesen nagyobb, mint a 2. ábrában, az az oka, hogy ezen a helyen a fémgőzök csak a negatív elektródtól származnak, mert a pozitív elektródtól ideérkező gőzök annyira lehűltek, hogy legfeljebb csak az egészen alacsony gerjesztési szintű vonalak sugároznak. Ennek folyományaként a negatív elektródból gőzkitörés és így jelentős fénykibocsátás a kisülési áram csak minden második félperiódusa alatt lesz. A 2. ábrán látható fémvonalak az itteni kísérleti viszonyok mellett gyakorlatilag nem mutatnak periódusos fényerősség ingadozást az idő függvényében. Ennek három oka van. Egyik ok az, hogy ezeknél a vonaloknál alacsony a gerjesztési szint és így hosszú az utánvilágítási idejük. Másik ok az, hogy a szikraköz közepébe a gőzök mindkét elektródtól érkeznek, mégpedig egymáshoz képest villamos fázisban 180° -kal eltolva. Ez azt jelenti, hogy ebben az esetben a gőzkitörések gyakorisága kétszerese annak, mint az elektródok közelében. Harmadik ok az, hogy az utánvilágítás lényegesen hosszabb a szikraköz közepén, mint az elektródok közelében, mert előbbi helyen az elektródok lehűlő hatása kisebb mértékben érvényesül. A villamos kisülés mintegy 45 mikromásodpercig tart, amelynek megszűnte után az utánvilágítás szakasza következik. Ekkor a vonalak gerjesztő energiájukat a plazma energiájából fedezik.

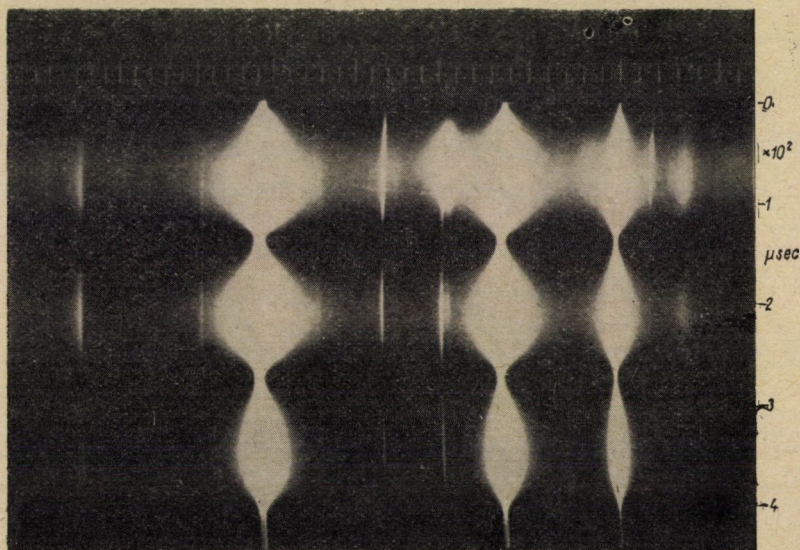
A színeképvonalak kiszélesedéséből és hullámhosszukban való eltolódásukból meg lehet határozni a szikracsatornában uralkodó iontöménységet, térerősséget, hőmérséklet stb. mindmennyit, mint az idő függvényét.

III. Kisfeszültségű szikraszínképek

A 3. ábra Cd kisfeszültségű szikraszínképének részletét mutatja be. A felvétel az [1] 6. ábráján látható berendezés segítségével történt. Az időfelbontó berendezés optikai elrendezése az [1] 7c. ábrája szerinti volt. Időfelbontáshoz

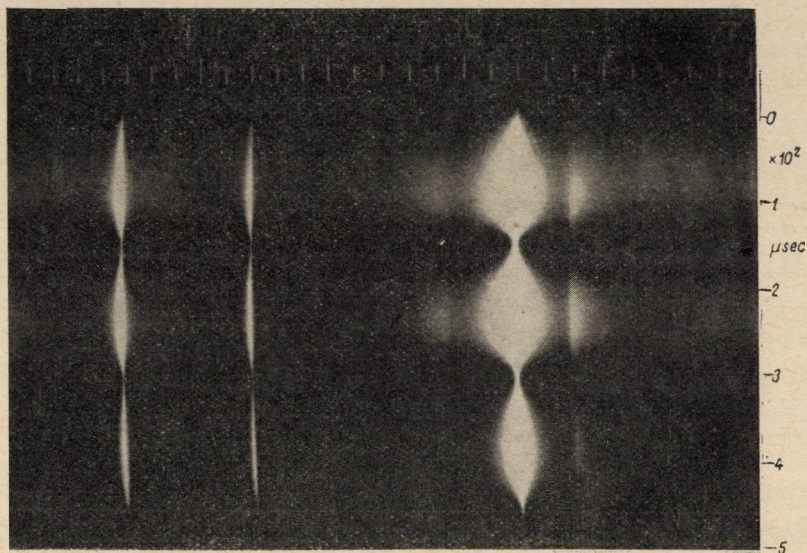


3. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

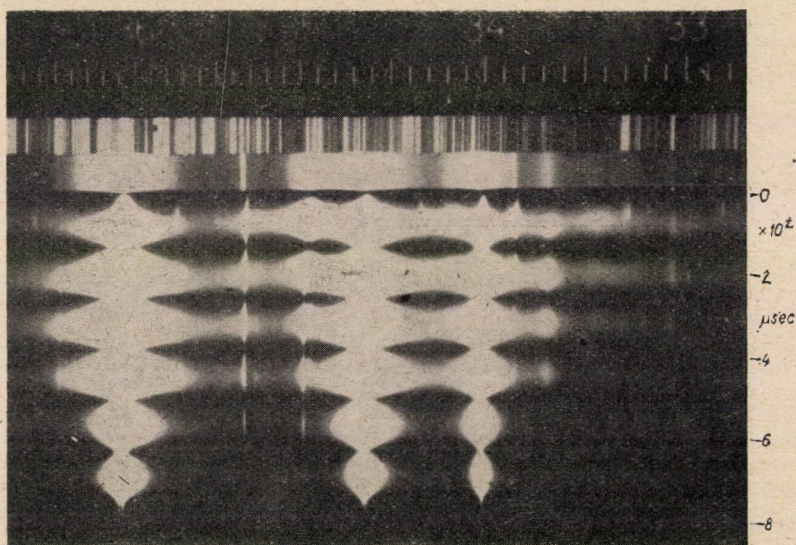


4. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

az [1] 3a. ábrája szerinti tárcsát alkalmaztuk 0,1 mm széles bevágással. Az időlépték a 3. ábrába oldalt be van rajzolva. Az [1] 6. ábrája szerinti C2 kondenzátor kapacitása 10 mikrofara, töltési feszültség 1000 V, L3 és R4 maradék, T3 önindukciója mintegy 20 mikrohenry. További adatok az I. táblázatban találhatóak meg. A gyújtóáramkör [1, (6. ábra)] C1 kondenzátorának



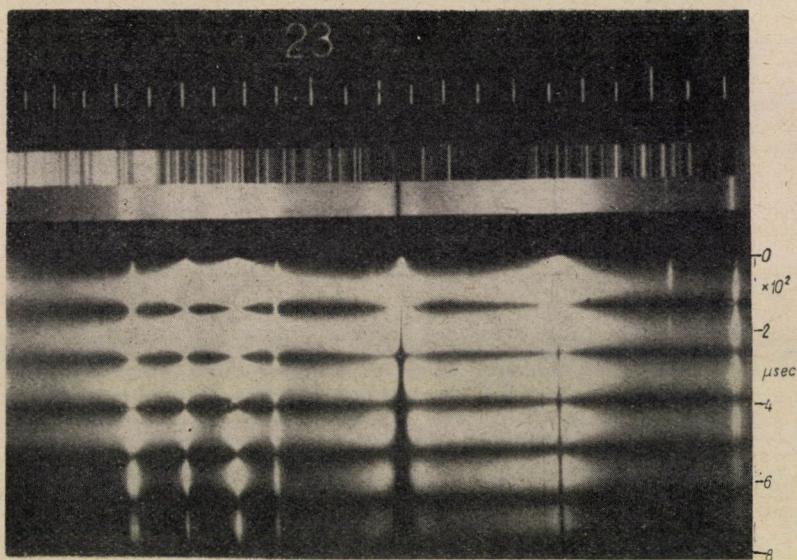
5. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből



6. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

kapacitása 3000 pF, töltésfeszültsége mintegy 18 000 V. A gyújtóáramkör adatai minden további ábránál azonosak. A 3. ábra színeképe 12 000 színekép egymásrahelyezése útján készült.

A 3. ábra felső részén látható igen keskeny színekép a gyújtószikra színeképe. A gyújtószikra színeképe a jobb észlelhetőség miatt a főszíneképhez képest túlvilágított. A gyújtószikra színeképét 24 000 szikrával állítottuk elő. Tekintettel arra, hogy a szikrakisülés begyújtása után a munkaáramkörben az áram

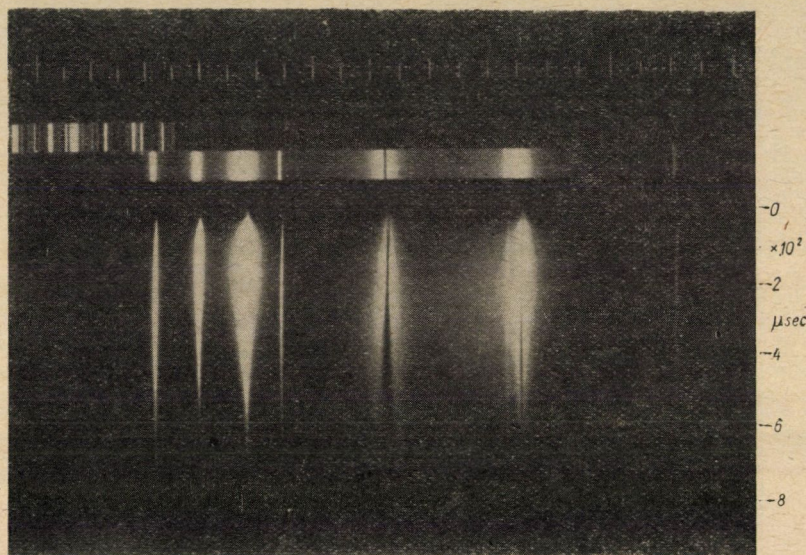


7. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszíneképéből

a csillapított sinus görbének megfelelően csak lassan emelkedik, bizonyos időre van szükség ahhoz, hogy a plazma annyira felmelegedjék, hogy a fénykibocsátás meginduljon. Utána a fénykibocsátás nagyjából követni fogja az áram lefolyását, tekintve, hogy aránylag lassú folyamatról van szó. A 3. ábrán az áram mindössze két félszériódusig tart. Az áram megszűnése után egyes vonalak nagy fényerősséggel hosszú ideig utánvilágítanak. A kisülés mindkét félszériódusa alatt a színeképen végig háttérünk van, amely az első félszériódus tartama alatt, a nagyobb hőmérsékletnek megfelelően erősebb. A színeképvonalak egy részének az áramerősségtől függő erős kiszélesedése szembeűnő. Megfigyelhető egyes vonalak hullámhosszban való eltolódása is. A színeképben keletkező háttér elsősorban a fémgőzöktől származik és a környező levegőnek a háttérre valószínűleg csak egészen lényegtelen befolyása van.

A 4. ábra Cd kisfeszültségű szikraszíneképét mutatja be ugyanabban a színeképtartományban, mint a 3. ábrán, de más felvételi viszonyok mellett.

A 4. ábra felvételénél a kisülési áramkör üzemviszonyai ugyanazok voltak mint a 3. ábra esetében kivéve, hogy a kisülési áramkör 200 mikrohenryvel több önindukciót tartalmazott. Ennek megfelelően a kisülési félperiódusok és a kisülés időtartama lényegesen hosszabb. További adatok az I. táblázatban találhatóak. A 4. ábra alsó részén a színekép le van vágva, így az utánvilágítás szakasza nem figyelhető meg maradéktalanul. A 4. ábra jobb oldalán az időlépték szintén be van rajzolva. A 4. ábrán jól megfigyelhető egyes színekép-



8. ábra. Részlet Cd időben felbontott kifesztésű szikraszíneképéből

vonalak aszimmetrikus kiszélesedése. Ugyanebből az ábrából látható az is, hogy a háttér legalábbis részben a fémgőzzel kapcsolatos és az, hogy a háttér a vonalak erős kiszélesedéséből ered.

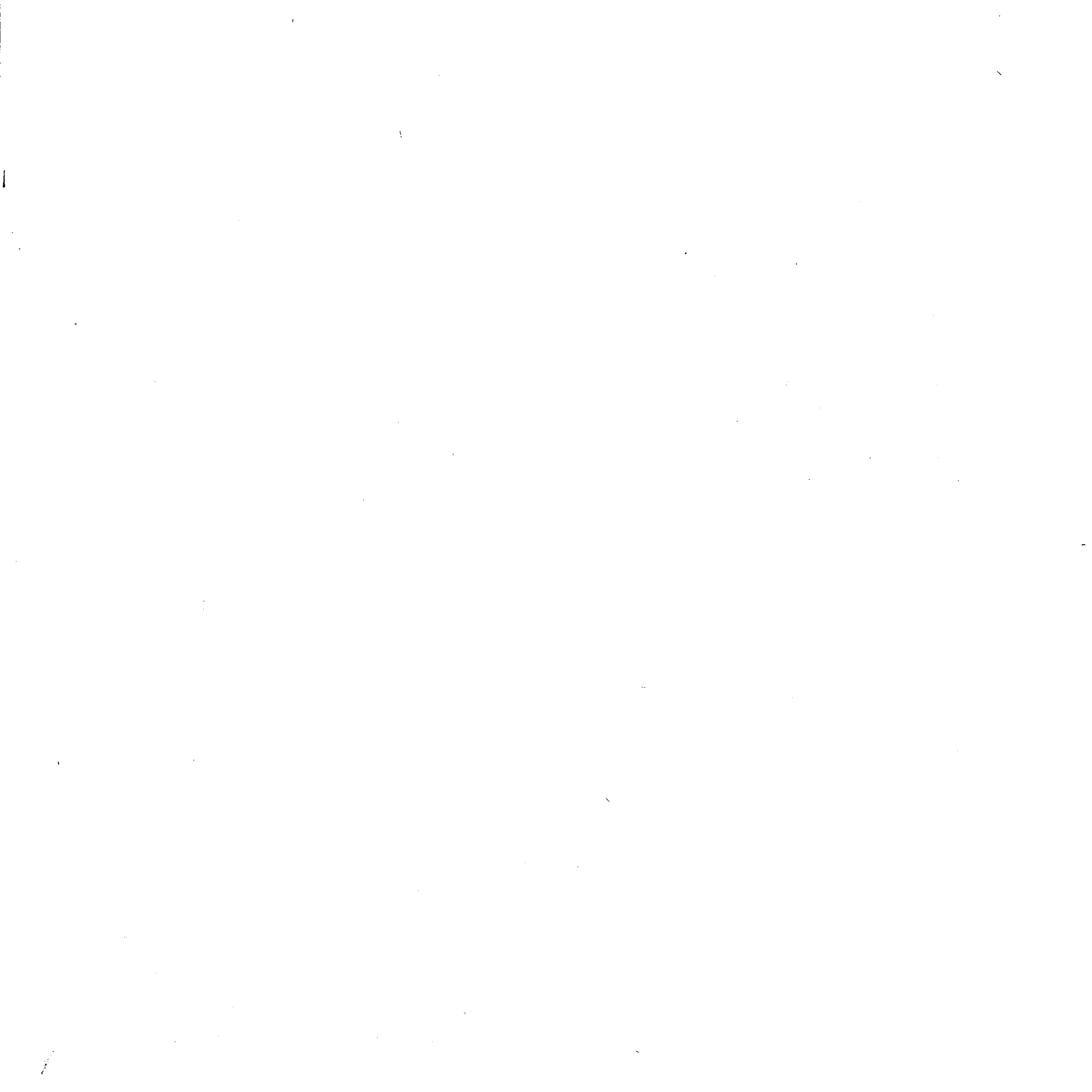
Az 5. ábra ugyancsak Cd színeképből mutat be részletet. A felvétel azonos feltételek mellett készült mint a 4. ábra esetében. Ebben az ábrában különlegesen érdekes egyes vonalak aszimmetrikus kiszélesedése és ezenfelül az, hogy ez az aszimmetrikus kiszélesedés kétirányú is lehet. További érdekesség a színekép háttérének hirtelen megszűnése a 3100 Å hullámhossz táján.

A 6. ábra részletet mutat be Cd kifesztésű szikraszíneképéből az előbbiektől eltérő kísérleti feltételek mellett. Ezeknél a felvételeknél az [1] 6. ábráján látható C kondenzátor kapacitása 31 mikrofarad, az önindukció pedig 25 mikrohenry volt. Az időfelbontás az [1] 3c. ábrája szerinti forgó tárcsával történt. Egyéb adatok az I. táblázatban találhatóak meg. Az ábra legfelső

I. táblázat

Szinképek felvételi adatai

Az ábra száma	Elem	A villamos kisülés		A C kondenzátor		Önindukció, μ henry	Ellenállás, Ω	A kisülés rezgésszáma, Hz	Egyetlen kisülés össz-időtartama, μ sec	A kisülések össz-száma	Időfelbontó elem (Az ábraszámolás az [1] cikkre vonatkozik)
		fajtája	lefolyása	kapacitása	töltő-feszültsége, V						
1.	Cd	nagyfeszültségű szikra	periodikus	10 000 pF	20 000	maradék	maradék	$0,5 \cdot 10^6$	45	18 000	forgó tükör 1. ábra
2.	Cd	nagyfeszültségű szikra	periodikus	10 000 pF	20 000	maradék	maradék	$0,5 \cdot 10^6$	45	18 000	forgó tükör 1. ábra
3.	Cd	kisfeszültségű szikra	periodikus	10 μ F	1 000	maradék	maradék	$6,7 \cdot 10^3$	425	12 000	forgó tárcsa 3a. ábra
4.	Cd	kisfeszültségű szikra	periodikus	10 μ F	1 000	200	maradék	$3,3 \cdot 10^3$	1350	6 000	forgó tárcsa 3a. ábra
5.	Cd	kisfeszültségű szikra	periodikus	10 μ F	1 000	200	maradék	$3,3 \cdot 10^3$	1350	6 000	forgó tárcsa 3a. ábra
6.	Cd	kisfeszültségű szikra	periodikus	31 μ F	1 000	25	maradék	$4 \cdot 10^3$	700	500	forgó tárcsa 3c. ábra
7.	Cd	kisfeszültségű szikra	periodikus	31 μ F	1 000	25	maradék	$3,3 \cdot 10^3$	750	500	forgó tárcsa 3c. ábra
8.	Cd	kisfeszültségű szikra	aperiodikus	63 μ F	1 000	375	5,5		1100	1 000	forgó tárcsa 3c. ábra
9.	Cu	kisfeszültségű szikra	periodikus	10 μ F	1 000	maradék	maradék	$6,7 \cdot 10^7$	425	12 000	forgó tárcsa 3c. ábra
10.	Mg	kisfeszültségű szikra	periodikus	10 μ F	1 000	200	maradék	$3,3 \cdot 10^3$	1350	6 000	forgó tárcsa 3a. ábra
11.	Pb	kisfeszültségű szikra	aperiodikus	63 μ F	1 000	375	5,5		1100	1 500	forgó tárcsa 3c. ábra
12.	Cd	kisfeszültségű szikra	aperiodikus	63 μ F	1 000	375	5,5		1100	1 000	forgó tárcsa 4b. ábra
13.	Fe	váltakozó-áramú szaggatott ív								3 000	forgó tárcsa 3e. ábra
14.	Mg	váltakozó-áramú szaggatott ív								6 000	forgó tárcsa 3e. ábra
15.	Cd	váltakozó-áramú szaggatott ív								12 000	forgó tárcsa 3e. ábra



részén Fe színekép van, ezt követi Cd szokásosan felvett színeképe. Az alsó színekép Cd időben felbontott színeképe, mely felvételénél a kisülés hét félsperióduson át tartott.

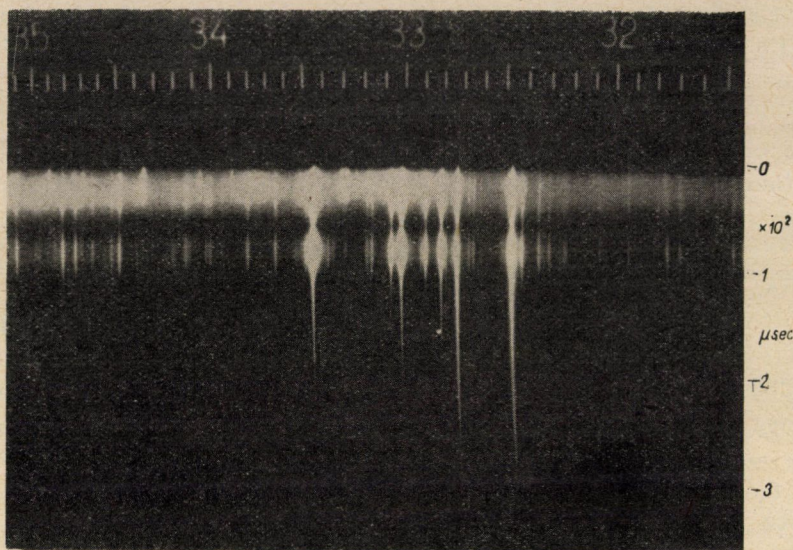
A 7. és 8. ábrákon Cd időben felbontott kifesztültségű szikraszíneképek olyan részletét mutatjuk be, ahol önvisszafordulást mutató vonalak jelenléte észlelhető. Mindkét ábrán legfelül Fe színeképe látható, ezt követi Cd szokásosan felvett színeképe. Az alsó színeképek Cd időben felbontott színeképei. A kísérleti viszonyokat az I. táblázat tartalmazza. A 7. ábra a viszonyokat periodikus kisülés, a 8. ábra aperiodikus csillapítás mellett szemlélteti.

A 7. ábra megfigyelése azt mutatja, hogy a Cd színeképének különös erős háttére van a 2300 Å körüli színeképtartományban. Nagyon valószínű, hogy a Cd 2288 rezonancia vonala melletti háttér e vonal kiszélesedésének eredménye. Ez még azért is valószínű, mert amint ez a 7. ábrából megállapítható, a Cd 2288 vonal önelnyelése ebben a háttérben keletkezik. A 7. ábra színeképében és a 8. ábra színeképében a sugárzási viszonyok különbözősége valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a két esetben a sugárzást elnyelő réteg vastagsága lényegesen eltér egymástól olyan értelemben, hogy az a 7. ábra esetében a nagyobb. A nagyobb gőzmennyiség következtében nagyobb a szerepe a vonalak ütközési kiszélesedésének. Erre vezethető vissza a 7. ábrában a Cd 2288 vonal erősen széles volta. A nagyobb gőzmennyiség a felelős a 7. ábra többi vonalainak nagyobb mértékű önvisszafordulásáért is a 8. ábra vonalainak önvisszafordulásaival szemben.

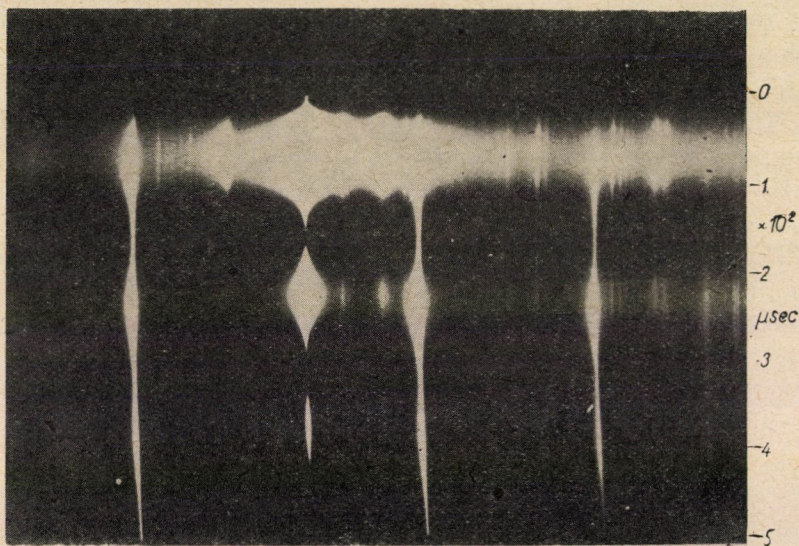
Miután az 1, 2, 3. és 4. ábrákon ábrázolt színeképek ugyanannak az anyagnak ugyanabból a színeképtartományából származnak, mód nyílik arra, hogy kifesztültségű és nagyfeszültségű szikra színeképét legalábbis durva vonásokban összehasonlítsuk.

Ha kifesztültségű szikrakisülés esetében hasonlóan észleljük a színeképet, mint az 1. és 2. ábrákon nagyfeszültségű szikrakisülés esetében, vagyis külön érzékeljük a sugárzást az elektródok közeléből és külön a szikraköz közepén úgy távolról sem fogjuk észlelni e két helyen azt a sugárzásbeli különbséget mint nagyfeszültségű szikránál. Ez más szóval azt jelenti, hogy kifesztültségű szikrakisülés esetében a sugárzás az elektródközben sokkal homogénebb, mert az elektródköz sokkal jobban és sokkal egyenletesebben ki van töltve elektródgőzökkel, mint nagyfeszültségű szikránál. Ez a lényegesen nagyobb anyagelgőzölgéssel függ össze kifesztültségű szikránál. A kifesztültségű szikránál a kisülés időtartama lényegesen hosszabb, így idő van arra, hogy az elektródok felülete felmelegedjen és ennek folytán nagy mennyiségű gőz keletkezzen, amely kitölti az elektródok közötti teret.

A 9. és 10. ábrákon bronz és magnézium időben felbontott kifesztültségű szikraszíneképeiből mutatunk be részleteket az I. táblázatban megadott viszonyok között. Mindkét ábra felső részén látható keskeny színekép a gyújtószikra színeképe túlvilágítva.

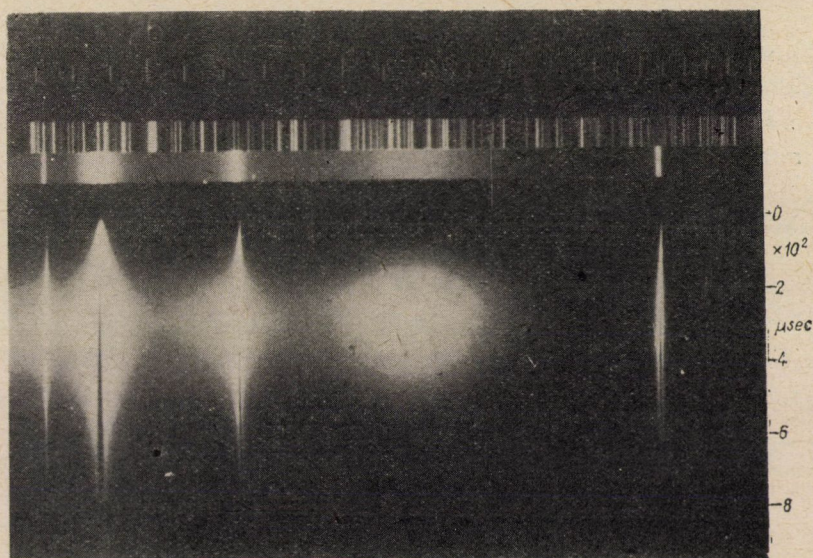


9. ábra. Részlet bronz időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

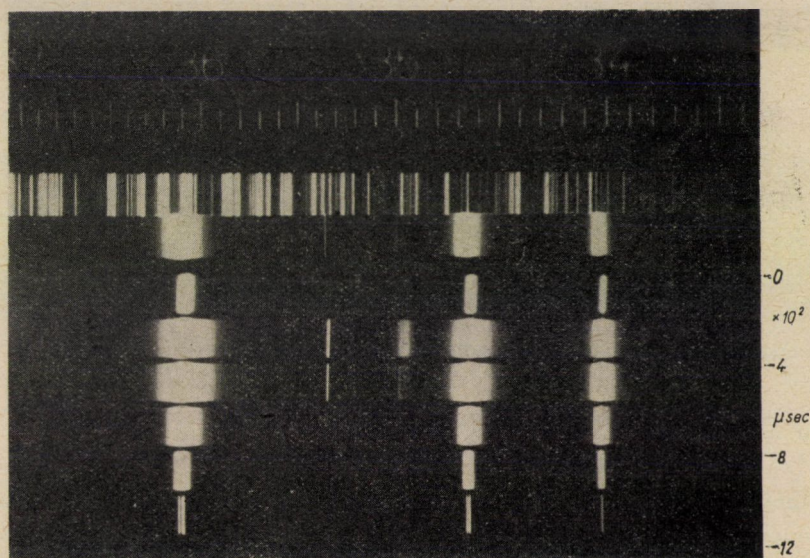


10. ábra. Részlet Mg időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

A 11. ábra részletet mutat be ólom kisfeszültségű szikraszínképéből az I. táblázatban megadott viszonyok mellett. Az ábra felső részén vas és ólom színképe látható szokásos módon felvéve. Ennek az ábrának érdekessége a 2500 és 2580 Å közötti sugárzási kép.



11. ábra. Részlet Pb időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből



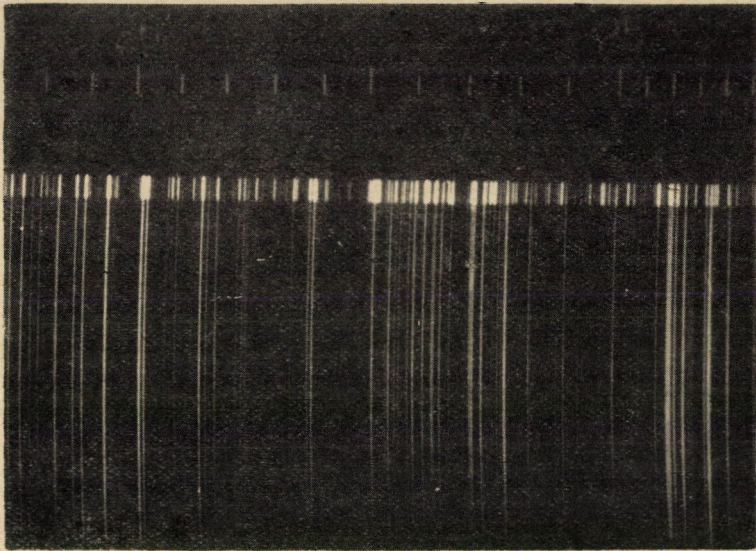
12. ábra. Részlet Cd időben felbontott kisfeszültségű szikraszínképéből

A 12. ábra részletet mutat be Cd színképéből. Felvételi viszonyok az I. táblázatban találhatóak meg. Itt aperiodikus lefolyású kisfeszültségű szikraszínképről van szó, amelyet azonban az [1] 4b ábrája szerinti fokozatos forgó tárcsával bontottunk fel időben. A felső két színkép Fe és Cd szokásosan felvett

színképe, amelyeket 7 fokozatos időben felbontott színkép követ. A fokozatos időfelbontásnak olyan esetekben van jelentősége, amikor a fokozatok által megszabott időtartományokon belül mennyiségi méréseket kívánunk végezni. A fokozatos tárcsával való időfelbontásnak természetesen csak periodicitást nem mutató kisülésnél van értelme.

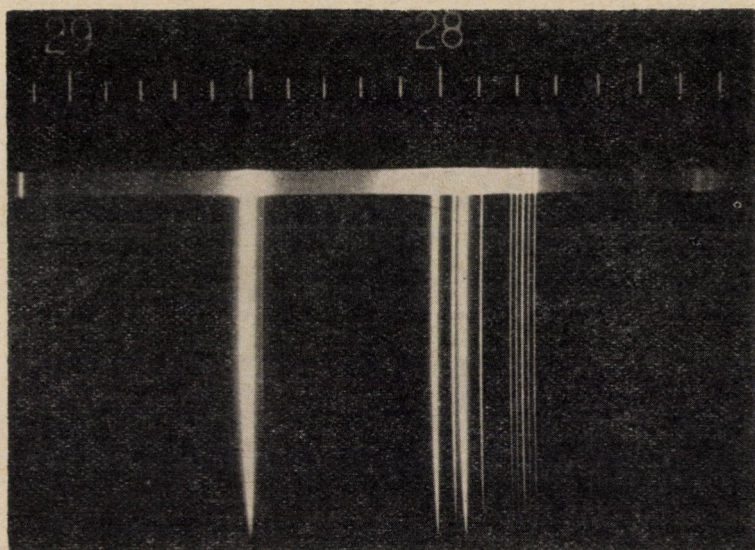
IV. Szaggatott ívszínképek

Végezetül a 13., 14. és 15. ábrákon bemutatunk egy-egy részletet Fe, Mg és Cd időben felbontott váltakozóáramú szaggatott ívszínképéből. Mind-

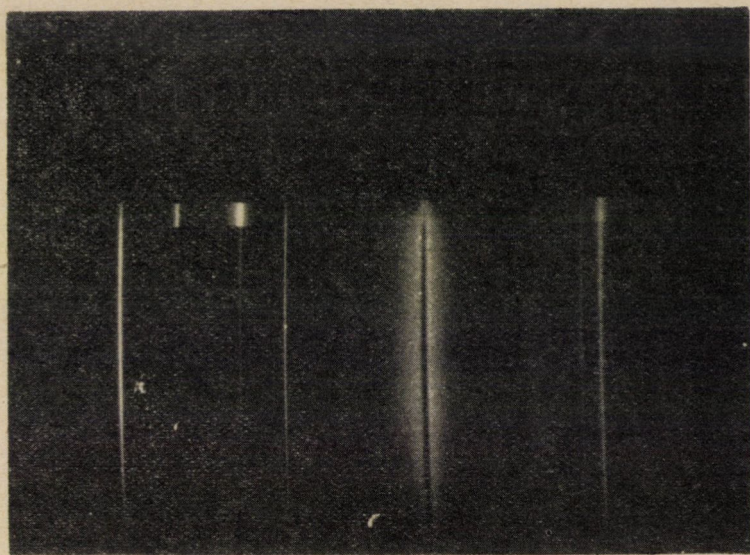


13. ábra. Részlet Fe időben felbontott váltóáramú szaggatott ívszínképéből

három ábrán a felső keskeny színkép a gyújtószikra színképe. Ez a színkép aránylag széles az előbbi ábrákon bemutatott gyújtószikraszínképekkel szemben, mert az időfelbontáshoz alkalmazott forgó tárcsa nyílásának szélessége 0,5 mm körül volt, így az időfelbontás ennek megfelelően kisebb. A 13., 14. és 15. ábrák felső részén látható színképek szélessége egyébként mértéke az időfelbontás nagyságának, ami jelen esetben 200 mikromásodperc körül van. Ez a következőkből adódik. Az időfelbontáshoz használt, sugárirányban 12 mm magas, 0,5 mm széles 90° -ot átfogó archimedesi spirális a spektrográf részének egy pontja előtt 5000 mikromásodperc alatt halad el. Tekintetbe véve az archimedesi spirális és a spektrográf rése által bezárt szöveget is, az az idő, amely alatt az archimedesi spirális saját szélességével a spektrográf részének



14. ábra. Részlet Mg időben felbontott váltóáramú szaggatott ívszínképéből



15. ábra. Részlet Cd időben felbontott váltóáramú szaggatott ívszínképéből

egy pontja előtt elhalad 200 mikromásodperc körül van. Az elmondottak miatt a 13., 14. és 15. ábrákba nem rajzolunk be időléptéket, mert a kisülés időléptéke a gyújtószikra színképének időirányú méretéből kiadódik. Mindhárom ábrán nagyon jól látható a gyújtószikra és az ív színképe közötti különbség. Ezzel az

eljárással egyidejűleg előállítható ugyanazon anyag szikra- és ívszínképe, egymástól elválasztva. A 28. ábrában a gyújtószikra a benne fellépő erős háttér miatt elfedné az ívszínképet akkor, ha a két fajta színkép nem volna elválasztható egymástól időben.

*

Az e munkához szükséges kísérleti berendezés kialakításában és továbbfejlesztésében, valamint a kísérletek elvégzésében U. VANYEK Márta, MERTZ János, M. AUGUSZTINOVICS Erzsébet, NINAUSZ Györgyné, MAKAI Sándor és VLADÁR György működtek közre, akiknek munkájáért a szerző köszönetet mond. Az optikai berendezés a *Magyar Optikai Művekkel* való közreműködés eredménye. A *Magyar Optikai Művek* vezetőségének megértő és segítő közreműködéséért a szerző ezúton is kifejezi köszönetét.

IRODALOM

BARDÓCZ Á.: *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 36 (1965), 147–168.

A TITÁNNITRID HATÁSA AZ AUSTENITSZEMNAGYSÁG VÁLTOZÁSÁRA

TRANTA FERENC

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. július 10-én]

A TiN hasonlóan az AlN és VN-hez megakadályozza az austenitszemnagyság durvulását. A szemcseeloszlási görbéből megállapítható, hogy a durvulás kezdetén duplex szövet alakul ki. A duplex jellegét célszerűbb a kétféle szemnagysággal jellemezni, mint az átlagos értékkel. A titán mennyiségének 0,01-ről 0,1%-ra való növelésekor a szemcsedurvulás hőmérséklete 1040 C°-ról 1130 C°-ra tolódik el. Ilyen eredményt sem alumínium, sem vanádium adagolásával nem érhetünk el.

I. Bevezetés

Egyéb homogén ötvözetekhez hasonlóan a nagy hőmérsékleten képződött austenitet is kisebb-nagyobb szemcsék alkotják. Az austenit szemcséinek nagysága a következő lehűléskor végbemenő átalakulásra, az ennek során létrejövő szövet milyenségére és az acél tulajdonságaira is jelentős hatással van. A szemnagyságnak az átalakuláskor érvényesülő hatása és többféle következménye miatt ismernünk kell az austenit szemnagyságának a különböző körülmények között bekövetkező változását.

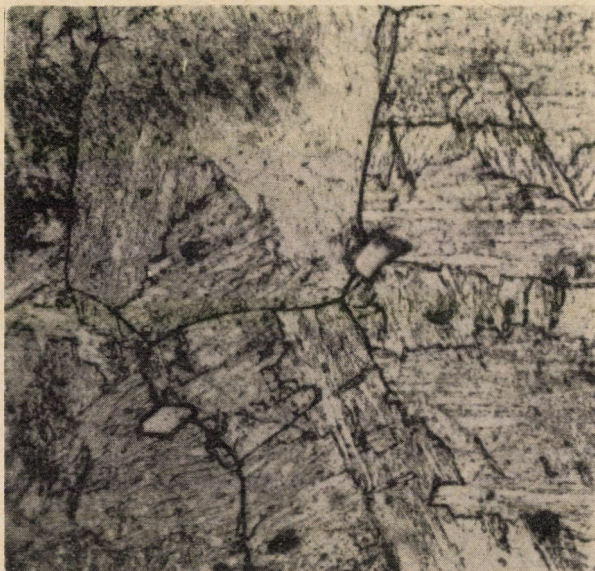
Az austenitszemnagyság izzítás közbeni változására ugyanazok a törvényszerűségek érvényesek, mint más fémek vagy homogén ötvözetek szemcsedurvulására.

Újabb kutatásokkal sikerült kimutatni, hogy a szemcsenövekedés a felületi feszültség változásával van kapcsolatban [1]. Minden rendszer stabilabb, kisebb energiájú helyzet elérésére törekszik. Matematikailag kimutatható, hogy a szemcsék görbületi sugarának növekedésével és a szemcsék növekedésével a felületi feszültség csökken. Ebből következik, hogy a stabilabb, durvább szemcsék a kisebb szemcsék rovására növekednek. Megfigyelések szerint a növekedés sebessége a pillanatnyi szemnagysággal fordítva arányos [2].

Az izzítás hőmérsékletének és időtartamának az austenitszemnagyságra kifejtett hatása szempontjából az acélfajták két egymástól lényegesen különböző csoportba sorolhatók. Az egyik csoportba az ún. normális viselkedésű fajták tartoznak. Ezeknél az acéloknál az austenit szemnagysága A_{c_3} -tól kezdődően a hőmérséklet emelkedésével egyenletesen nő, ha a szemnagyságot az általában használt jelzőszámmal fejezzük ki. Az előbbi megállapítások is ilyen acélokra vonatkoznak.

A második csoportba tartozó ún. finomszemű acélfajták austenitjének szemnagysága kevésbé szabályosan változik; közvetlenül az A_{c_3} felett 7–10

fokozatszámú a szemnagyságuk, míg normális viselkedésű ugyanazon a hőmérsékleten általában 5—7 fokozatszámú. A hőmérséklet emelkedésével egyre rövidebb idő alatt azonban a finom szemű fajták szemnagysága hirtelen, ugrászerűen nőni kezd. A finomszemű állapotból a durva szeműbe való átmenet



I. ábra. A TiN-krisztallitok elhelyezkedése a szemcsehatárokon, N = 500

közben a szövethen együtt találunk már nagyméretű és még apró kristallitokat. Ma már elég egyértelműen tisztázottnak tekinthető, hogy az austenit durvulását elsősorban az AlN, TiN, vagy más nitrid zárványok akadályozzák meg. Ha a nitridek az austenitben oldódnak, akkor a rendszer a kristályméret szempontjából erősen instabil helyzetbe kerül és egyes kedvező helyzetű kristályok hirtelen növekedésnek indulnak. Ennek hatására alakul ki a duplex szövet. Ha a finom szemcsék a szövethől már eltűntek, akkor a további növekedésre a normális viselkedésű acélfajtáknál tárgyalt törvényszerűségek érvényesek.

Az acél olvadt állapotából kivált TiN-nek is van szemcsefinomító hatása. Ez abból következik, hogy a nitridek két kristály, vagy inkább három kristály találkozásánál helyezkednek el (1. ábra). Az olvadékból keletkezett TiN hatása — a nitridek kis mennyisége és eloszlása miatt — gyenge, az egyéb nemfémes zárványok hatásához hasonlóan.

II. A nitridek oldhatósága

Lágy acélokban olvadt állapotból AlN kiválása nem szokott előfordulni, mert a szokásos mennyiségű nitrogént és alumíniumot az acél képes oldani [3].

Az austenit AlN oldóképességét pontosan ismerjük [7]. Az oldás egyenlete:



A folyamat egyensúlyi állandója:

$$K = [\text{Al}] [\text{N}]. \quad (2)$$

Az egyensúlyi állandó értékének változása a hőmérséklettel:

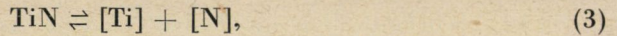
$$\log K = - \frac{6770}{T} + 1,033.$$

TiN-nek olvadt színvasban való oldhatóságára több adat ismert [4, 5]. A megadott adatok között az eltérés azonban nagy. Például 1600 C°-on 0,2% titán tartalomnál az oldott nitrogén mennyiségére 0,0015 és 0,065% közötti adatokat találunk. Acélban az oldódás mértéke feltétlenül kisebb, mert Ti(C, N) képződésre is van lehetőség.

Mikroszkópos vizsgálattal is könnyen megállapíthatjuk, hogy már 0,01% Ti tartalom esetén is vannak a csiszolaton néhány mikron nagyságú sárgaszínű szabályos részecskék, amelyek TiN-nek esetleg Ti(C, N)-nek vélhetők. Ezeket a kristályokat későbbi hőkezeléssel alig lehet oldatba vinni.

Például 0,1% Ti tartalmú acélt 900 C°-on izzítva 0,054 térfogat % titánnitridet, 1200 C°-on izzítva pedig 0,045 térfogat %-ot tartalmaz. Az olvadékból kivált TiN viszont meghatározza az oldva maradt [Ti] és [N] mennyiségét, tehát azt a mennyiséget, amely a szilárd acélból, elsősorban az austenitből kiválhat. Ezek a nitridrészecskék azonban olyan finomak, hogy optikai mikroszkóppal nem figyelhetők meg.

A TiN austenitben való oldhatóságát ADACHI A. és MIZUKAVA K. munkájából [6] ismerjük. Az oldás egyenlete:

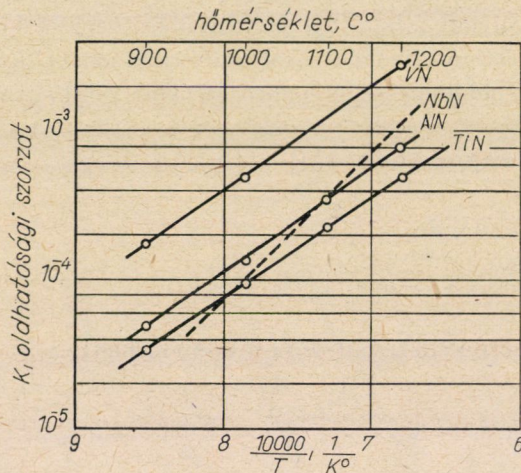


és egyensúlyi állandója:

$$K = [\text{Ti}] \cdot [\text{N}]. \quad (4)$$

Az egyensúlyi állandónak a hőmérséklettől való függése:

$$\lg K = -\frac{6745,7}{T} + 1,29. \quad (5)$$



2. ábra. A nitridek oldhatósági szorzatának függése a hőmérséklettől

A 2. ábrában a TiN mellett az AlN, VN és NbN oldódásának egyensúlyi állandóját feltüntettük a hőmérséklet függvényében [7–9]. Az ábra helyesen tükrözi azt a tényt, hogy a feltüntetett fémek közül leggyengébb nitridképző a vanádium, legerősebb pedig a titán. Az egyensúlyi állandó ismeretében meg lehet határozni a nitridek oldódási hőmérsékletét, ha ismerjük az acél nitrogén és Al, V, ill. Ti tartalmát. Akár a nitrogén, akár a nitridképző elem mennyisége nő az oldódás nagyobb hőmérséklet felé tolódik el.

III. A mérések leírása

Az I. táblázatban feltüntettük a vizsgálatokhoz felhasznált MTA 50-es magyar szabványnak megfelelő acélok összetételét.

Az acélokat Siemens—Martin kemencében gyártották. A hat adag közül csak egynek ismert a nitrogén elemzése, feltételezhető azonban, hogy a többi adagban is hasonló mennyiségű nitrogén van. A szemmagyságméréshez fel-

I. táblázat

A mérésekhez használt acélok százalékos összetétele

A vizsgálat sorszáma	C	Si	Mn	S	P	Al	Ti	N
1.	0,14	0,45	1,04	0,031	0,029	0,02	0,01	0,0044
2.	0,17	0,33	0,90	0,028	0,014	0,03	0,07	—
3.	0,20	0,52	1,22	0,030	0,025	0,04	0,03	—
4.	0,18	0,48	1,10	0,025	0,020	0,03	0,02	—
5.	0,19	0,45	1,15	0,032	0,026	0,04	0,01	—
6.	0,16	0,31	1,28	0,016	0,024	0	0	—

használt csiszolatokat a következőképpen készítettük el: A kívánt hőmérsékleten fél órán át austenitesítettük a darabokat, majd hidegkeverékben edzettük őket, hogy biztosan teljesen martensitesek legyenek. A hidegkeveréket úgy készítettük, hogy jeges vízben konyhasót raktunk. Ezután 550 C°-on félóráig megeresztettük a próbákat, majd köszörülés, csiszolás és polírozás után olyan pikrinsav telített vizes oldatával végeztük a maratást 10—30 percig, amely 1% nátriumlaurylsulfonátot tartalmaz. A marószert hatására a volt austenit-kristályhatárok szépen kirajzolódnak [10].

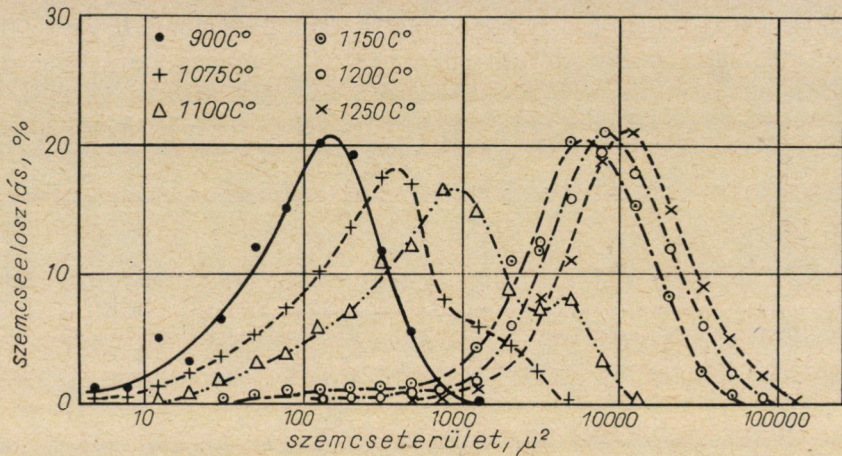
IV. Különböző hőmérsékleten austenitesített próbák szemcseeloszlásának vizsgálata

Az I. acél hengerelt állapotából kiindulva 900 és 1250 C° között végzett austenitesítés hatását vizsgáltuk a kialakult szemmagyságra.

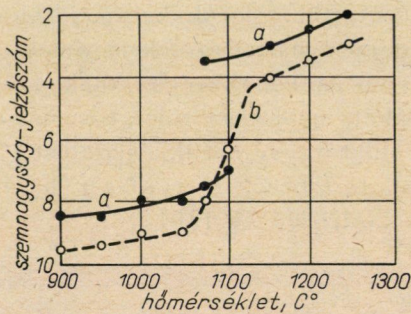
Az egyes próbákon 300—500 szemcse méretét határoztuk meg. A szemcsék százalékos eloszlását a szemcseterület (logaritmikus lépték) függvényében ábráztuk (3. ábra). Így a szemcsék térbeli eloszlásához hasonló eloszlási görbét kapunk [11]. A 900, 1150, 1200 és 1250 C°-on izzított próbák szemcseeloszlási görbéi egymáshoz hasonlóak, csak a nagyobb szemcseterületek felé tolódtak el. Az 1075 és 1100 C°-on izzított próbákon meghatározott görbék már nem a szokásos harang alakot mutatják, hanem a görbéken egy második maxi-

mum is megfigyelhető, jelöl annak, hogy a szemcsedurulás ebben a hőmérsékletközben ugrásszerű.

A 4. ábrán Reichert mikroszkóphoz tartozó összehasonlító etalonon meghatározott szemnagyság-jelzőszámot és a kísérleti acél próbáin mért szem-



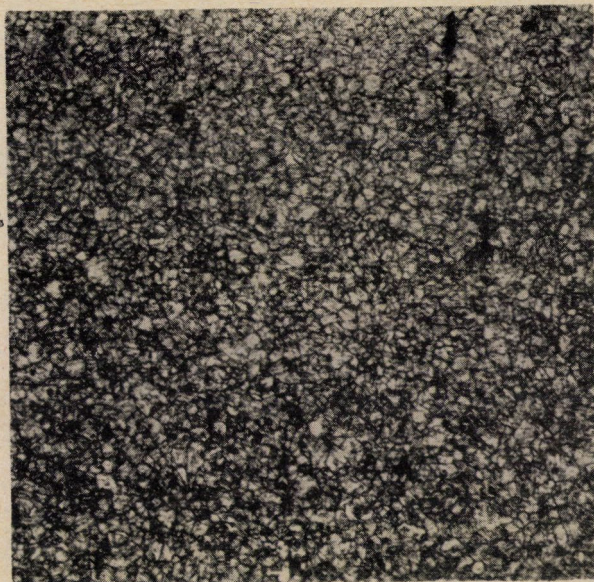
3. ábra. Különböző hőmérsékleten izzított próbák szemcseeloszlási görbéi



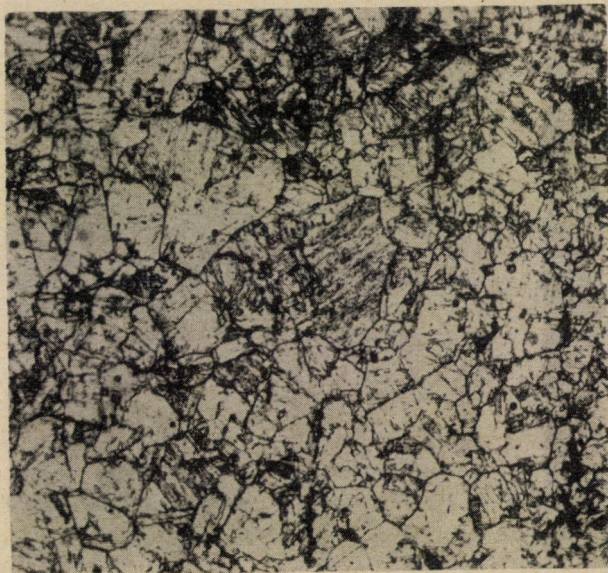
4. ábra. A hőmérséklet hatása az austenitzemnagyságra, etalonon mérve (a) és egyes szemcsék méretének átlagából számítva (b)

csék átlagos területéből számított szemnagyság-jelzőszámot tüntettük fel a hőmérséklet függvényében. Az utóbbi értékek egy egységgel kisebbek ott, ahol nem jelentkezik a duplex jelleg. Az eltérés abból adódik, hogy összehasonlításnál a kisebb szemcséket figyelmen kívül hagyjuk. Az egyes szemcsék mérésénél viszont a kis és nagy szemcséket azonos módon vesszük figyelembe.

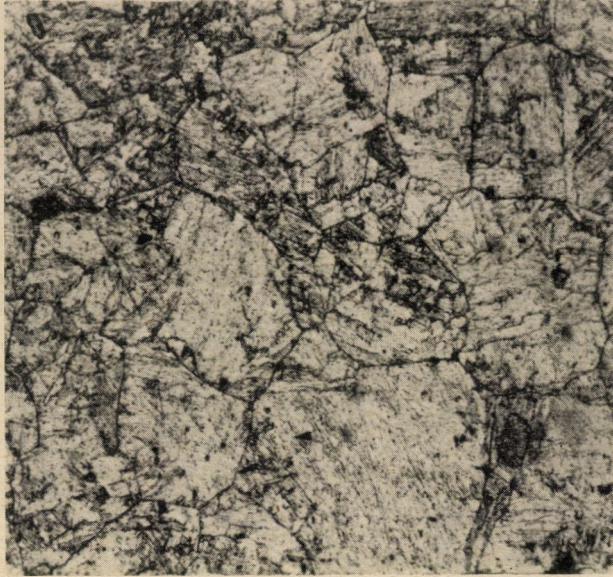
Az 5. ábrán finom, duplex és durva szemű próbáról készült felvételt mutatunk be 200-szoros nagyításban. A duplex jellegű próbát átlagos szemcseméretét kifejező jelzőszámot összehasonlításal nehéz lenne megadni. Sokkal egyszerűbb és célszerűbb a kétféle szemnagyságot feltüntetni [12].



5a. ábra



5b. ábra



5c. ábra

5. ábra. Az izzítás hatása a kialakuló austenitzemmagyságra 900 C°-on (a), 1100 C°-on (b) és 1200 C°-on (c)

V. A nitridképzők, elsősorban a titán mennyiségének hatása a szemcsedurvulás hőmérsékletére

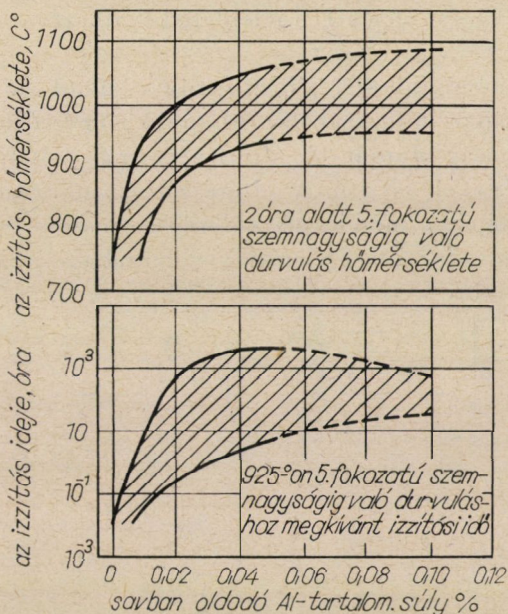
A szemcsefinomító ötvözők közül eddig az alumínium hatását vizsgálták legtöbbször. MILLER O. O. [13] az alumíniumtartalomnak, az izzítás hőmérsékletének és idejének szemcsedurvulásra kifejtett hatását vizsgálta. Méréseinek eredménye a 6. ábrán látható.

ERASMUS L. H. és MECH G. I. [14] ötvözetlen lágy acél szemcsedurvulásának hőmérsékletét a $K = [Al \cdot [N]]$ oldhatósági szorzat függvényében ábrázolta (7. ábra). Méréseik szerint az alumíniumnak egy bizonyos határon túl való növelésével a szemcsedurvulás már nem tolható el nagyobb hőmérséklet felé.

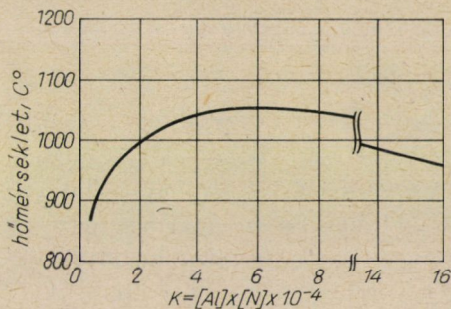
Ugyancsak ERASMUS és munkatársa vizsgálta [15] vanádiummal ötvözött szerkezeti acélok szemcsedurvulási viszonyait. Méréseik értékelésénél önkényesen vették fel a szemcsedurvulás kezdetéhez és végéhez tartozó átlagos szemcseátmérőt (0,02, ill. 0,07 mm-t). Egyértelmű összefüggést állapítottak meg különböző vanádiumtartalomnál a VN austenitben történő oldódása és a szemcsedurvulás között (8. ábra).

ZUBAJEV V. F. és HLESZTOV V. M. méréseiből (16) ismerjük azt, hogy a cirkon hatást fejt ki az austenitzemmagyság-durvulás hőmérsékletére (9. ábra).

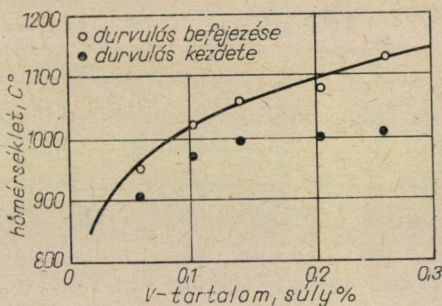
AKIRA ADACHI és munkatársai [5] vizsgálták a titán hatását az austenitzemmagyság változására. Kimutatták, hogy a TiO_2 nem akadályozza meg a



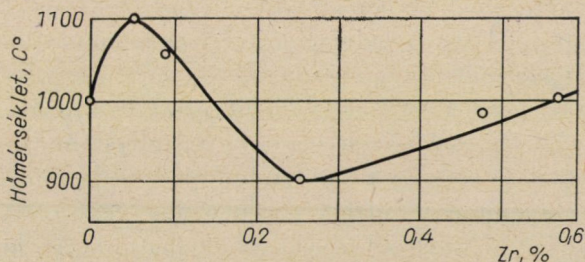
6. ábra. A savban oldható Al-tartalom hatása a szemcsedurvulás hőmérsékletére és idejére [13]



7. ábra. Az oldhatósági szorzat és a szemcsedurvulási hőmérséklet közötti összefüggés Al-tartalmú acélnál [14]



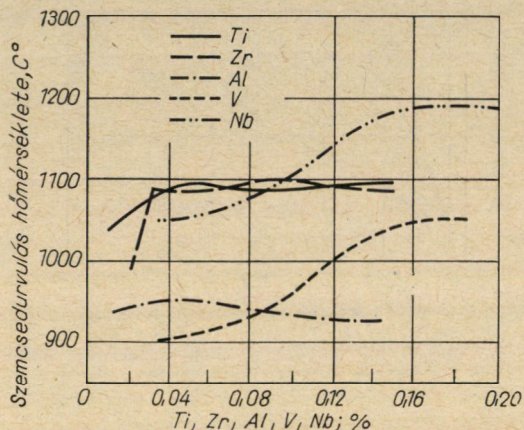
8. ábra. Az acél V-tartalmának hatása a VN oldódási hőmérsékletére és a szemcsedurvulás hőmérsékletére [15]



9. ábra. A cirkon hatása az austenitszemnagyság durvulásának hőmérsékletére [16]

szemcsedurvulást. A TiC és főleg a TiN jelenléte következtében az acél „finom-szemcsésen” viselkedik.

A 10. ábrán méréseik alapján feltüntettük a különböző nitridképző elemek hatását az austenitszemmagyság durvulásának hőmérsékletére. A niobium hatása a NbN oldhatóság alapján (2. ábra) a vártnál erőteljesebb. Az egyes szerzők által mért értékek elég nagy eltérése részben azzal magyarázható, hogy az acélok összetétele a méréseknél különböző, másrészt pedig nincs egy-egy módszer a szemcsedurvulási hőmérséklet megállapítására.

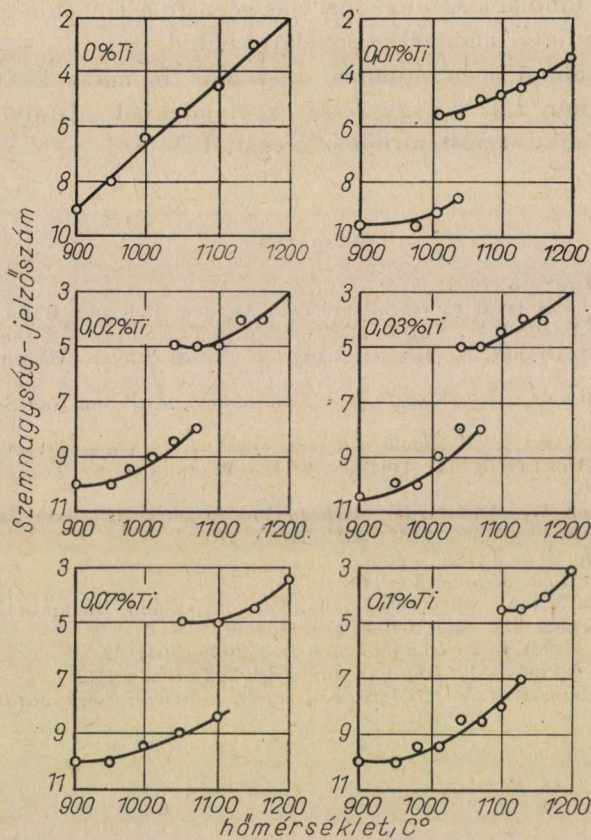


10. ábra. Különböző nitridképző elemek hatása az austenitszemmagyság durvulásának hőmérsékletére [5]

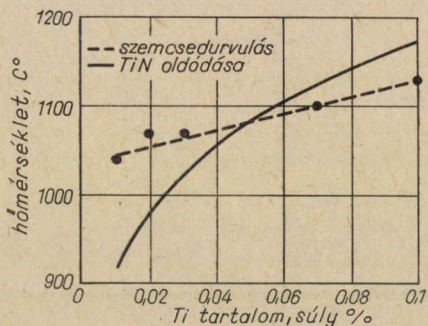
Saját méréseinknél az I. táblázatban feltüntetett Ti-tartalmú mangánnal ötvözött nagy folyáshatárú acélok szemcsedurvulását vizsgáltuk. Az austenítés ideje minden esetben 30 perc volt. A különböző Ti-tartalmú acélok austenitszemmagyság—hőmérséklet görbéihez (11. ábra) a szemmagyság-jelzőszámot összehasonlító etalonnal állapítottuk meg. Azt az értéket fogadtuk el a szemcsedurvulás hőmérsékletének, melynél a duplex jelleg megszűnik. A 12. ábrán tüntettük fel az acél titántartalmának függvényében a szemcsedurvulás hőmérsékletét. Ugyancsak ábráztuk az (5) egyenlet alapján a TiN oldódási hőmérsékletét feltételezve, hogy a nitrogéntartalom minden esetben 0,0044%. A szemcsedurvulás görbéjének elvileg a nitrid oldódási görbéjével kellene egybeesnie, vagy valamivel felette haladnia. A méréseknél mutatkozó eltérést a következő tényezők okozhatják:

Az acélglyártás során a titánnal való ötvözést mindig megelőzi alumíniummal való dezoxidálás, ezért az acél mindig tartalmaz ún. savban oldható alumíniumot is (I. táblázat). Nagy titántartalomnál a kis mennyiségű és gyengébb nitridképző alumínium a nitridképzésben alig vesz részt, viszont kis titántartalomnál TiN és AlN képződésével is számolhatunk. Az, hogy a nitridek ilyenkor milyen hőmérsékleten oldódnak fel az austenitben csak kísérlettel

lenne meghatározható. Feltétlenül nagyobb ez a hőmérséklet annál, mint amikor a titán mellett nincs alumínium. A szemcsedurulás már előbb megindul és be is fejeződik, mint a nitridek teljes oldódása. Az oldódásnak az a mértéke,



11. ábra. Az izzítás hőmérsékletének hatása különböző Ti-tartalmú acélok austenitszeménagságára



12. ábra. A titán mennyiségének hatása a TiN oldódási hőmérsékletére és a szemcsedurulás hőmérsékletére

amelynél a szemcsedurvulás bekövetkezik az izzítás hőmérsékletén kívül az izzítás idejétől is függ. Minél nagyobb a titántartalom, annál nagyobb hőmérsékleten oldódnak a nitridrészecskék, de a nagyobb hőmérséklet miatt egyre több jelenlevő nitrid ellenére is végbemegy a szemcsedurvulás. Végeredményben kis titántartalomnál a szemcsedurvulás görbéje a TiN oldhatósági görbéje fölött, nagyobb titántartalomnál pedig alatta halad.

A titántartalmat nem érdemes a szemcséfinomítás kedvéért tovább növelni, mert akkor a TiN nagy része az olvadékból kristályosodik és így kevésbé hatásos, mint az austenitből szegregált TiN.

IRODALOM

1. FRANSSSEN N.: *Metall* 18 (1964), 8.
2. VERŐ J.: Az ipari vasötvezetek metallográfiája. Akadémiai Kiadó, Budapest 1960.
3. WIESTER, H. J.—BADING, W.—RIEDEL, H.—SCHOLZ, W.: *Stahl und Eisen* 77 (1957), 773.
4. AVERIN, V. V.—SZAMARIN, A. M.: *Izvestija A. N. Sz.Sz.Sz.R. Metallurgija i Gornoje delo* (1964), 2; 3.
5. ADACHI, A.—MIZUKAWA, K.—KANDA, K.: *Tetsu to hagane. J. Iron and Steel Inst. Japan* 49 (1963), 894.
6. ADACHI A.—MIZUKAWA K. *Technology Reports of the Osaka University* II No. 476.
7. LESLIE, W. C.—RICKETT, R. L.—DOTSON, G. L.—WATSON, C. S. *Trans. Am. Soc. Met.* 46 (1954), 1470.
8. KÖNIG, P.—SCHOLZ, W.—ULMER, H.: *Arch. für das Eisenhw.* 32 (1961), 541.
9. SMITH, R. P.: *Trans. Met. Soc. AIME* 224 (1962), 190.
10. KÁLDOR, M.: *Neue Hütte* 8 (1963), 486.
11. KOSTRON, H.: *Arch. für Metallk.* 3 (1949), 193.
12. VERŐ J.—KÁLDOR M.: A vasötvezetek tana. Tankönyvkiadó, Budapest 1963.
13. MILLER, O. O.: *Trans. Am. Soc. Met.* 43 (1951), 260.
14. ERASMUS, L. H.—MECH, G. I.: *Iron and Steel Inst.* 202 (1964), 32.
15. ERASMUS, L. H.—MECH, G. I.: *Iron and Steel Inst.* 202 (1964), 128.
16. ZUBAJEV, V. F.—HLESZTOV, V. M.: *Izv. viszs. ucsebn. zavedenij Csorn. metallurgija* (1963), 12; 126.

BAUXIT- ÉS SZÉNELŐFORDULÁSOK TELEPVASTAGSÁGÁNAK, MINŐSÉGI JELLEMZŐINEK ÉS TERMELESIÉRTÉK-SZÓRÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

PETHŐ SZILVESZTER

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. július 23-án]

A dolgozat bauxit- és szénélőfordulásokra bemutatja a fúrásokkal nyerhető közvetlen mérési eredmények és az ezekből számítható minőségi jellemzők szórásának számítását. Ezekre az értékekre a telepvastagság, ill. ásványvagyon, a minőségi jellemzők és a termelési érték rögzített megbízhatósági intervallummal történő becsléséhez van szükség. A közvetlen mérési eredményekből a korrigált tapasztalati szórással (a nevezőben $n - 1$ szerepel) torzítatlan becslést kapunk a szórás értékére. A közvetlen mérési eredményekből (Al_2O_3 és SiO_2 tartalom, ill. hamutartalom és fűtőérték) számítható modulus, a fajlagos hamu, valamint a bauxit- és szénélőfordulások termelési értékének szórására a köztük levő korrelációs kapcsolat figyelembevételével egyszerű, számításra alkalmas összefüggéseket vezet le.

Bányamező fúrólukakkal történő kutatásakor meghatározzák a telepvastagságot, a legfontosabb minőségi jellemzőket; szénélőfordulásokra a hamutartalmat és fűtőértéket, bauxitokra az Al_2O_3 és SiO_2 tartalmakat. Ezen közvetlen mérési eredményekből számítható a fajlagos hamutartalom (a fűtőérték ezer kalóriájára eső, grammokban kifejezett hamumennyiség),

$$h_g = 10\,000 \frac{h}{F}, \quad (1)$$

a modulus (az Al_2O_3 és SiO_2 tartalom hányadosa),

$$m = \frac{A}{S}, \quad (2)$$

a termelési érték, amely (osztályozott, I. árkategóriájú) szénre [1]

$$T_s = \frac{F}{1000} (245 - 84 \lg h_g), \quad (3)$$

bauxitokra (netto termelési érték)

$$T_b = 6,5 (A - 3 S). \quad (4)$$

A közvetlen mérési eredmények (telepvastagság, h , F , A , S) szórását a korrigált tapasztalati szórással

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

tudjuk számítani, amely a tényleges szórásnak torzítatlan becslése. n a megfigyelési adatok száma. A relatív szórás (variációs együttható, v) a korrigált tapasztalati szórás és a számtani átlag (\bar{x}) hányadosa:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (6)$$

A számtani átlag szórását a

$$D(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

összefüggéssel számítjuk.

A fajlagos hamunak, a modulusnak vagy a termelési értéknek szórását nem számíthatjuk a kiegyenlítő számításból megismert hibatovaterjedési összefüggéssel [2], mivel a relatív szórás nagy, és rendszerint erős korrelációs kapcsolat van a hamutartalom és fűtőérték, illetve az Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak között. A korrelációs kapcsolat nagyságáról a korrelációs együttható kiszámításával győződhetünk meg, amely pl. a bauxittelepek Al_2O_3 és SiO_2 tartalma között a mintabeli adatokból

$$r_{AS} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})(S_i - \bar{S})}{(n-1)S_A S_S} \quad (8)$$

Az így kiszámított regressziós együttható (hamutartalom és fűtőérték között is) rendszerint 0,5-nél nagyobb. Ezért pl. a modulus szórásának kiszámításakor a következőképpen járunk el. Kiszámítjuk az átlag modult, amely az átlagos Al_2O_3 és SiO_2 tartalom hányadosa ($\bar{m} = \bar{A}/\bar{S}$), nem pedig az egyes fűrőlyukak modulusáinak az átlaga. Ugyancsak az elemzési adatokból kiszámíthatjuk az Al_2O_3 tartalomnak az SiO_2 tartalomra vonatkozó regressziós egyenesét,

$$A_i = \frac{\sum_{i=1}^n A_i S_i - n \bar{A} \bar{S}}{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} (S - \bar{S}) + \bar{A} \quad (9)$$

és ezen elsőfokú egyenlettel az egyes fűrőlyukakban talált SiO_2 tartalmakhoz kiszámítjuk az Al_2O_3 tartalmakat. Utóbbiak különböznek ugyan az elemzési adatoktól, de átlaguk ugyanaz, szórásuk pedig a korrelációs együttható nagyságától függően, — nagy korrelációs együttható esetén kevésbé, — különbözik az eredeti elemzési adatok szórásától. Az így kiszámított Al_2O_3 tartalmak és a hozzátartozó SiO_2 tartalmak hányadosát kiszámítjuk, s ezeknek, valamint az

átlagos modulus különbségeknek a négyzetei adják a modulus szórásnégyzetének számlálóját. Módszerünkkel függvényyszerű kapcsolatot létesítünk az SiO_2 tartalom, valamint az Al_2O_3 tartalom és modulus között, így a megfigyelési adatok számától függően függetlenítjük magunkat azon véletlen jellegű hibától, amely az éppen kiválasztott fűrőmag összetételében jelentkezik, vagy a fűrőmagból történő mintavételezés és az elemzés során adódhatik.

Az elmondottak értelmében a modulus szórásának

$$S_m = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{S_i} - \frac{\bar{A}}{\bar{S}} \right)^2 \frac{1}{n-1}} \quad (10)$$

képletében szereplő, A_i helyére a (9) egyenlőséget írjuk,

$$S_m^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{S_i} \left[\frac{\sum_{i=1}^n A_i S_i - n \bar{A} \bar{S}}{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} (S_i - \bar{S}) + \bar{A} \right] - \frac{\bar{A}}{\bar{S}} \right\}^2 \quad (11)$$

és

$$\sum_{i=1}^n A_i S_i - n \bar{A} \bar{S} = \varrho_{AS} \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \right]}$$

helyettesítésével

$$\begin{aligned} S_m^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{S_i} \left[\frac{\varrho_{AS} \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \right]}}{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} (S_i - \bar{S}) + \bar{A} \right] - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\bar{A}}{\bar{S}} \right\}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{S_i} \left[\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} (S_i - \bar{S}) + \bar{A} \right] - \frac{\bar{A}}{\bar{S}} \right\}^2 = \\ &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{S_i \bar{S}} \left[\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} (S_i - \bar{S}) \bar{S} - \bar{A} (S_i - \bar{S}) \right] \right\}^2 = \\ &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{S_i \bar{S}} \left[\left(\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} \bar{S} - \bar{A} \right) (S_i - \bar{S}) \right] \right\}^2 = \\ &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[\left(\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} - m \right) \frac{S_i - \bar{S}}{S_i} \right]^2 = \left(\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} - m \right)^2 \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i - \bar{S}}{S_i} \right)^2. \quad (12) \end{aligned}$$

Ezen összefüggéssel sokkal kevesebb számítási munkát szükséges elvégeznünk, és természetesen ugyanazt az eredményt kapjuk, mintha a (9)

összefüggés alapján a regressziós egyenes egyenletét, ezen egyenlettel az Al_2O_3 tartalmakat, majd pedig a modulusokat, s ezekkel a (10) képlet alapján a szórást számítanánk.

A 12-es képlet tovább egyszerűsíthető, ha S_i -k relatív szórása kb. 20%-nál kisebb. Ilyenkor a summa-jel után a nevező S_i -je helyére \bar{S} írható, s a szórás jó közelítéssel a következő lesz:

$$\begin{aligned} s_m^2 &= \left(\varrho_{AS} \frac{S_A}{S_S} - m \right)^2 \frac{s_S^2}{\bar{S}^2} = m^2 \left(\varrho_{AS} \frac{S_A}{\bar{A}} - \frac{s_S}{\bar{S}} \right)^2 = \\ &= m^2 (\varrho_{AS} v_A - v_S)^2. \end{aligned} \quad (13)$$

A fajlagos hamutartalom szórását az előző levezetés figyelembevételével a következőképpen írjuk fel:

$$s_{hg}^2 = 10^8 \left(\varrho_{hF} \frac{s_h}{s_F} - \frac{\bar{h}}{\bar{F}} \right)^2 \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{F_i - \bar{F}}{F_i} \right|^2}{n-1}. \quad (14)$$

Ha a fűtőérték relatív szórása 20%-nál kisebb, elfogadható közelítést szolgáltat a

$$s_{hg}^2 = h_g^2 (\varrho_{hF} v_h - v_F)^2 \quad (15)$$

összefüggés.

A bauxittelép termelési értékének szórása a modulus szórásának levezetésekor megismert elveknek megfelelően,

$$\begin{aligned} s_{Tb}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n [6,5(A_i - 3S_i) - 6,5(\bar{A} - 3\bar{S})]^2}{n-1} = \\ &= \frac{6,5^2 \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n A_i S_i - n \bar{A} \bar{S}}{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} (S_i - \bar{S}) + \bar{A} - 3S_i \right) - (\bar{A} - 3\bar{S}) \right]^2}{n-1} = \\ &= \frac{6,5^2 \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\varrho_{AS} \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \right]}}{\sum_{i=1}^n |S_i - \bar{S}|^2} (S_i - \bar{S}) + \bar{A} - 3S_i \right) - (\bar{A} - 3\bar{S}) \right]^2}{n-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left. \frac{- (\bar{A} - 3 \bar{S}) \right]^2} &= 6,5^2 \frac{\sum_{i=1}^n \left[\varrho_{AS} \frac{s_A}{s_S} (S_i - \bar{S}) - 3 (S_i - \bar{S}) \right]^2}{n-1} = \\
 &= 6,5^2 \left(\varrho_{AS} \frac{s_A}{s_S} - 3 \right)^2 \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n-1} = \\
 &= 6,5^2 \left(\varrho_{AS} \frac{s_A}{s_S} - 3 \right)^2 s_S^2. \quad (16)
 \end{aligned}$$

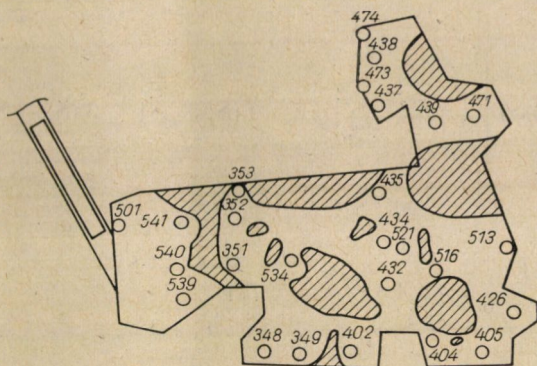
A fenti összefüggésben a korrelációs együttható és az elemzési adatok szórásai szerepelnek, amelyeket már előzőleg kiszámítottunk, így a képlettel való számítás (a 13 és 15-ös képlettel való számítás is) igen gyors.

A széntelepek termelési értékének, a (3) képlet szórása a fűrőlyukak hamutartalma és fűtőértéke alapján:

$$\begin{aligned}
 s_{TS}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n \left[(245 - 84 \lg 10.000 \frac{h_i}{F_i}) - (245 - 84 \lg 10.000 \frac{\bar{h}}{\bar{F}}) \right]^2}{n-1} = \\
 &= \frac{\sum_{i=1}^n \left[-84 \lg 10.000 \frac{\varrho_{hF} \frac{s_h}{s_F} (F_i - \bar{F}) + \bar{h}}{F_i} + 84 \lg 10.000 \frac{\bar{h}}{\bar{F}} \right]^2}{n-1} = \\
 &= \frac{84^2 \sum_{i=1}^n \left[\frac{\lg \left(\varrho_{hF} \frac{s_h}{s_F} (F_i - \bar{F}) + \bar{h} \right) \bar{F}}{F_i \bar{h}} \right]^2}{n-1} = \\
 &= \frac{7056 \sum_{i=1}^n \left[\lg \left(\varrho_{hF} \frac{v_h}{v_F} \frac{F_i - \bar{F}}{F_i} + \frac{\bar{F}}{F_i} \right) \right]^2}{n-1} = \\
 &= \frac{7056 \sum_{i=1}^n \left[\lg \left(\varrho_{hF} \frac{v_h}{v_F} + \frac{\left(1 - \frac{v_h}{v_F}\right) \bar{F}}{F_i} \right) \right]^2}{n-1} \quad (17)
 \end{aligned}$$

Az elmondottak megvilágítására a következő példát mutatjuk be.

1961-ben a Bakonyi Bauxitbánya azzal a kéréssel fordult hatóságaihoz, hogy az Iza-major XII. lencse alsó, +176 m-es szintjén levő 2600 t-ás ércvagyron lefejtésétől gazdasági okokból tekintsenek el. Ezen alsó szint térképéről készített másolatot 26 fűrőlyuk feltün-



M=1:500

I. ábra. Izamajori lencse átnézeti térképe

I. táblázat

Bauxilencse alsó szintjére vonatkozó fúrési adatok

Fúróluk szám	Vastagság, m	Al ₂ O ₃ %, A	SiO ₂ %, S	Modulus, m	Termelési érték T _b
1	2	3	4	5	6
501	1,7	52,5	11,9	4,4	
351	2,5	48,3	12,6	3,8	
352	1,5	47,8	14,8	3,2	
353	1,5	51,9	8,8	5,9	
534	1,6	56,6	5,3	10,7	
348	1,9	54,4	4,5	12,1	
349	3,0	52,8	8,7	6,1	
402	3,0	56,7	6,1	9,3	
404	3,0	52,0	10,7	4,8	
405	3,0	52,9	11,2	4,7	
426	2,0	56,5	3,9	14,5	
513	2,4	57,4	5,5	10,4	
516	3,0	56,1	5,1	11,0	
521	1,0	54,7	6,3	8,7	
432	3,0	51,9	3,8	13,7	
434	3,0	56,5	4,5	12,5	
435	3,0	50,2	14,2	3,5	
469	2,5	54,0	6,3	8,6	
471	2,3	51,8	9,6	5,4	
437	3,0	53,3	8,1	6,5	
473	1,6	53,5	8,2	6,5	
438	2,0	57,5	4,0	14,4	
474	2,5	54,0	6,5	8,3	
541	1,3	55,0	10,4	5,3	
540	2,4	57,6	9,0	6,4	
539	2,3	50,0	14,9	3,3	
Számtani átlag	2,3	53,7	8,3	6,5	187,20
Szórásnégyzet	0,41	7,66	12,14	15,43	6690,28
Szórás	0,64	2,77	3,48	3,93	81,81
Relatív szórás	0,28	0,05	0,42	0,61	0,44
Számtani átlag szórása	0,125	0,543	0,683	0,771	16,04
Számtani átlag relatív szórása	0,054	0,010	0,082	0,118	0,086

II. táblázat
Szórások számítása

Fúróluk száma	$A_i - \bar{A}$	$(A_i - \bar{A})^2$	$S_i - \bar{S}$	$(S_i - \bar{S})^2$	$(A_i - \bar{A}) \cdot (S_i - \bar{S})$	$\frac{S_i - \bar{S}}{S_i}$	$\left[\frac{(S_i - \bar{S})}{S_i} \right]^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
501	-1,2	1,44	+3,6	12,96	-4,32	+0,303	0,0918
351	-5,4	29,16	+4,3	18,49	-23,22	+0,341	0,1163
352	-5,9	34,81	+6,5	42,25	-38,35	+0,439	0,1927
353	-1,8	3,24	+0,5	0,25	-0,90	+0,057	0,0032
534	+2,9	8,41	-3,-	9,-	-8,70	-0,566	0,3204
348	+0,7	0,49	-3,8	14,44	-2,66	-0,844	0,7123
349	-0,9	0,81	+0,4	0,16	-0,36	+0,046	0,0021
402	+3,-	9,-	-2,2	4,84	-6,60	-0,361	0,1303
404	-1,7	2,89	+2,4	5,76	-4,08	+0,224	0,0502
405	-0,8	0,64	+2,9	8,41	-2,32	+0,259	0,0671
426	+2,8	7,84	-4,4	19,36	-12,32	-1,128	1,2724
513	+3,7	13,69	-2,8	7,84	-10,36	-0,509	0,2591
516	+2,4	5,76	-3,2	10,24	-7,68	-0,627	0,3931
521	+1,-	1,-	-2,-	4,-	-2,-	-0,349	0,1218
432	-1,8	3,24	-4,5	20,25	+8,10	-1,184	1,4019
434	+2,8	7,84	-3,8	14,44	-10,64	-0,844	0,7123
435	-3,5	12,25	+5,9	34,81	-20,65	+0,415	0,1722
469	+0,3	0,09	-2,-	4,-	-0,6	-0,349	0,1218
471	-1,9	3,61	+1,3	1,69	-2,47	+0,135	0,0182
437	-0,4	0,16	-0,2	0,04	+0,08	-0,025	0,0006
473	-0,2	0,04	-0,1	0,01	+0,02	-0,012	0,0001
438	+3,8	14,44	-4,3	18,49	-16,34	-1,075	1,1556
474	+0,3	0,09	-1,8	3,24	-0,54	-0,277	0,0767
541	+1,3	1,69	+2,1	4,41	+2,73	+0,202	0,0408
540	+3,9	15,21	+0,7	0,49	+2,73	+0,078	0,0059
539	-3,7	13,69	+6,6	43,56	-24,42	+0,443	0,1962
		191,53		303,43	-185,87		7,6351

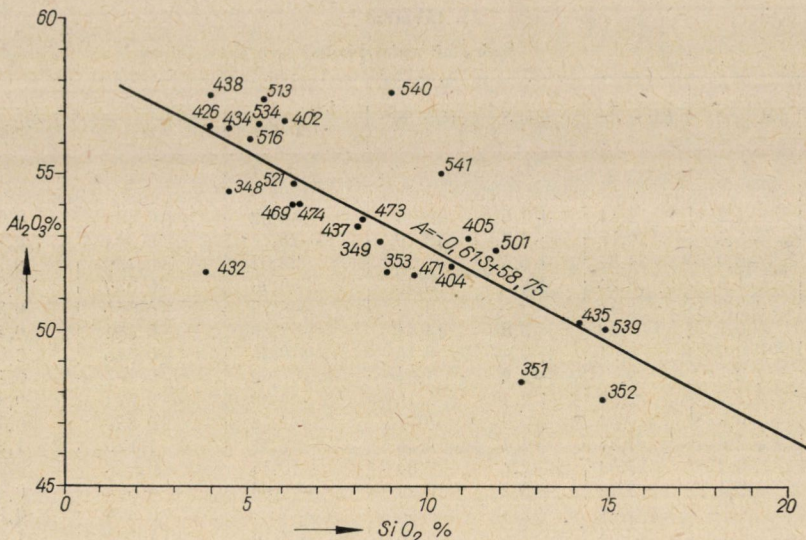
tésével az 1. ábrán látjuk, az egyes fúrólukokban talált telepvastagságokat, az elemzéssel meghatározott Al_2O_3 és SiO_2 tartalmakat, az átlagos modulust és az átlagos termelési értéket az I. táblázatban találjuk meg.

A II. táblázat tartalmazza a szórásnégyzetek számlálóiban szereplő mérési eredmények és a számtani átlagok különbségeit, ezek négyzeteit, a korrelációs együttható számlálójában levő $(A_i - \bar{A})(S_i - \bar{S})$ szorzatokat, továbbá a modulus szórásának számításához szükséges $S_i - \bar{S}/S_i$ értékeket és ezek négyzeteit.

A korrelációs együttható értéke $-0,771$; így igen erős korrelációs kapcsolat van az Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak között, s a negatív jel értelmében az Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak változása ellentétes. A korrelációs együttható ismeretében azt is meg tudjuk mondani, hogy a korrelációs kapcsolat milyen valószínűségű, a tapasztalati korrelációs együttható szignifikánsan ellene mond-e a (Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak közötti) függetlenségnek. Ezért kiszámítjuk a Student-closzlású

$$\tau = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n - 2} \quad (18)$$

valószínűségi változót, és ennek abszolút értékét összehasonlítjuk a Student-táblázat $n-2$ (24) szabadságfokhoz tartozó értékeivel. (A Student-táblázat megtalálható pl. Vincze István szerkesztésében a Közgazdasági és Jogi Könyvkiadónál 1958-ban megjelent „Statistikai minőségellenőrzés” című könyv 429. oldalán.) τ -ra $[(0,771/\sqrt{1 - 0,771^2}) \cdot \sqrt{(26 - 2)}] = 5,920$ adódik. Ez a szám lényegesen nagyobb a 99,9 kétoldali valószínűségi szinthez tartozó 3,745-nél, és így gyakorlatilag biztosnak (gyakorlatilag biztos már a 99,73%-os valószínűségi esemény) tekinthető, hogy az SiO_2 és Al_2O_3 tartalmak között korreláció áll fenn.

2. ábra. Al_2O_3 változása az SiO_2 függvényében

Az elemzési adatokból az Al_2O_3 -nak az SiO_2 tartalomra vonatkozó regressziós egyenes:

$$A = -0,61S + 58,75 \quad (19)$$

Az összetartozó értékpárok pontjait és a regressziós egyenest a 2. ábrán találjuk meg. A modul és a termelési érték szórását az elemzési adatok kapcsolatát kifejező regressziós egyenes segítségével határoztuk meg. Eljárásunk helyességét a 2. ábra jól mutatja. A 353, 540 és 471-es számú fúrólukokban az SiO_2 tartalmat 8,8, 9 és 9,6%-nak találták, az Al_2O_3 tartalmat pedig 51,9, 57,6 és 51,8%-nak. Ezen nagyságban egymás után következő SiO_2 tartalmakhoz a 19-es regressziós egyenes segítségével a megbízhatóbb 53,4, 53,3 és 52,7% Al_2O_3 tartalmakat rendeljük, s a modulus szórásának számításakor ezeket az értékeket vesszük figyelembe.

Az I. táblázatban a számtani átlag alatti sorokban látjuk a II. táblázatban elvégzett számítások felhasználásával meghatározott szórásnégyzeteket, szórásokat, relatív szórás [a (6) képlet alapján], a számtani átlagok szórását [a (7) képlet alapján] és a számtani átlagok relatív szórását. A modulus szórását a pontos értéket adó (12) összefüggéssel számítottuk, mivel az SiO_2 tartalmak relatív szórása igen nagy: 42%. A jóval egyszerűbb (13) képlettel a modulus szórására 3,93 helyett csak 2,99 adódik. Csak a (13) képlet megbízhatóságának illusztrálására kiszámítottuk az 5% relatív szórású Al_2O_3 tartalmakra

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - \bar{A}}{A_i} \right|^2} \quad (12\text{-es képlet}) \quad \text{és} \quad \sqrt{\sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - \bar{A}}{\bar{A}} \right|^2}$$

(13-as képlet levezetések a nevezőben szereplő változó érték helyére az átlagot írtuk) értékeit; ezek 0,262-re, illetve 0,258-ra adódtak. (Az eltérés csak 1,5%, s ugyanilyen %-os eltérés lenne a két módon számítható szórás között.) A termelési érték szórását a (16) képlettel számítottuk ki. Mind a termelési érték, mind a modulus relatív szórása (0,44 és 0,61) nagyobb akár az Al_2O_3 , akár az SiO_2 tartalom relatív szórásánál (0,05 és 0,42).

IRODALOM

1. KAPOLYI L.: Műszaki-gazdasági lehetőségek az új szénárrendszer mellett. *Bányászati Lapok* (1960). 22.
2. TÁRCZY-HORNOCH A.: A kiegyenlítő számítás. Sopron, 1939. Kézirat, 7–17. o.

BAUXITELŐFORDULÁSOK TELEPVASTAGSÁGÁNAK, MINŐSÉGI JELLEMZŐINEK ÉS TERMELESI ÉRTÉKÉNEK BECSLÉSE RÖGZÍTETT MEGBÍZHATÓSÁGI INTERVALLUM ESETÉBEN

PETHŐ SZILVESZTER

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. július 23-án]

A dolgozat eljárást mutat be bauxitelőfordulások mennyiségi és minőségi jellemzőinek valószínűségyszámítási alapokon való becslésére, az ehhez szükséges fúrólukák számának meghatározására rögzített valószínűségi szint és adott megbízhatósági intervallum esetében. A szerző számításait a Csebisev-féle egyenlőtlességgel végzi, de rámutat a standard normális eloszlású valószínűségi változóval való számítás alkalmazási területére is. A javasolt eljárás alkalmazását az izamajori bauxitlencse példájával világítja meg.

Ha a fúrólukákban talált telepvastagságot vagy a minőségre jellemző értékeket (a fajsúlyt, a hamutartalmat, a fűtőértéket, a fém- és ásványtartalmat, az ezekből számított más minőségi jellemzőket, pl. a fajlagos hamutartalmat vagy a modulust stb.) továbbá az elemzési adatokból számítható termelési értéket valószínűségi változóknak tekintjük, akkor a fúrólukakra vonatkozó adatokra a valószínűségyszámítás legáltalánosabb tételeit alkalmazhatjuk.

Valószínűségi változónak nevezzük általában a tömegjelenségeknél előforduló, véletlenül változó értékeket. A telepvastagságnak és a minőségre jellemző értékeknek valószínűségi változóként való értelmezésével csak azt tételezzük fel, hogy a bányamező azon pontját, ahová a fúrólukat mélyítettük, vagy ahol a megfigyelésünket végeztük, véletlen módon választottuk ki, — véletlen jellegű kiválasztásról van szó még abban az esetben is, ha a fúrólukák helyét bizonyos rendszer szerint határoztuk meg —, s a fúrómintából megállapított értékek a bányamezőre jellemző intervallumon belül véletlen jellegűek.

A valószínűségyszámítás egyik általános tétele a Csebisev-féle egyenlőtlesség, amely minden eloszlásfüggvényre alkalmazható, és érvényes olyan véletlen eseményre is, melynek eloszlásfüggvényét nem ismerjük. A Csebisev-féle

$$P[|\xi - M(\xi)|] \geq \varepsilon \leq \frac{D^2(\xi)}{\varepsilon^2} \quad (1)$$

egyenlőtlesség a következőt jelenti. Annak valószínűsége, hogy a valószínűségi változó egy véletlenül kiválasztott értéke (ξ) és a várható érték [$M(\xi)$] közötti különbség abszolút értéke nagyobb vagy egyenlő legyen egy pozitív, előre rögzített, rendszerint kis értékű ε számmal, kisebb vagy egyenlő a szórás-

négyszet $[D_2(\xi)]$ és az ε szám négyzetének hányadosánál. Az ε számot megbízhatósági intervallumnak nevezzük, s értelmezését a bemutatandó példával magyarázzuk.

Mivel a bányamezőn belül a telepvastagságot vagy minőséget a számtani átlaggal számítjuk, írjuk fel a Csebisev-féle egyenlőtlenséget a számtani átlagra:

$$P \left[\left| \frac{\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n}{n} - M(\xi) \right| \geq \varepsilon \right] \leq \frac{D^2 \left(\frac{\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n}{n} \right)}{\varepsilon^2} = \frac{D^2(\xi)}{n \varepsilon^2}. \quad (2)$$

A bal oldali P valószínűségeken belül a $(\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n)/n$ jelentheti pl. a lemélyített fúrólyukak alapján számított átlagos telepvastagságot, az $M(\xi)$ várható értéket pedig akkor nyernénk, ha a telepvastagságot igen nagyszámú fúrólyuk alapján állapítanánk meg. A jobb oldalon a számtani átlag szórásnégyzete szerepel, melyről tudjuk, hogy a szórásnégyzet és a megfigyelések számának (n) hányadosával egyenlő.

Ezen egyenlőtlenséggel kapcsolatban tegyük a következő kikötést:

$$P \left[\left| \frac{\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n}{n} - M(\xi) \right| > \varepsilon \leq p_0. \quad (3)$$

Az itt szereplő p_0 -t szintén előre rögzítjük. Ez valamely 0-hoz közelálló valószínűséget jelent; értéke lehet 0,2, 0,1, 0,05, 0,01, 0,0027 vagy egyéb szám. (A 0,0027 valószínűségi esemény, azaz 10 000 eset közül 27, csak nagyon ritkán fordul elő, ezért valószínűségszámítási szempontból gyakorlatilag lehetetlennek minősítik.) Ezután a 2. és 3. egyenlőtlenség alapján a szórásnégyzet ismeretében p_0 és n értéke meghatározható:

$$P_0 \geq \frac{D^2(\xi)}{n \varepsilon^2}, \quad (4a)$$

illetve

$$1 - p_0 \leq 1 - \frac{D^2(\xi)}{n \varepsilon^2} \quad (4b)$$

és

$$n \geq \frac{D^2(\xi)}{p_0 \varepsilon^2}. \quad (5)$$

E megbízhatósági intervallumról említettük, hogy előre rögzített pozitív számot jelent, s leghelyesebben akkor járunk el, ha azt az átlagos telepvastagság vagy a minőségi tulajdonság egy bizonyos hányadának választjuk. Ha

a várható telepvastagság 2 m, akkor ε -ra pl. megadhatjuk a telepvastagság 10%-át, tehát 0,2-t; 20%-os hamutartalom esetén ε értéke pl. 2 lehet. A 4a és 4b képletek használatakor n -et, a megfigyelések ill. a fúrólukák számát ismerjük, ε -t előre rögzítjük (rögzítéséhez a várható érték körülbelüli ismerete szükséges), a szórásnégyzetet pedig a rendelkezésünkre álló adatokból becsüljük. Az (5) összefüggés alkalmazásakor a szórásnégyzetet ismét becsüljük, a p_0 valószínűséget és ε -t pedig felvesszük. p_0 és ε rögzítésével kapcsolatban megjegyezhető, hogy értéküket annál kisebbre választjuk, minél értékesebb bányászati termékről van szó.

A D_2 (ξ) szórásnégyzetet a következőképpen becsüljük. Ha egy bányászati terület mellett kutatunk, akkor a művelt terület adataiból a szórásra megbízható értéket nyerhetünk. Ha pedig a kérdéses területről megfigyelési adatok (pl. fúrólukák) állnak rendelkezésünkre, akkor a korrigált

$$s = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - x)^2}{n-1}} \right); \text{ a nevezőben } n-1 \text{ szerepel!}$$

tapasztalati szórás útján a szórásnégyzetre torzítatlan becslést kapunk. Ha p_0 és ε rögzítésével n -et kiszámítottuk, s a fúrólukákat lemélyítettük, akkor a fúrólukák lemélyítése után mindig célszerű az újonnan nyert adatok bevonásával a (4a) vagy a (4b) képlet felhasználásával az ásványvagyon vagy minőségi becslés valószínűségét meghatározni.

Az alábbiakban a fenti összefüggéseknek a Bakonyi Bauxitbánya Izamajor XII. lencse alsó szintjére való alkalmazását mutatjuk be, az ide lemélyített fúrólukák adataiból számítható telepvastagságnak, ércvagyonnak, minőségi jellemzőknek, termelési értéknek rögzített megbízhatósági intervallumú (ε) valószínűségnek (p_0) meghatározását mutatjuk be. (Bauxit- és szénelőfordulások telepvastagságának, minőségi jellemzőinek és a termelési érték szórásának meghatározása című dolgozat I. ábráján található az izamajori lencse alsó szintje 26 fúróluk feltüntetésével. Az I. táblázatban a fúrólukákban talált telepvastagságok, az elemzéssel meghatározott Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak, ezek átlagai és szórásai, továbbá az átlagos modulus és az átlagos termelési értékek és szórásaik láthatók. A II. táblázat az I. táblázatban szereplő szórások meghatározásához szükséges számításokat tartalmazza.)

A közvetlen mérési eredmények, a telepvastagság, az Al_2O_3 és SiO_2 tartalom adott megbízhatósági intervallumú valószínűségének számításához a (4a) vagy (4b) képlet be behelyettesítjük a korrigált tapasztalati szórás négyzetével (s^2) becsült $D^2(\xi)$ -t, — telepvastagság esetében 0,41-et, Al_2O_3 esetében 7,66-ot, SiO_2 tartalom esetében 12,14-et, — valamint $n = 26$ értékét. ε -t rögzítjük a számtani átlag 20%-ában, így a megbízhatósági intervallum négyzetei a következők lesznek: telepvastagság esetében $(0,2 \cdot 2,3)^2 = 0,21$, Al_2O_3 tartalom esetében $(0,2 \cdot 53,7)^2 = 115,35$, SiO_2 tartalom esetében pedig $(0,2 \cdot 8,3)^2 = 2,76$. (Az itt szereplő szórásnégyzetek és számtani átlagok az előbb említett dolgozat I. táblázatában találhatóak meg.) Ezen értékekkel számítva, p_0 ill. $(1 - p_0)$ -ra sorban a következő valószínűségeket kapjuk: 0,07, 0,003 és 0,17, illetve 0,93, 0,997 és 0,83. Ha ε értékét a számtani átlag 10%-ában adjuk meg, a megfelelő valószínűségek a következők lesznek: telepvastagságra 0,30, Al_2O_3 tartalomra 0,01 és SiO_2 -re 0,68, és így az $(1 - p_0)$ valószínűségek 0,70, 0,99 és 0,32.

Eredményeinket a következőképpen értelmezzük: Annak valószínűsége, hogy a tényleges átlagos telepvastagság, amelyről a lefejtés során győződhetünk meg, a fúrólukák alapján számított átlagos telepvastagságtól legfeljebb $\pm 0,41$ m-rel (a számtani átlag 20%-a) — azaz a tényleges telepvastagság felső és alsó határa $2,3 + 0,41 = 2,71$ ill. $2,3 - 0,41 = 1,89$ — tér el,

93%, s ezen határokon való kivülesés valószínűsége pedig 7%. Gyakorlatilag biztos (0,997 valószínűségű), hogy a tényleges Al_2O_3 tartalom $53,7 + 0,2 \cdot 53,7 = 64,14\%$ és $53,7 - 0,2 \cdot 53,7 = 42,96\%$ megbízhatósági határok közé esik, sőt 99% annak a valószínűsége, hogy az Al_2O_3 tartalom 59,07 és 48,33% határok közé esik. A jóval nagyobb szórású SiO_2 tartalmakra a valószínűségek $\varepsilon = 1,66$ esetében 83%, $\varepsilon = 0,83$ esetében pedig 32%.

Az elemzési adatokból számítható modulus (az Al_2O_3 és az SiO_2 tartalom hányadosa) és termelési érték [$T_b = 6,5(A - 3S)$] rögzített megbízhatósági intervallumú valószínűségének meghatározása hasonlóképpen történik. A $D^2(\xi)$ -re jó becslést szolgáltatnak most is az elemzési adatokból számított korrigált empirikus szórások, melyeket az Al_2O_3 és SiO_2 tartalmak közötti erős korrelációs kapcsolat miatt egyszerűen számíthatunk. A modulus szórásnégyzetét (lásd a már említett cikket) az

$$s_m^2 = \left(\varrho_{AS} \frac{s_A}{s_S} - m \right)^2 \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i - \bar{S}}{S_i} \right)^2}{n - 1} \quad (6)$$

összefüggéssel, a termelési értéket pedig a

$$s_{T_b}^2 = 6,5^2 \left(\varrho_{AS} \frac{s_A}{s_S} - 3 \right)^2 s_S^2 \quad (7)$$

képlettel számíthatjuk.

Az I. táblázatban rögzített ε -hoz kiszámítva találjuk a telepvastagság, az Al_2O_3 és SiO_2 tartalom, a modulus, a fajlagos termelési érték p_0 és $100(1 - p_0)$ valószínűségeit és az ércvagyon felső és alsó megbízhatósági határait. A táblázat első három sorában mindegyik valószínűségi változónál ε -t a számtani átlag 5, 10 és 20%-ában vettük fel; az utolsó három sorban a megbízhatósági intervallum a telepvastagságnál 0,1, 0,2 és 0,3, Al_2O_3 és SiO_2 %-nál, továbbá a modulusnál 1, 2 és 3, a fajlagos termelési értéknél pedig 10, 20 és 30. Az ε után következő felső és alsó megbízhatósági határokat úgy számítottuk ki, hogy az átlagértékhez

I. táblázat

Rögzített ε -hoz p_0 és

Telepvastagság, m					$\text{Al}_2\text{O}_3\%$					$\text{SiO}_2\%$				
ε	felső	alsó	p_0	$100 \cdot (1 - p_0)$	ε	felső	alsó	p_0	$10 \cdot (1 - p_0)$	ε	felső	alsó	p_0	$100 \cdot (1 - p_0)$
	határ					határ					határ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,115	2,415	2,185	1	0	2,685	56,385	51,015	0,04	96	0,415	6,825	6,175	1	0
0,23	2,53	2,07	0,30	70	5,37	59,07	48,33	0,01	99	0,83	7,15	5,85	0,68	32
0,46	2,76	1,84	0,07	93	10,74	64,14	42,96	0,003	99,7	1,66	7,80	5,20	0,17	83
0,1	2,4	2,2	1	0	1,—	54,7	52,7	0,29	71	1,—	7,5	5,5	0,47	53
0,2	2,5	2,1	0,39	61	2,—	55,7	51,7	0,07	93	2,—	8,5	4,5	0,12	88
0,3	2,6	2,—	0,17	83	3,—	56,7	50,7	0,03	97	3,—	9,5	3,5	0,05	95

hozzáadtuk és kivontuk ε értékét (pl. $2,3 + 0,115 = 2,415$ és $2,3 - 0,115 = 2,185$). A táblázat utolsó két oszlopában az ércvagon felső és alsó határát találjuk. A szint ércvagonát 2600 t-ban állapították meg, az átlagos telepvastagság 2,3 m; az itt szereplő határok %-osan ugyanolyan távolságra vannak a 2600 t-tól, mint a telepvastagság felső és alsó határai az átlagos 2,3 m-től.

A táblázat adataiból, de a felírt 4a és 4b összefüggésekből is a következőket tudjuk kiolvasni. Azonos ε esetén annál nagyobb a megbízhatósági határok közé esés valószínűsége ($1 - p_0$), minél kisebb a szórás abszolút értéke. Ha a megbízhatósági határokat szűkítjük, azaz a megbízhatósági intervallumot csökkentjük, akkor változatlan n esetén a megbízhatósági határokon belül való esés valószínűsége csökkenni fog.

A táblázat első sorában az Al_2O_3 tartalom kivételével p_0 -ra 1-nél nagyobb, $1 - p_0$ -ra negatív szám adódott. (Ezen első sorban ε -t a számtani átlagok 5%-ában vettük fel.) A 4a és 4b összefüggésből $p_0 \geq 1$ és $1 - p_0 \leq 0$, ha

$$\varepsilon \leq \frac{D(\xi)}{\sqrt{n}}. \quad (8)$$

Ha a megbízhatósági intervallum kisebb vagy egyenlő a számtani átlag szórásánál, akkor az így meghatározható megbízhatósági határok közé esés valószínűsége negatív szám vagy 0, tehát a Csebisev-féle egyenlőtlenség szerint az ilyen eseményt lehetetlennek kellene minősítenünk.

A Csebisev-féle egyenlőtlenség nem ad éles becslést a különböző megbízhatósági intervallumú valószínűségekre, de nagy előnye, mint ahogy a bemutatott példával kapcsolatban is látjuk, és a bevezetésben is említettük, hogy érvényes olyan véletlen eseményekre is, melynek eloszlásfüggvényét nem ismerjük. (26 fúróluk alapján az eloszlásfüggvény nem határozható meg!) További előnye, hogy segítségével a bányamezők kutatottsági állapotát a jelenleginél egzaktabb módon osztályozhatjuk. Az osztályozást pl. a követ-

100 (1 - p₀) számítása

Modulus					Termelési érték					Ércvagon, t	
ε	felső	alsó	p_0	100 · (1 - p ₀)	ε	felső	alsó	p_0	100 · (1 - p ₀)	felső	alsó
	határ					határ				határ	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,325	6,825	6,175	1	0	9,36	196,56	177,84	1	0	2730	2470
0,65	7,15	5,85	1	0	18,72	205,92	168,48	0,74	26	2860	2340
1,30	7,8	5,2	0,35	65	37,44	224,64	149,76	0,18	82	3120	2080
1,—	7,5	5,5	0,59	41	10,—	197,20	177,20	1	0	2710	2490
2,—	8,5	4,5	0,15	85	20,—	207,20	167,20	0,64	36	2830	2370
3,—	9,5	3,5	0,07	93	30,—	217,20	157,20	0,29	71	2940	2260

kezőképpen végezhetjük: A megbízhatósági intervallumot (ε -t) vegyük fel a számtani átlag 10%-ában, és I.-es kutatottságúnak a 67%-nál nagyobb, II.-nek a 67 és 33% közé eső, a III.-as kutatottságúnak az olyan bányamezőt minősítjük, melynek a telepvastagsága vagy a minőségi jellemzők valószínűsége 33 és 0% közé esik. Ha pedig az átlag 10%-ában rögzített ε kisebb a számtani átlag szórásánál, akkor a bányamezőt IV.-es kutatottságúnak minősítjük. Ezen osztályozás szerint az izamajori lencse alsó szintjének kutatottsága a telepvastagság, ill. az ércvagyon és Al_2O_3 tartalom szempontjából I. osztályú, az SiO_2 tartalmat illetően már éppen III.-as (32%), a modulus szempontjából IV.-es, és végül a termelési érték kutatottsága ismét III.-as osztályú. A valószínűségi szintek szerinti kutatottság az ércvagyon, a minőségi jellemzők és a termelési érték szerint lényegesen különbözik, és ez elég bizonyíték arra, hogy a kutatottság állapotára sokkal inkább tudunk a fúrólukak számából és a szórásból következtetni, mintha csak a fúrólukak számát vennénk figyelembe.

A táblázatban kiszámított és a minősítéssel kapcsolatban megállapított valószínűségi szintekkel kapcsolatban még csak az jegyezhető meg, hogy a megbízhatósági határokon való kivülesés kb. egyforma valószínűséggel történik az alsó határnál kisebb és a felső megbízhatósági határnál nagyobb területre. A legtöbb jellemzővel kapcsolatban azonban inkább érdekel bennünket az egyoldali megbízhatóság, vagyis annak valószínűsége, amellyel a valószínűség változik vagy beleesik egy megbízhatósági határnál kisebb vagy nagyobb területre. A telepvastagsággal kapcsolatban láttuk, hogy a bauxittelep vastagsága 70%-os valószínűséggel esik (a táblázat 2. sorában) 2,53 és 2,07 m közé (kétoldali valószínűség), ami annyit jelent, — és ez lényegesebb számunkra, — hogy a telepvastagság $100(1 - p_0/2) = 85\%$ valószínűséggel nagyobb 2,07 m-nél (egyoldali valószínűség), és ugyanennyi annak valószínűsége is, hogy a telepvastagság 2,53 m-nél kisebb.

A II. táblázatban $p_0 = 0,01, 0,05, 0,1, 0,2$ és $0,5$ valószínűségekhez kiszámítottuk ε értékét az $\varepsilon \geq D(\xi)/\sqrt{p_0 n}$ egyenlőtlenség alapján, továbbá a telepvastagság, minőségi jellem-

II. táblázat

Adott megbízhatósági szinthez ε , valamint

p_0	Százalékos megbízhatósági szint $100(1-p_0)$	Telepvastagság, m			$Al_2O_3\%$			$SiO_2\%$		
		ε	felső	alsó	ε	felső	alsó	ε	felső	alsó
			határ			határ			határ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,01	99	1,25	3,55	1,05	5,4	59,1	48,3	6,8	15,1	1,5
0,05	95	0,56	2,86	1,74	2,4	56,1	51,3	3,1	11,4	5,2
0,1	90	0,40	2,70	1,90	1,7	55,4	52,—	2,2	10,5	6,1
0,2	80	0,28	2,58	2,02	1,2	54,9	52,5	1,5	9,8	6,8
0,5	50	0,18	2,48	2,12	0,8	54,5	52,9	1,—	9,3	7,3

zők, termelési érték és ércvagyon alsó és felső megbízhatósági határait ε -nak a számtani átlagokhoz történő hozzáadása és kivonása útján. E táblázat adataiból is látható, hogy p_0 növekedésével, ill. a százalékos megbízhatósági szint csökkenésével a megbízhatósági intervallum nagysága is csökken. A táblázat adataiból pl. a következőket tudjuk kiolvasni: 80% annak valószínűsége (a táblázat 4. sora), hogy a telepvastagság 2,58 és 2,02 m, az Al_2O_3 tartalom 54,9 és 52,5%, az SiO_2 9,8 és 6,8%, a modulus 8,2 és 4,8, a termelési érték 223,09 és 151,31 Ft közé, az ércvagyon pedig 2920 és 2280 t közé (kétoldali valószínűségek) esik, és 10% annak valószínűsége, hogy a telepvastagság 2,02 m-nél, az Al_2O_3 tartalom 52,5%-nál, a modul 4,8-nál, a termelési érték 151,31 Ft-nál kisebb, az SiO_2 tartalom pedig 9,8%-nál nagyobb (egyoldali valószínűségek).

A következő táblázatban kiszámítva találjuk a fúrólukak számát, ha p_0 értékét a 2. oszlop szerint, ε -t pedig az átlagos telepvastagság, ill. az átlagos modulus 10%-ában állapítjuk meg. A szükséges fúrólukak számát az $n \geq D^2(\xi)/p_0\varepsilon^2$ egyenlőséggel számítottuk. A $p_0 = 0,0027$ valószínűségi esemény olyan ritkán fordul elő, hogy gyakorlatilag lehetetlennek tekintik, és így az előbbi egyenlőség szerint gyakorlatilag biztos, hogy 2870 fúróluk lemélyítésével a telepvastagságnak az átlagtól való eltérése nem nagyobb $\pm 0,23$ -nál, és 13 530 lemélyítésével pedig afelől lehetünk biztosak, hogy modulus tekintetében a $\pm 0,65$ -ös megbízhatósági intervallumon belül maradunk. Ilyen nagyszámú fúróluknak a lemélyítése azonban igen költséges, kivihetetlen, ezért az ipari minőségellenőrzési gyakorlatához hasonlóan megelégedhetünk kisebb valószínűségi szintekkel. (Az ipari minőségellenőrzési gyakorlatban 95, 90%-os valószínűségi szintekkel dolgoznak.)

Mi az I. kategória alsó határát 67%-nál jelöltük ki, s ez 83,5%-os egyoldali valószínűséget jelent, ami, — tekintettel a Csebisev-egyenlőséggel nagy megbízhatóságára (a számtani átlagszórásának megfelelő ε -nál $p_0 = 1$), megfelelő biztonságot jelent arra vonatkozóan, hogy a valószínűségi változó a megbízhatósági határhoz képest a kedvezőbb területre esik. De más okból sem szükséges ilyen nagyszámú fúróluk lemélyítése. Ismeretes, hogy a számtani átlagok eloszlása normális, bármilyen is legyen az alapsokaság eloszlása, ha a mintaelemek száma 50–60-nál nagyobb. Ez annyit jelent, hogy 50–60-nál több fúróluk esetében alkalmazható a normális eloszlásra ismeretes

$$u_p = \sqrt{n} \frac{\varepsilon}{\sigma}. \quad (9)$$

összefüggés. σ a normális eloszlás szórása, amelyet legalább 50 fúróluk adataiból ismét a korrigált tapasztalati szórással becsülünk, $u_p N(0,1)$ eloszlású

az átlagok felső és alsóhatárának számítása

ε	Modulus		Termelési érték			Ércvagyon, t	
	felső	alsó	ε	felső	alsó	felső	alsó
	határ			határ			határ
12	13	14	15	16	17	18	19
7,7	14,2	0	160,41	347,61	26,79	4,010	1,190
3,4	9,9	3,1	71,61	258,81	115,59	3,230	1,970
2,4	8,9	4,1	50,60	237,80	136,60	3,050	2,150
1,7	8,2	4,8	35,89	223,09	151,31	2,920	2,280
1,1	7,6	5,4	22,69	209,89	164,51	2,670	2,530

valószínűségi változó, s a hozzátartozó valószínűséget a standard normális eloszlás táblázatából vesszük.

Ha a lencse ásványvagyonáról, minőségi jellemzőiről megbízhatóbb ismereteket akarunk szerezni, akkor a fentiek értelmében a következőképpen járunk el: Ha a 26 fúrólukhoz még további 24-et mélyítünk le, akkor már használhatjuk a (9) összefüggést. Még a fúrólukak lemélyítése előtt tájékozódás céljából számítható u_p értéke a (9) összefüggéssel, és ehhez a valószínű-

III. táblázat

A fúrólukak számának számítása adott ε -hoz és p_0 -hoz

ε		p_0	$100(1 - p_0)$	n
1		2	3	4
0,23	Az átlagos telepvas-taság 10%-a	0,0027	99,73	2 870
		0,01	99	776
		0,05	95	155
		0,1	90	78
		0,2	80	39
		0,33	67	24
0,65	Az átlagos modulus 10%-a	0,0027	99,73	13 530
		0,01	99	3 650
		0,05	95	731
		0,1	90	365
		0,2	80	183
		0,33	67	111

ségi szint kikereshető. A σ helyére most a 26 fúróluk alapján számított korrigált empirikus szórás kerül. u_p értéke pl. a modulusra $\sqrt{50} \cdot 0,65/3,93 = 1,1695$, az ehhez tartozó kétoldali valószínűség a standard normális táblázatból 75,8%, tehát várható, hogy összesen 50 fúróluk lemélyítésével modul tekintetében is I. kutatottságú lesz a kérdéses terület. (A Csebisev-féle egyenlőtlenséggel ugyanezen értékekkel a kétoldali valószínűség 27%.) A fúrólukak lemélyítése után, az újonnan nyert adatokat felhasználva, kiszámítjuk a korrigált empirikus szórásokat, és így a tényleges valószínűségek számíthatók. Ha ezután még megbízhatóbb ismereteket akarunk a bányamezőről, akkor a fúrólukak számának tervezése a (9) összefüggésből kifejezhető

$$n = u_p^2 \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} \quad (10)$$

képlettel történhetik. Ha 50-nél kevesebb fúrólukat mélyítünk, akkor a fúrólukak számának és a valószínűségek számítását a Csebisev-féle egyenlőtlenséggel végezzük.

A KONVEKCIÓS ÉS AZ INFLUÁLT ÁRAM, VALAMINT AZ ELTOLÁSI ÉS A KAPACITÍV ÁRAM KÖZÖTTI ÁLTALÁNOS ÖSSZEFÜGGÉS KVÁZISTACIONÁRIUS TEREKBE

ROMHÁNYI MIKLÓS
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

[Beérkezett 1964. augusztus 7-én]

A cikk a konvekciós és az influált áram, valamint az eltolási és a kapacitív áram közötti általános összefüggést adja tértöltéses áramlás esetén, tetszés szerinti elrendezésű elektródrendszerben. Emellett tartalmazza a tértöltés által influált töltés meghatározását is.

I. Bevezetés

Azoknak az elektronikus jelenségeknek a megértése szempontjából, amelyek az ultrarövid- és mikrohullámú sávban dolgozó elektroncsövekben lejátszódnak, alapvető jelentőségű a csőben és a cső elektródkivezetőiben folyó áramok természetének beható vizsgálata. Az irodalomban a fogalmak tisztázása már régen megtörtént. Általánosan ismeretes, hogy az elektródok közti térben folyó áram két, szemléletes és önálló fizikai tartalommal bíró összetevőből: az elektronok mozgása által okozott konvekciós áramból és az elektromos térerősség időbeli változása által okozott eltolási áramból tevődik össze; az egyes elektródokhoz csatlakozó külső körökben folyó teljes áram viszont két, hasonlóképpen szemléletes és meghatározott fizikai tartalommal bíró összetevőre bontható fel: az elektronok mozgása által okozott influált áramra és az elektródok kapacitív töltéseinek* időbeli változásából származó kapacitív áramra.**

Az irodalomban az influált áramot először a tükrözési elv alapján kiszámított influált töltés idő szerinti deriváltjaként határozták meg síkelektrodos rendszerben, egyetlen elektronra vonatkozólag [1]. Bár ez a módszer később eléggé elterjedt [2—6], bonyolultabb elektródrendszerben nem alkalmazható. Egyes szerzők azt a gondolatot is felvetették, hogy az influált áramot az elektron mozgása által a kérdéses elektródon előidézett elektromos fluxus idő

* Kapacitív töltéseknek az elektródokon tértöltésmentes esetben fellépő töltéseket fogjuk nevezni.

** A kapacitív áramnak ez a definíciója kissé eltér az elektrotechnikában szokásos meghatározástól. Az így definiált kapacitív áram kapacitív töltőáramot jelent, melynek a kapacitás „külső” körének egyes szakaszain fellépő feszültséghez viszonyítva lehet hatásos összetevője is (pl. egy trióda anód-rács kapacitásán átfolyó kapacitív áramnak komplex anódimpedancia esetén a hajtó generátor feszültségéhez viszonyítva van hatásos összetevője, s e miatt a cső bemenő admittanciájának van valós része), míg az elektrotechnikában kapacitív áram alatt tiszta szinuszos időfüggés esetén mindig a feszültséghez képest fázisban $\pi/2$ -vel siető meddő áramot értenek.

szerinti változásából számítsák ki [7—9], azonban gyakorlati nehézségek miatt ez a javaslat csupán elvi jelentőségű. Új kvantitatív eredményt S. RAMO cikke [10] hozott; ő elektrosztatikai módszerrel levezetett egy képletet, mely tértöltésmentes esetben lehetővé teszi egy elektron által influált áram kiszámítását tetszés szerinti elektródrendszerben. Bár a képlet tetszés szerinti nagyságú és váltakozó elektródfeszültségek esetén is érvényes, RAMO levezetéséből ez nem tűnik ki, mert a vizsgálathoz egységnyi elektródfeszültséget és sztatikus teret tételez fel. Más szerzők az influált áramot tértöltésmentes esetben energetikai alapon egészen általános elektródrendszerben az előzőeknél sokkal egyszerűbb módon határozták meg [11, 12]. Az influált áramot teljesen általánosan C. K. JEN határozta meg egy 1941-ben megjelent kitűnő cikkében [13]. JEN azonban a problémát elsősorban energetikai szempontból tekinti, s bár megadja a külső körben folyó teljes áramra vonatkozó összefüggést, a tér és az elektron energetikai kölcsönhatása szempontjából szerepet nem játszó kapacitív árammal az influált áram mellett nem foglalkozik.* A probléma energetikai szempontból való vizsgálata lehetővé teszi, hogy egy következő cikkében a külső körben és az „elektródok” közötti térben végbemenő energiaváltozások egyensúlyát nemstacionárius viszonyok esetén is kifejezze [14].

Nem stacionárius rendszerekben (vagyis olyan rendszerekben, melyek méretei nem hanyagolhatók el a rezgési hullámhosszhoz képest) nincs értelme influált és kapacitív áramról beszélni, hiszen a teret körülzáró vezető falak alkotta rendszerben nem beszélhetünk sem elektródokról, sem kapacitásról, sem feszültségről. Ezért vizsgálatainkban kvázistacionárius viszonyokra szorítkozunk. A kapott eredmények azonban olyan nem stacionárius rendszerekre is alkalmazhatók, mint pl. a klisztron üregrezonátora, amelyben a konvekciós áram áthaladásának helyén csaknem kizárólag villamos tér van jelen.

Mi a következőkben először meghatározzuk az elektródok töltését, majd a töltés kifejezéséből kiindulva megadjuk a konvekciós áram térbeli eloszlása és az influált áram, illetve az eltolási áram térbeli eloszlása és a kapacitív áram közötti általános összefüggést. Ezek — mint látni fogjuk — meglepő szimmetriát mutatnak.

II. Az elektródok töltéseinek jellege

Kvázistacionárius üzemviszonyok között egy elektroncső bármely elektródjának töltése két, egymástól független részből tevődik össze. Az egyik az influált töltés, melyet a térben levő elektronok keltenek, a másik pedig

* A külső körben folyó áram felbontásának influált és kapacitív áramra éppen az az értelme, hogy az elektron és a tér közötti energetikai kölcsönhatás — mivel az az elektron mozgásával kapcsolatos — kimutathatóan az ugyancsak az elektron mozgása által okozott influált árammal van szoros kapcsolatban, míg a kapacitív áram emellett csupán passzív szerepet játszik. Ezért a térben és a külső körben végbemenő energiaváltozások egyensúlyát az influált áram segítségével lehet kifejezni.

a kapacitív töltés, melyet a cső elektródjainak pillanatnyi feszültsége határoz meg a rendszer tértöltésmentes állapotában. Pontosabban szólva az influált töltés egyenlő azzal a töltéssel, amely a vizsgált elektródon akkor lép fel, ha mindegyik elektródot földeljük, s a tértöltéseloszlást a rendszerben az üzemi állapothoz képest változatlanulak tételizzük fel. A kapacitív töltés pedig egyenlő azzal a töltéssel, amely a vizsgált elektródon akkor lép fel, ha a rendszer elektródjai üzemi feszültségen vannak, viszont a rendszerben a tértöltés mindenütt zérus (hideg cső).

Az A. függelék (A 22) képlete szerint egy n számú, tetszés szerinti alakú és feszültségű elektródot tartalmazó rendszer (ld. a 2. ábrát az A. függelékben) j -ik elektródjának össztöltése a következőképpen fejezhető ki:

$$Q_j = - \int_V \rho \varphi_j dV + \sum_{k=1}^n c_{jk} U_k. \quad (1)$$

A jobboldali első tag az influált töltést, a második pedig a kapacitív töltést adja meg. Az integrál előtti negatív előjel azt fejezi ki, hogy az influált töltés a térbeli töltésekkel ellentétes előjelű. E képletben

φ_j a tértöltésmentes rendszer j -ik elektródjára normált (dimenzió nélküli) sztatikus potenciál-függvény; ez számértékre nézve egyenlő azzal a potenciáeloszlással, mely akkor alakulna ki a rendszerben, ha a j -ik elektródra egységnyi feszültséget kapcsolnánk, a többit pedig földelnénk, s a tértöltés zérus lenne;

ρ a tértöltéseloszlás;

c_{jk} a j -ik elektródnak a k -ikra vonatkozó kapacitás-együtthatója (közelebbi definícióját illetően lásd az A. függelék (A21) képletét);

U_k pedig a k -ik elektród feszültsége.

Az integrált mindazon térrészekre ki kell terjeszteni, amelyekben $\rho \neq 0$. Egyébként a képlet az időben tetszés szerint változó elektródfeszültségek esetén is érvényben marad mindaddig, amíg a rendszer kvázistacionáriusnak tekinthető (vagyis amíg a zártnak feltételezett rendszer maximális méretei a működési frekvenciához tartozó λ hullámhosszhoz képest elhanyagolhatók).

III. A térben és az elektródok külső körében folyó áramok fizikai jellemzése

Az I. Maxwell-egyenlet értelmében az elektródok közti vákuumtérben folyó áram az elektronok mozgása által okozott konvekciós áramból és a villamos térerősség időbeli változása által okozott eltolási áramból tevődik össze:

$$\vec{i} = \rho \vec{v} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \quad (2)$$

Az áramsűrűségnek a j -ik elektród felületére vett felületi integrálja — ha a felületi normálist a térből az elektród belseje felé irányítjuk — a szóban forgó

elektródba befolyó áramot szolgáltatja:

$$I_j = \int_{A_j} \rho \bar{v} \cdot d\bar{A} + \varepsilon_0 \int_{A_j} \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} \cdot d\bar{A}. \quad (3)$$

ahol A_j a j -ik elektród felülete.

A $\text{div } \bar{i} = 0$ egyenlet folytán ugyanakkora áram folyik a j -ik elektród külső körében is. Ez az áram szintén két szemléletes és önálló fizikai tartalommal bíró összetevőre bontható: az elektronok mozgása által okozott influált áramra és az elektródok kapacitív töltéseinek változásából származó kapacitív áramra:

$$I_j = I_{j\text{infl.}} + I_{j\text{kap.}} \quad (4)$$

Ha a vizsgált elektródra nem futnak rá elektronok (pl. negatív rács esete, vagy bármely elektród esete a bekapcsolás utáni tranzienst állapotban, amíg az elektronok az elektródot el nem érik), akkor az influált áramot az influált töltés idő szerinti változása adja, a kapacitív áramot pedig a kapacitív töltés idő szerinti változása. Ha viszont az elektródra elektronok érkeznek, akkor az influált áram nem egyenlő az influált töltés idő szerinti változásával, hiszen például stacionárius üzemben az egyes elektródokon levő influált töltések makroszkopikusan szemlélve az időben állandók, a külső körben folyó áram mégis influált áram [ld. a B. függelék (B 9a) egyenletét]. Az elektronok ugyanis nem akkor okozzák az áramot, amikor az elektródra megérkeznek, hanem indulásuktól megérkezésükig, térbeli mozgásuk alatt. Mikroszkopikusan szemlélve a dolgot, az egyes elektronok által az elektródokon influált töltések változnak az időben, s a külső körben folyó áram az egyes elektronok mozgása által okozott elemi áramok összegeként jön létre. Makroszkopikusan a dolgot úgy kell tekintenünk, hogy bár az elektródon levő influált töltés mennyisége az időben nem változik, a térbeli töltések mozgása következtében folytonosan cserélődik.

Tértöltésmentes esetben a kapacitív áram egyenlő az elektródból kifolyó eltolási árammal. Az utóbbi ugyanis egyenlő az elektród töltésének idő szerinti változásával (ha most a felületi normálist az elektródból kifelé irányítjuk):

$$I_e = \int_A \bar{i}_e \cdot d\bar{A} = \int_A \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \cdot d\bar{A} = \frac{d}{dt} \int_A \bar{D} \cdot d\bar{A} = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dU}{dt}. \quad (5)$$

Tértöltésmentes esetben az elektródok töltése tisztán kapacitív, tehát az állítás helyessége nyilvánvaló. Téröltéses esetben azonban másképpen áll a dolog, mert az elektród töltése ebben az esetben az influált töltést is tartalmazza. Ezért az elektródból kifolyó eltolási áram nem egyenlő a kapacitív árammal, s azzal ellentétben a kapacitáson levő feszültséghez viszonyítva általában hatásos összetevője is van.

IV. A térben és az elektródok külső körében folyó áramok általános összefüggése

A B. függelék (B 9) képlete szerint a j -ik elektród külső körében folyó influált áram és az elektródok közti térben folyó konvekciós áram között az alábbi, kvázistacionárius rendszerekben általánosan érvényes összefüggés áll fenn:

$$I_{j \text{ infl.}} = \int_V \vec{i}_k \cdot \text{grad } \varphi_j dV, \quad (6)$$

ahol $\vec{i}_k = \vec{i}_k(\vec{r}, t) = \rho(\vec{r}, t) \vec{v}(\vec{r}, t)$ a konvekciós áramsűrűség tér- és időbeli eloszlása, $\varphi_j = \varphi_j(\vec{r})$ pedig a j -ik elektród A_j felületére normált — s az (1) képlettel kapcsolatban közelebbről definiált — sztatikus potenciálfüggvény.

Az integrál mindazokra a térrészekre kiterjesztendő, ahol $\vec{i}_k \neq 0$. Az integrál által meghatározott áram előjele azzal a feltétellel érvényes, hogy az áram mérőirányát a szóban forgó elektródtól a külső kör felé mutatónak vesszük fel.

A B. függelék (B 7) képlete szerint hasonló összefüggés érvényes a j -ik elektród külső körében folyó kapacitív áram és az elektródok közötti térben folyó eltolási áram között, az előbbivel azonos feltételek mellett:

$$I_{j \text{ kap.}} = \int_V \vec{i}_e \cdot \text{grad } \varphi_j dV, \quad (7)$$

ahol $\vec{i}_e = \vec{i}_e(\vec{r}, t)$ az eltolási áramsűrűség tér és időbeli eloszlása, φ_j pedig a j -ik elektródra normált potenciálfüggvény.

Az integrál mindazokra a térrészekre kiterjesztendő, ahol $\vec{i}_e \neq 0$. Az integrál által meghatározott áram előjele itt is azzal a feltétellel érvényes, hogy az áram mérőirányát a szóban forgó elektródtól a külső kör felé mutatónak vesszük fel.

A kapacitív áram a kapacitív töltés idő szerinti deriváltjaként is kifejezhető. Az áram mérőirányát az előzővel azonos módon felvéve, a B. függelék (B 8) képlete szerint

$$I_{j \text{ kap.}} = - \sum_{k=1}^n c_{jk} \frac{dU_k}{dt}, \quad (8)$$

ahol c_{jk} az A. függelék (A 21) képlete által meghatározott kapacitás-együttható, U_k pedig a k -ik elektród feszültsége.

Hangsúlyozzuk, hogy az $I_{j, \text{kap.}}$ kapacitív töltőáram nem feltétlenül meddő áram, mert a j -ik elektród és a föld közti áramkörszakasz alkotta két pólus feszültségéhez képest hatásos összetevője is lehet.

Ez a kapacitív áram itt megadott — és az elektroncsövek elméletében általában meghonosodott — definíciójának következménye. E definíciónak az a mélyebb értelme, hogy így a külső körben folyó áram olyan összetevőkre bontható, amelyek közül az egyik, éspedig az influált áram szoros összefüggésben van a tér és az elektron közti energiakicserélődéssel, míg a másik, nevezetesen a kapacitív áram ezen energiakicserélődéssel nincs közvetlen kapcsolatban.

A (6) és (7) összefüggések akár tértöltésmentes, akár tértöltéses rendszerben érvényesek, azonban $I_{j\text{kap.}}$ fogalmi meghatározásánál fogva mindig a tértöltésmentes (hideg) cső j -ik elektródjának külső körében folyó kapacitív töltőárammal egyenlő.

A megadott összefüggések lehetővé teszik a influált áram kiszámítását, ha ismerjük a konvekciós áram tér- és időbeli eloszlását, illetve a kapacitív áram kiszámítását, ha ismerjük az eltolási áram tér- és időbeli eloszlását, vagy — és ez gyakoribb — az elektródok részkapacitásait.

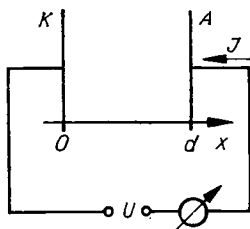
Látjuk, hogy egyrészt a konvekciós és az influált áram között, másrészt az eltolási és a kapacitív áram között szoros összefüggés áll fenn. Ez természetes, mert ezeket páronként végső soron ugyanazok az okok idézik elő: az előbbieket az elektronok mozgása, az utóbbiakat pedig az elektródok feszültségeinek változása.

V. Különleges esetek

A (6) képlet természetesen magában foglalja azt az esetet is, amikor a térben egyetlen elektron mozog. Ekkor a térfogati integrál csak az elektront körülzáró kis g gömbön belül különbözik zérustól, melynek sugara zérushoz tart. Ennélfogva tértöltésmentes esetben

$$\begin{aligned} I_{j\text{infl.}} &= \int_g \vec{i}_k \cdot \text{grad } \varphi_j dV = \int_g \rho \vec{v} \cdot \text{grad } \varphi_j dV = \\ &= (\vec{v} \cdot \text{grad } \varphi_j) \int_g \rho dV = -e(\vec{v} \cdot \text{grad } \varphi_j). \end{aligned} \quad (9)$$

Az alkalmazások szempontjából fontos példaként határozzuk meg az 1. ábrán látható síkdióda külső körében folyó áramot



1. ábra. Síkdióda külső körében folyó áramok meghatározásához

Minthogy egydimenziós rendszerrel van dolgunk, a térbeli vektoregyenletek skaláregyenletekké egyszerűsödnek. Mindegyik vektormennyiségre nézve válasszuk közös mérőiránynak az x -tengely pozitív irányát. Azok a mennyiségek, amelyek tényleges fizikai iránya megegyezik a választott mérőiránnyal, pozitív előjellel kerülnek be az egyenletbe, azok pedig, amelyek fizikai iránya ellentétes a választott mérőiránnyal, negatív előjellel fognak szerepelni. Ha a külső körben folyó áram irányát az ábrán jelölt módon vesszük fel, akkor a (6) egyenlethez fűzött megjegyzésünk értelmében

$$I_{\text{infl.}}(t) = -A \int_0^d \left[-i_k(x, t) \right] \cdot \frac{1}{d} dx = \frac{1}{d} \int_0^d [Ai_k(x, t)] dx = \frac{1}{d} \int_0^d I_k(x, t) dx. \quad (10)$$

Eszerint egy sík elektródrendszer külső körében folyó influált áram bármely időpontban egyenlő a konvekciós áram ugyanazon időpontban vett térbeli középértékével. A pozitív előjel azt fejezi ki, hogy az influált áram iránya egybeesik a felvett mérőiránnyal, tehát megegyezik a konvekciós áram irányával.

Kvázisztatikus üzemben (amíg az elektron repülési ideje a jel periódus-idejéhez képest elhanyagolható) a konvekciós áram bármely időpontban a térben állandónak tekinthető, tehát az integráljel elé kiemelhető:

$$I_{\text{infl.}}(t) = \frac{1}{d} \int_0^d I_k(t) dx = I_k(t). \quad (11)$$

E képlet szerint kvázisztatikus üzemben a külső körben folyó influált áram egyenlő a csőben folyó konvekciós árammal.

A (7) képlet alapján a (10) egyenlethez hasonló módon

$$I_{\text{kap}}(t) = -A \int_0^d \left[-i_e(x, t) \right] \cdot \frac{1}{d} dx = \frac{1}{d} \int_0^d I_e(x, t) dx, \quad (12)$$

vagyis egy sík elektródrendszer külső körében folyó kapacitív áram bármely időpontban egyenlő az eltolási áram ugyanezen időpontban vett térbeli középértékével. Könnyen kimutatható, hogy a (12) képlet a „hideg” cső kapacitív áramát szolgáltatja:

$$\frac{A}{d} \int_0^d i_e(x, t) dx = \frac{A}{d} \int_0^d \frac{\partial D}{\partial t} dx = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \cdot \frac{d}{dt} \int_0^d E dx = C \cdot \frac{dU}{dt},$$

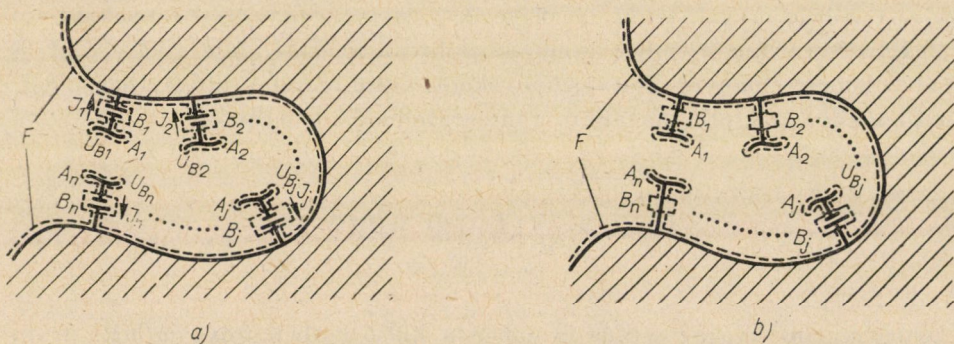
ahol $C = \varepsilon_0 (A/d)$ a „hideg” cső kapacitása, $U_a = \int_0^d E dx$ pedig a cső anód-feszültsége. Ez különben a (8) képletből önként következik.

Alkalmazási példák a [16]-ban találhatók.

A) FÜGGELÉK

Az elektródok töltéseinek meghatározása tértöltéses áramlás esetén

Tekintsünk a 2. ábrán feltüntetett, tetszés szerinti térbeli elrendezésű elektród-rendszert. Először tegyük fel, hogy az elektródokra állandó feszültségű telepek segítségével rendre $U_{T1}, U_{T2}, \dots, U_{Tj}, \dots, U_{Tn}$ egyenfeszültséget kapcsolunk, és az elektródok közti vákuumtérben stacionárius tértöltéses áramlás van. A j -edik elektród töltését kívánjuk az adott feltételek mellett meghatározni. E célból tekintsük a 2b. ábrán feltüntetett rendszert, mely a 2a. ábrán feltüntetett rendszerrel teljesen azonos térbeli elrendezésű, azonban az elektródok közötti tér tértöltésmentes, az elektródok pedig a j -edik kivételével földelve vannak. Az elektródokat körülvevő földelt vezető alakjára és méreteire nézve semmiféle kikötést nem teszünk. Lehet például akár nyitott, akár zárt vezető.



2. ábra. Általános elektródrendszer elektródjai közötti vákuumtérben és az elektródok külső körében folyó áramok közötti összefüggések meghatározásához

a) Az elektródokon konstans feszültség; tértöltéses áramlás ($\rho \neq 0$); a potenciált a $\Delta U = -\rho/\varepsilon$ Poisson-egyenlet írja le.

b) Minden elektród a j -ik kivételével földelve, a j -ik elektród feszültsége U_j ; tértöltés nincs ($\rho = 0$); a potenciált a $\Delta \Phi = 0$ Laplace-egyenlet írja le

Az a) rendszerben jelöljük a potenciált U -val, a b) rendszerben pedig Φ -vel. A diszkontinuitásokat jelentő elektródokat és a csatlakozó vezetékdarabokat zárjuk ki a térből a hozzájuk simuló $A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_n$ felületekkel, a telepeket a $B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_n$ felületekkel, a földelt vezetőt pedig az F felülettel. Végül abban az esetben, ha az F vezető nyitott, a vizsgált térrészt zárjuk körül egy $R \rightarrow \infty$ sugarú G gömbfelülettel. Az így megmaradó térrészt határoló felülettel jelöljük A -val:

$$A = \sum_{k=1}^n (A_k + B_k) + F + G.$$

A 3. ábrán feltüntetettük az elektródok, telepek és csatlakozó vezetékek vázlatos rajzát, mely szerint a telepeket a csatlakozó vezetékkel azonos vastagságú hengereknek képzeljük. A B_j felület 0-ás és 1-es zárólapjai az elektrólit és a fém határához közel a fémet szelik át.

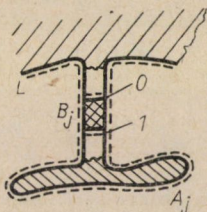
Az A -val határolt V térrészben az a) rendszer potenciálja kielégíti a

$$\Delta U = -\rho/\varepsilon_0 \quad (\text{A1})$$

Poisson-egyenletet és az

$$U(A_k) = U_{Bk}; \quad U(B_k) = U'_{Bk}; \quad U(F) = 0. \quad (\text{A2})$$

határfeltételeket. $U(A_k)$ az U potenciál értéke a k -ik elektródon, U'_{Bk} a potenciáeloszlás a telepet körülzáró B_k felület mentén, $U(F)$ pedig U -nak az F felületen felvett értéke. Feltételezzük, hogy a henger palástja mentén $\partial U/\partial n = 0$.



3. ábra. Egy elektród, telep és csatlakozóvezeték vázlatos rajza

Másrészt a V térrészben a b) rendszer potenciálja kielégíti a

$$\Delta \Phi = 0 \quad (\text{A3})$$

Laplace-egyenletet és a

$$\Phi(A_k)_{k \neq j} = 0, \quad \Phi(A_j) = U_{Bj}; \quad \Phi(B_k)_{k \neq j} = 0, \quad \Phi(B_j) = U'_{Bj}; \quad \Phi(F) = 0 \quad (\text{A4})$$

határfeltételeket.

Mindezekhez hozzávéhetjük, hogy a végtelenben U és Φ úgy tűnik el, mint $1/R$. Mint-hogy a végtelenbe húzódó G gömbfelületen $\partial U/\partial n = \partial U/\partial R$ és $\partial \Phi/\partial n = \partial \Phi/\partial R$, azért a gradiensek a végtelenben úgy tűnnek el, mint $1/R^2$.

Ezek után az U és Φ potenciálokra írjuk fel Green tételét:

$$\int_V (U \Delta \Phi - \Phi \Delta U) dV = \int_A \left(U \frac{\partial \Phi}{\partial n} - \Phi \frac{\partial U}{\partial n} \right) dA, \quad (\text{A5})$$

ahol V az A felület által határolt térrészt jelenti. A felületi normális V -ből kifelé mutat. Az (A1) és (A3) egyenletek figyelembevételével az (A5) bal oldala a következőképpen alakul:

$$-\int_V \Phi \Delta U dV = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \Phi \rho dV. \quad (\text{A6})$$

Jobboldalának átalakítása céljából gondoljuk meg, hogy (A2) értelmében, a felületi normális irányításának figyelembevételével

$$\int_{A_k} U \frac{\partial \Phi}{\partial n} dA = -U_{Bk} \int_{A_k} \bar{E} d\bar{A} = -\frac{1}{\varepsilon_0} U_{Bk} \int_{A_k} \bar{D} d\bar{A} = \frac{1}{\varepsilon_0} U_{Bk} Q_{bk}, \quad (\text{A7})$$

ahol Q_{bk} a b) rendszer k -ik elektródján a j -ik elektród U_{Tj} feszültsége által létesített kapacitív töltés, míg

$$\int_{B_k} U \frac{\partial \Phi}{\partial n} dA = 0, \quad (\text{A8})$$

$k \neq j$ esetében azért, mert akkor a b) rendszerben a telepet helyettesítő vezetékdarab töltését elhanyagolhatjuk, $k = j$ esetében pedig azért, mert $\partial\Phi/\partial n$ a B_j felületen mindenütt zérus (ui. az 1-es és 0-ás lapok a vezető belsejében húzódnak, ahol a térerősség zérus, a paláston pedig feltevésünk szerint a térerősség normális összetevője zérus). Az F felületen

$$\int_F U \frac{\partial\Phi}{\partial n} dA = 0, \quad (\text{A9})$$

mert ott $U = 0$. Végül U és Φ végtelenben való viselkedésére tett kikötésünk értelmében $U \partial\Phi/\partial n$ úgy tűnik el, mint $1/R^3$, tehát a G felület menti integrál értéke $R \rightarrow \infty$ esetén $1/R$ módjára 0-hoz tart. Mindezek szerint az $\int_A U \partial\Phi/\partial n dA$ felületi integrál a vizsgált térrészt

határoló egész $A = \sum_{k=1}^n (A_k + B_k) + F + G$ felületre a következő értéket szolgáltatja:

$$\int_A U \frac{\partial\Phi}{\partial n} dA = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{k=1}^n U_{Bk} Q_{Bk}. \quad (\text{A10})$$

Az (A5) képlet jobboldalának második tagja az (A4) határfeltételek figyelembevételével az egyes felületeken a következő értékeket szolgáltatja:

$$- \int_{A_k \neq j} \Phi \frac{\partial U}{\partial n} dA = - \Phi(A_k) \int_{A_k \neq j} \frac{\partial U}{\partial n} dA = 0, \quad (\text{A11})$$

$$- \int_{A_j} \Phi \frac{\partial U}{\partial n} dA = - \Phi(A_j) \int \frac{\partial U}{\partial n} dA = \frac{1}{\varepsilon_0} U_{Bj} Q_{Aj}, \quad (\text{A12})$$

ahol Q_{Aj} az a) rendszer j -ik elektródjának töltése (inflúált + kapacitív töltés). Az integrál értéke a B_k felületek mindegyikén zérus, egyrészt mert $k \neq j$ esetén $\Phi(B_k) = 0$, másrészt mert a B_j felületen mindenütt $\partial U/\partial n = 0$. Így tehát

$$- \int_{B_k} \Phi \frac{\partial U}{\partial n} dA = 0. \quad (\text{A13})$$

Végül az F felületen is

$$- \int_F \Phi \frac{\partial U}{\partial n} dA = 0, \quad (\text{A14})$$

mivel $\Phi(F) = 0$, és a G felületen is $R \leftarrow \infty$ kapcsán

$$- \int_G \Phi \frac{\partial\Phi}{\partial n} dA = 0, \quad (\text{A15})$$

mert ott $\Phi \partial\Phi/\partial n$ $1/R^3$ módjára zérushoz tart.

Az (A7–A15) összefüggések szerint az (A5) egyenlet jobboldalán álló integrál értéke a V térrészt határoló egész A felületre a következő:

$$\int_A \left(U \frac{\partial\Phi}{\partial n} - \Phi \frac{\partial U}{\partial n} \right) dA = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{k=1}^n U_{Bk} Q_{Bk} - \frac{1}{\varepsilon_0} U_{Bj} Q_{Aj}. \quad (\text{A16})$$

Az (A5–A6) és (A16) egyenletek alapján

$$\int_V \rho\Phi dV = \sum_{k=1}^n U_{Bk} Q_{Bk} - U_{Bj} Q_{Aj}. \quad (\text{A17})$$

Mínt hogy Φ a b) rendszer U_{Bj} feszültségű j -ik elektródja által létesített potenciáleloszlás,

azért Φ felírható a következő módon:

$$\Phi = U_{Bj} \cdot \varphi_j. \quad (\text{A18})$$

φ , a tértöltésmentes rendszer j -ik elektródjára normált, dimenzió nélküli potenciálfüggvény, mely számértékre nézve egyenlő azzal potenciáeloszlással, mely akkor alakul ki a rendszerben, ha a j -ik elektródra egységnyi feszültséget kapcsolunk, a többit pedig földeljük.

(A18)-at figyelembe véve és az (A17) egyenletet U_{Bj} -vel elosztva, a következő egyenletre jutunk:

$$\int_V \varrho \varphi_j dV = \sum_{k=1}^n \frac{Q_{bk}}{U_{bj}} U_{Bk} - Q_{aj}. \quad (\text{A19})$$

Mivel Q_{bk} a b) rendszer j -ik elektródjára helyezett U_{Bj} feszültség hatására a k -ik elektródon fellépő kapacitív töltés, azért

$$\frac{Q_{bk}}{U_{bj}} = c_{jk}. \quad (\text{A20})$$

Számértékre nézve a c_{jk} kapacitás-együttható egyenlő a tértöltés nélküli rendszer k -ik elektródjának töltésével, ha a j -ik elektródra egységnyi feszültséget kapcsolunk, a többit pedig földeljük. Egyébként c_{jk} kifejezhető a részkapacitásokkal a következő módon:*

$$c_{jk} = C_{jk}, \quad \text{ha } j \neq k$$

és

$$c_{jj} = C_{j\infty} + C_{j1} + C_{j2} + \dots + C_{jn}; \quad C_{jj} = 0, \quad (\text{A21})$$

^ahol $C_{j\infty}$ a j -ik elektródnak a végtelenhez vagy a földhöz viszonyított kapacitását, C_{jk} pedig ^a j -ik elektródnak a k -ik elektródhoz viszonyított kapacitását jelenti. Mivel fennáll a $c_{jk} = c_{kj}$ reciprocitás, közvetlenül belátható, hogy $\sum_{k=1}^n c_{jk} U_{Bk}$ a j -ik elektród kapacitív töltését jelenti, s így az (A19) átrendezésével, valamint a tértöltéses rendszerre utaló és a továbbiakban felesleges „a” index elhagyásával nyert

$$Q_j = - \int_V \varrho \varphi_j dV + \sum_{k=1}^n c_{jk} U_{Bk} \quad (\text{A22})$$

egyenlet azt fejezi ki, hogy a j -ik elektród töltése tértöltéses esetben egyenlő az influált és a kapacitív töltés összegével. Az influált töltést megadó integrál negatív előjele azt fejezi ki, hogy az influált töltés a térbeli töltésekkel ellentétes előjelű.

Mind ez ideig feltételeztük, hogy az U_{Bk} feszültségek állandók. Ezt a megszorítást most elejtjük, és a továbbiakban a telepre utaló „B” indexet is elhagyjuk, de kikötjük, hogy a rendszert az F vezető teljesen körülzárja, és az így nyert V tartomány méretei a legnagyobb működési frekvenciához tartozó λ hullámhossznál lényegesen kisebbek. Ekkor ugyanis a tér egy időtől is függő retardációmentes $U(\vec{r}, t)$, illetve $\Phi(\vec{r}, t)$ potenciálfüggvénnyel leírható. E függvények ugyanúgy elegendenek a Poisson-, illetve Laplace-egyenletnek, valamint a határfeltételeknek, mint sztatikus esetben. Ennélfogva a Green-tétel alapján nyert összes képleteink változatlanul érvényben maradnak, beleértve az (A20)-at, s így az (A22)-öt is, mert Q_{bk} az U_j feszültséggel arányosan változik, tehát hányadosuk állandó. Az (A18) képlet alapján az is világos, hogy φ_j most is a tértöltésmentes rendszer j -ik elektródjára normált sztatikus potenciálfüggvény.

B) FÜGGELÉK

A térben és az elektródok külső körében folyó áramok közötti összefüggések meghatározása

Az (A22) egyenlet alapján meg tudjuk határozni egyrészt a konvekciós és az influált áram, másrészt az eltolási és a kapacitív áram közti általános összefüggést. A külső körben folyó áramok mérőirányát az elektródoktól a föld felé vesszük pozitívnak. Ezek után képez-

* Lásd pl. SIMONYI K.: Elméleti villamosság, 1. kiadás, 191. old. Tankönyvkiadó, Budapest 1952.

zük az (A22) egyenlet idő szerinti negatív deriváltját:

$$-\frac{dQ_j}{dt} = \frac{d}{dt} \int_V \varrho \varphi_j dV - \frac{d}{dt} \sum_{k=1}^n c_{jk} U_k. \quad (\text{B1})$$

A baloldali tag a j -ik elektród töltésének idő szerinti változását (csökkentését) adja, a jobboldali második tag pedig a tértöltésmentes rendszer j -ik elektródjának kivezetésében folyó kapacitív töltő áramot. A jobboldal első tagjának fizikai jelentését most fogjuk kideríteni:

$$\frac{d}{dt} \int_V \varrho \varphi_j dV = \int_V \frac{\partial \varrho}{\partial t} \cdot \varphi_j dV = - \int_V \varphi_j \operatorname{div} \bar{i}_k dV. \quad (\text{B2})$$

Ugyanis a folytonossági egyenlet szerint $\operatorname{div} \bar{i}_k = -\partial \varrho / \partial t$, ahol $\bar{i}_k = \varrho \bar{v}$ a konvekciós áram-sűrűség. A (B2) egyenlet jobboldalának második tagját a vektoranalízis

$$\operatorname{div}(\varphi \bar{v}) = \varphi \operatorname{div} \bar{v} + \bar{v} \operatorname{grad} \varphi \quad (\text{B3})$$

összefüggése és Gauss tétele alapján a következőképpen alakítjuk át:

$$\begin{aligned} - \int_V \varphi_j \operatorname{div} \bar{i}_k dV &= \int_V [\bar{i}_k \operatorname{grad} \varphi_j - \operatorname{div}(\varphi_j \bar{i}_k)] dV = \\ &= \int_V \bar{i}_k \operatorname{grad} \varphi_j dV - \int_A \varphi_j \bar{i}_k d\bar{A} = \int_V \bar{i}_k \operatorname{grad} \varphi_j dV - \int_{A_j} \bar{i}_k d\bar{A}; \end{aligned}$$

tehát

$$\frac{d}{dt} \int_V \varrho \varphi_j dV = \int_V \bar{i}_k \operatorname{grad} \varphi_j dV - \int_{A_j} \bar{i}_k d\bar{A}, \quad (\text{B4})$$

mert a φ_j normált potenciál az A felület mentén mindenütt zérus, kivéve a j -ik elektród A_j felületét és a hozzátartozó telep B_j felületét. Értéke az A_j felületen 1, a B_j felületen pedig nem érdekes, mivel ott $\bar{i}_k = 0$ (feltételezzük, hogy a feszültségforrás az áramlási téren kívül esik).

Mivel $\operatorname{div} \bar{i} = 0$ kapcsán $\operatorname{div} \bar{i}_k = -\operatorname{div} \bar{i}_e$, ezért a (B2) egyenlet alapján az influált töltés idő szerinti változását \bar{i}_e segítségével is kifejezhetjük:

$$\frac{d}{dt} \int_V \varrho \varphi_j dV = \int_A \bar{i}_e d\bar{A} - \int_{V_j} \bar{i}_e \operatorname{grad} \varphi_j dV. \quad (\text{B5})$$

Figyelembe vettük, hogy φ_j az A_j felületen 1, B_j -n nem érdekes, mert ott $\partial U / \partial n = 0$ kapcsán $\int_{B_j} \bar{i}_e d\bar{A} = 0$, a többi felületen pedig φ_j zérus. Ezek után a (B4) és (B5) jobboldalainak egyenlőségéből az alábbi érdekes és fontos összefüggésre jutunk:

$$\int_{A_j} (\bar{i}_k + \bar{i}_e) d\bar{A} = \int_V (\bar{i}_k + \bar{i}_e) \operatorname{grad} \varphi_j dV, \quad (\text{B6})$$

vagy bevezetve az $\bar{i} = \bar{i}_k + \bar{i}_e$ teljes áramsűrűséget:

$$\int_{A_j} \bar{i} d\bar{A} = \int_V \bar{i} \operatorname{grad} \varphi_j dV. \quad (\text{B6a})$$

Az A_j elektród külső körében folyó teljes áram:

$$I_j = \int_V \bar{i} \operatorname{grad} \varphi_j dV. \quad (\text{B7})$$

A (B6) egyenlettel kapcsolatban felhívjuk a figyelmet arra, hogy az első látszat ellenére általában

$$\int_{A_j} \bar{i}_k d\bar{A} \neq \int_V \bar{i}_k \operatorname{grad} \varphi_j dV,$$

illetve

$$\int_{A_j} \bar{i}_e d\bar{A} \neq \int_V \bar{i}_e \text{grad } \varphi_j dV.$$

Egyenlőség csak két különleges esetben áll fenn:

a) ha a térben mindenütt $\bar{i}_e = 0$ (sztatikus üzemben kialakult stacionárius állapot);
 b) ha a térben mindenütt $\bar{i}_k = 0$ (pl. „hideg” csőben). Különben a jobboldali integrálok nem az A_j elektródba befolyó konvekciós, illetve eltolási áramot szolgáltatják, hanem mint lejjebb látni fogjuk, az influált, ill. kapacitív áramot. Például abban az esetben, ha az elektródokra váltakozó feszültséget kapcsolunk, és az A_j elektródra nem futnak rá elektronok (negatív rács, vagy pozitív elektródok közvetlenül a bekapcsolás után, amíg az elektronok el nem érik), akkor \bar{i}_k az A_j felületen zérus, tehát

$$\int_{A_j} \bar{i}_e d\bar{A} = \int_V (\bar{i}_k + \bar{i}_e) \text{grad } \varphi_j dV.$$

Az elmondottakból világos, hogy a (B6) egyenlet csak a teljes áramra nézve érvényes, de az \bar{i}_k és \bar{i}_e részáramokra nem.

Visszatérve a (B1) egyenletre, a jobboldali második tagjának fizikai jelentése és a (B6) egyenlet alapján a következőket írhatjuk fel:

$$-\frac{dQ_j}{dt} = \int_{A_j} \bar{i}_e d\bar{A} - \int_V \bar{i}_e \text{grad } \varphi_j dV + I_j \text{kap.}$$

Mivel fizikai tartalmánál fogva (és tekintve, hogy a felületi normális most a térből a felületbe mutat):

$$-\frac{dQ_j}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{A_j} \bar{D} d\bar{A} = \int_{A_j} \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} d\bar{A} = \int_{A_j} \bar{i}_e d\bar{A},$$

azért

$$I_j \text{kap.} = \int_V \bar{i}_e \text{grad } \varphi_j dV. \quad (\text{B7})$$

ahol $\bar{i}_e = \bar{i}_e(\vec{r}, t)$ az eltolási áramsűrűség tér- és időbeli eloszlása, $\varphi_j = \varphi_j(\vec{r})$ pedig az A_j elektródra normált potenciálfüggvény, illetve (B1) alapján

$$I_j \text{kap.} = \sum_{k=1}^n c_{jk} \frac{dU_k}{dt}, \quad (\text{B8})$$

ahol c_{jk} az (A21) képlet által meghatározott kapacitás. A (B7) egyenlet akár tértöltésmentes, akár tértöltéses esetben érvényes, azonban $I_j \text{kap.}$ a (B8) képlet szerint mindig a t é r t ö l t é s m e n t e s r e n d s z e r („hideg” cső) j -ik elektródjának áramkörében folyó kapacitív áramot jelenti. Hangsúlyozzuk, hogy az $I_j \text{kap.}$ kapacitív töltőáram nem feltétlenül meddő áram, mert az elektród U_j feszültségéhez képest hatásos összetevője is lehet.

Abban az esetben, ha a j -ik elektródra nem futnak rá, vagy belőle nem lépnek ki elektronok, az (A1) egyenlet baloldala az A_j elektród áramkörében folyó teljes áramot adja, mely egyenlő az influált és a kapacitív áram összegével. Eszerint és a (B4) egyenletet felhasználva

$$I_j \text{infl.} + I_j \text{kap.} = \int_V \bar{i}_k \text{grad } \varphi_j dV + I_j \text{kap.},$$

tehát

$$I_j \text{infl.} = \int_V \bar{i}_k \text{grad } \varphi_j dV. \quad (\text{B9})$$

Sztatikus üzemben a stacionárius állapot kialakulása után az A_j elektród Q_j töltése akkor is állandó, ha az elektródra töltések érkeznek, vagy belőle távoznak. Mivel a kapacitív töltés természetszerűleg állandó, ugyanez érvényes az influált töltésre is. Ennélfogva a (B4) egyenlet értelmében

$$\int_{A_j} \bar{i}_k d\bar{A} = \int_V \bar{i}_k \text{grad } \varphi_j dV. \quad (\text{B9a})$$

A baloldali tag — előjelének pozitív vagy negatív volta szerint — az A_j elektródba befolyó, ill. abból kifolyó áramot jelenti, mely éppen egyenlő a külső körben folyó árammal.

Az (A9) és (B9a) egyenletek összevetéséből következik, hogy a külső körben folyó áram stacionárius üzemben is influált áram, annak ellenére, hogy az influált töltés makroszkopikusan nem változik.

E különleges esetek megvizsgálása után kimutatjuk, hogy az influált áramot általános esetben is a (B9) képlet szolgáltatja. E célból írjuk fel a külső körben folyó teljes áramot, mint az influált áram és a kapacitív áram összegét, vegyük figyelembe a (B6) egyenletet és használjuk fel a kapacitív áramnak a (B7) képlet által adott általános érvényű kifejezését:

$$I_{j \text{ infl.}} + I_{j \text{ kap.}} = \int_V \vec{i}_k \text{ grad } \varphi_j dV + \int_V \vec{i}_e \text{ grad } \varphi_j dV,$$

amiből egészen általánosan

$$I_{j \text{ infl.}} = \int_V \vec{i}_k \text{ grad } \varphi_j dV, \quad (\text{B9})$$

ahol $\vec{i}_k = \vec{i}_k(\vec{r}, t) = \varrho(\vec{r}, t) \cdot \vec{v}(\vec{r}, t)$ a konvekciós áramsűrűség tér- és időbeli eloszlása, $\varphi_j = \varphi_j(\vec{r})$ pedig az A_j elektródra normált potenciálfüggvény. Az integrál által meghatározott áram előjele azzal a feltétellel érvényes, hogy az áram mérőirányát az A_j elektródtól a föld felé mutatónak vesszük fel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki FREUD Gézának, a matematikai tudományok doktorának, a probléma tárgyalásával kapcsolatban tett igen értékes matematikai vonatkozású észrevételeiért, valamint Dr. BARTA István professzornak, az MTA levelező tagjának és dr. GÉHER Károlynak, a műszaki tudományok kandidátusának a kézirat átnézése során tett hasznos tanácsaiért és észrevételeikért.

IRODALOM

1. KELLOG, O. D.: Foundations of potential theory; 1929, 231.
2. NORTH, D. O.: Analysis of the effects of space charge on grid impedance. *Proc. IRE* 24 (1936), 108—136.
3. ROTHE, H.: Das Verhalten von Elektronenröhren bei hohen Frequenzen. *Telefunkenröhre* 9 (1937), 33—65.
4. SPANGENBERG, K. R.: Vacuum tubes. McGraw-Hill, New York 1948; 482—485.
5. HAMILTON, D. R. — KNIP, I. K. — KUPER, I. B. H.: Klystrons and microwave triodes. Radiation Laboratory Series VII. Mc-Graw-Hill, New York 1948; 37—38.
6. КОВАЛЕНКО, В. Ф.: Введение в электронику сверхвысоких частот. *Советское Радио* Москва (1955), 72—77.
7. FERRIS, W. R.: Input resistance of vacuum tubes as ultra-high frequency amplifiers. *Proc. IRE* 24 (1936), 82—107.
8. HAHN, W. C. METCALF, G. F.: Velocity-modulated tubes, *Proc IRE* 27 (1939), 106—117.
9. HAER, A. V.: An ultra-high frequency power amplifier of novel design. *Electronics* 30 (1939).
10. RAMO, S.: Currents induced by electron motion. *Proc IRE* 27 (1939), 584—585.
11. СиФоров, В. И.: Радиоприемные устройства. Воениздат, Москва 1951; 4, 246—250.
12. KLEEN, W.: Einführung in die Mikrowellen-Elektronik. Hirzel, Zürich 1952.
13. JEN, C. K.: On the induced current and energy balance in electronics. *Proc. IRE* 23 (1941), 345—349.
14. JEN, C. K.: On the energy equation in electronics at ultra-high frequencies. *Proc. IRE* 29 (1941), 464—466.
15. GÁBOR, D.: Energy conversion in electric devices, III. *J. Ind. Electr. Engrs. (London)* 91 (1944), 128—141.
16. ROMHÁNYI, M.: Allgemeine Zusammenhänge zwischen Konvektions- und Influenzstrom, sowie zwischen Verschiebungs- und kapazitivem Strom in quasistationären Feldern. *Periodica Polytechnica, El. Eng.* 6 (1962), 25—43.

A FÜGGVÉNYÉRTÉK HIBAELOSZLÁSA

FIALOVSKY LAJOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
MAGYAR OPTIKAI MŰVEK KUTATÓ LABORATÓRIUMA

[Beérkezett 1964. augusztus 10-én]

A tanulmány a közvetlenül mért mennyiségekből alkotott függvény értékének hibaeloszlását vizsgálja. Egyszerű és szemléletes bizonyítást mutat be, a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika módszereinek felhasználása nélkül, annak igazolására, hogy bizonyos feltételek között a függvényérték normális hibaeloszlású, ha a mérési eredmények hibaeloszlása is normális.

Az alább ismertetett vizsgálatot azért végeztük és adjuk közre, mert a kiegyenlítő számítás alkalmazásának bizonyos eseteiben a függvényérték középhibáján kívül szerepe van a függvényérték hibaeloszlásának is.

A geodéziai irodalom nem foglalkozik ezzel a kérdéssel. A kiegyenlítő számítás tárgykörében írt geodéziai munkák ugyan megállapítják, hogy a szabályos hibáktól mentes, azaz csak véletlen hibákkal terhelt mérési eredmények ingadozásai követik a normális hibaeloszlás törvényét, levezetik a függvényérték középhibáját (hibaterjedés törvényét) [1, 54–69. o.; 2, 399. o.; 3, 12. o.], de általában nem foglalkoznak a függvényérték hibaeloszlásával. Pedig a középhiba ismerete önmagában nem ad támpontot a hibaeloszlás jellegére.

Adott az

$$X_{1, \dots, n} = \Phi(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n) \quad (1)$$

függvény. Fennállanak a következő feltételek:

1. Az (1) függvényben az X_1, X_2, \dots, X_n változók egymástól függetlenek, vagyis nincsenek egymással függvénykapcsolatban.

2. Az X_1, X_2, \dots, X_n változók x_1, x_2, \dots, x_n hibái normális eloszlásúak, az x_i hibáknak mint egymástól független valószínűségi változóknak sűrűségfüggvénye

$$y_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \mu_i} \exp\left(-\frac{x_i^2}{2\mu_i^2}\right), \quad (2)$$

ahol μ_i az X_i mennyiség középhibája (szórása).

3. Az (1) függvény folytonos és valamennyi változó szerint differenciálható.

4. Az x_i hibák gyakorlatilag előforduló legnagyobb értékei az X_i független változók meghatározott véges határok között levő értékészletének minden értékéhez képest kicsinyek.

Kérdés, vajon az (1) függvény értelmezett értéktartományán belül lehetséges X_1, \dots, n értékek x_1, \dots, n hibái normális eloszlásúak-e, vagyis az x_1, \dots, n eredőhibának mint valószínűségi változónak sűrűségfüggvénye (2)-vel azonos alakú-e.

Az (1)-ből sorbafejtéssel az x_1, \dots, n hiba

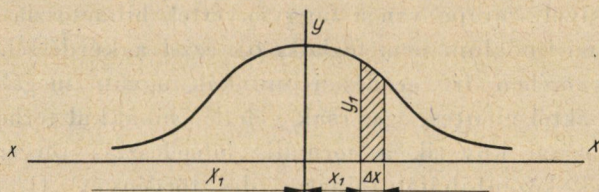
$$x_1, \dots, n = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} x_i + R, \quad (3)$$

amelyben az R maradéktag a 4. feltétel miatt gyakorlatilag elhanyagolható. A (3) az

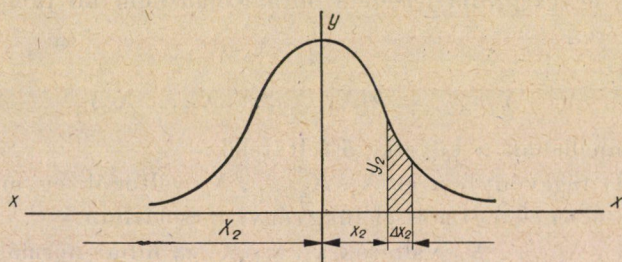
$$a_i = \frac{\partial \Phi}{\partial X_i} \quad (4)$$

jelölések bevezetésével

$$x_1, \dots, n = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n \quad (5)$$



1. ábra



2. ábra

Vizsgáljuk előbb az (5) kompozíció első két tagjából álló

$$x_{1,2} = a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad (6)$$

részkompozíciónak mint részeredőhibának az eloszlását, vagyis az $x_{1,2}$ valószínűségi változó sűrűségfüggvényét. Legyen az 1. és 2. ábra az X_1 és X_2 hibának mint valószínűségi változónak ismert

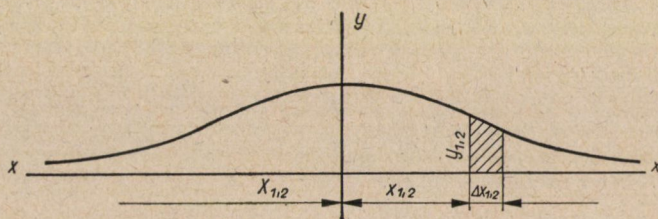
$$y_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi\mu_1}} \exp\left(-\frac{x_1^2}{2\mu_1^2}\right) \quad (7)$$

illetve

$$y_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \mu^2} \exp\left(-\frac{x_2^2}{2\mu_2^2}\right) \quad (8)$$

sűrűségfüggvényét ábrázoló görbe. A 3. ábra a (6) szerint meghatározott $x_{1,2}$ részeredőhibának mint valószínűségi változónak ismeretlen

$$y_{1,2} = f_{1,2}(x_{1,2}) \quad (9)$$



3. ábra

sűrűségfüggvényével jellemzett eloszlási görbe. A (9) sűrűségfüggvényt kívánjuk meghatározni.

A $\Delta x_{1,2}$ szakaszon belüli $x_{1,2}$ eredőhibák előfordulásának valószínűségét a 3. ábrán vonalkázott területsáv

$$f_{1,2}(x_{1,2}) \Delta x_{1,2}$$

mérőszáma adja. Ha meghatározott x_1 értéket választunk, akkor az x_2 hiba a (6) összefüggésből

$$x_2 = \frac{x_{1,2}}{a_2} - \frac{a_1}{a_2} x_1 \quad (10)$$

Az $x_{1,2}$ hiba előfordulásának elemi valószínűségét ebben az esetben az 1. ábrán és a 2. ábrán vonalkázással jelölt területsávok

$$y_1 \Delta x_1, \quad y_2 \Delta x_2$$

mérőszámaival kifejezhető elemi részvalószínűségek

$$\Delta V_{1,2} = y_1 \Delta x_1 y_2 \Delta x_2 \quad (11)$$

szorzata adná, amelybe a (10)-ből az állandó x_1 esetén kapott

$$\Delta x_2 = \frac{\Delta x_{1,2}}{a_2}$$

értéket behelyezve

$$\Delta V_{1,2} = \frac{1}{a_2} y_1 y_2 \Delta x_1 \Delta x_{1,2} \quad (13)$$

Mint hogy azonban x_1 értéke az értelmezett tartományán belül tetszőlegesen lehet, minden x_1 értékhez tartozik az $x_{1,2}$ eredőhiba előfordulásának egy-egy $\Delta V_{1,2}$ elemi valószínűsége. Valamennyi lehetséges x_1 érték figyelembevételével az $x_{1,2}$ eredőhiba előfordulásának teljes valószínűségét a (13) elemi valószínűségek összege,

$$V_{1,2} = f_{1,2}(x_{1,2}) \Delta x_{1,2} = \sum \Delta V_{1,2} = \frac{1}{a_2} \sum y_1 y_2 \Delta x_1 \Delta x_{1,2} \quad (14)$$

szolgáltatja, honnan

$$f_{1,2}(x_{1,2}) = \frac{1}{a_2} \sum y_1 y_2 \Delta x_1$$

Áttérve a dx_1 differenciális értékre,

$$f_{1,2}(x_{1,2}) = \frac{1}{a_2} \int_{-\infty}^{+\infty} y_1 y_2 dx_1 \quad (15)$$

A (15)-be behelyettesítve a (7) és (8) egyenleteket, majd x_2 helyébe (10)-et helyezve,

$$\begin{aligned} f_{1,2}(x_{1,2}) &= \frac{1}{2\pi \mu_1 \mu_2 a_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp \left\{ - \left[\frac{x_1^2}{2\mu_1^2} + \frac{1}{2\mu_2^2} \left(\frac{x_{1,2}}{a_2} - \frac{a_1}{a_2} x_1 \right)^2 \right] \right\} dx_1 = \\ &= \frac{1}{2\pi \mu_1 \mu_2 a_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp \left\{ - \frac{1}{2a_2^2} \left(\frac{a_1^2 \mu_1^2 + a_2^2 \mu_2^2}{\mu_1^2 \mu_2^2} x_1^2 - \frac{2x_1 x_{1,2} a_1}{\mu_2^2} + \frac{x_{1,2}^2}{\mu_2^2} \right) \right\} dx_1 \end{aligned} \quad (16)$$

Vezessük be a

$$\mu_{1,2}^2 = a_1^2 \mu_1^2 + a_2^2 \mu_2^2 \quad (17)$$

jelölést és alakítsuk át (16)-ot éspedig a kitevő ()-es részében az

$$\frac{x_{1,2}^2 a_1^2 \mu_1^2}{\mu_2^2 \mu_{1,2}^2}$$

kifejezés egyidejű hozzáadásával és levonásával,

$$\begin{aligned} f_{1,2}(x_{1,2}) &= \frac{1}{2\pi \mu_1 \mu_2 a_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp \left\{ - \frac{1}{2a_2^2} \left[\left(\frac{\mu_{1,2}}{\mu_1 \mu_2} x_1 - x_{1,2} a_1 \frac{\mu_1}{\mu_2 \mu_{1,2}} \right)^2 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{x_{1,2}^2 a_2^2}{\mu_{1,2}^2} \right] \right\} dx_1 \end{aligned}$$

Mivel a kapott kifejezés jobboldalán a kitevő utolsó tagjában az x_1 változó nem fordul elő, ez a tag az integráljel elé hozható,

$$f_{1,2}(x_{1,2}) = \frac{1}{2\pi \mu_1 \mu_2 a_2} \exp\left(-\frac{x_{1,2}^2}{2\mu_{1,2}}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left\{-\frac{1}{2a_2^2} \left(x_1 \frac{\mu_{1,2}}{\mu_1 \mu_2} - x_{1,2} \frac{a_1 \mu_1}{\mu_2 \mu_{1,2}}\right)^2\right\} dx_1 \quad (18)$$

Alkalmazzuk a (18)-ban az integráljel alatt az

$$\frac{u^2}{2} = \frac{1}{2a_2^2} \left(x_1 \frac{\mu_{1,2}}{\mu_1 \mu_2} - x_{1,2} \frac{a_1 \mu_1}{\mu_2 \mu_{1,2}}\right)^2$$

és az ebből származtatott

$$dx_1 = \frac{a_2 \mu_1 \mu_2}{\mu_{1,2}} du$$

helyettesítést,

$$f_{1,2}(x_{1,2}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \mu_{1,2}} \exp\left(-\frac{x_{1,2}^2}{2\mu_{1,2}}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du. \quad (19)$$

De a (19)-ben levő határozott integrál értéke = 1. Így

$$f_{1,2}(x_{1,2}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \mu_{1,2}} \exp\left(-\frac{x_{1,2}^2}{2\mu_{1,2}}\right) \quad (20)$$

Az $f_{1,2}(x_{1,2})$ sűrűségfüggvény (20) alakja megegyezik (2) alakjával. Ezzel bizonyítást nyert, hogy az $x_{1,2}$ hiba is normális eloszlású. Az $x_{1,2}$ eredőhibára nyert (20) sűrűségfüggvényben $\mu_{1,2}$ az $X_{1,2}$ függvényérték középhibája. Ha ennek (17) kifejezésébe visszahelyettesítjük az a_1 és a_2 állandók (4)-gyel meghatározott eredeti értékeit, akkor

$$\mu_{1,2}^2 = \left(\frac{\partial \Phi}{\partial X_1}\right)^2 \mu_1^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial X_2}\right)^2 \mu_2^2 \quad (21)$$

A kapott (21) képlet az ismert hibaterjedési törvény két független változó esetén. A két tagú kompozícióra nyert (20) és (21) eredmény kiterjeszhető n tagú kompozícióra, vagyis az (5)-re, illetőleg (3)-ra. Ezzel bizonyítást nyert, hogy a felsorolt feltételek fennforgása esetén az (1) függvényérték normális eloszlású.

A bemutatott levezetés azért érdekes, mert a hibaterjedési törvény érvényességének és a függvényérték normális hibaeloszlásának egyidejű igazolását adja.

Mivel fenti levezetésünkben ugyanazokat a feltételeket tételeztük fel, amelyek a hibaterjedési törvény érvényességének is feltételei, megállapítható, hogy a geodéziai számításokban előforduló függvényértékekre nemcsak a hibaterjedés törvénye érvényes, hanem a függvényértékek maguk is normális hibaeloszlásúaknak tekinthetők olyan mértékben, amilyen mértékben normális eloszlásúak a függvényben szereplő mennyiségek mérési hibái.

Megjegyezzük, hogy ezt az igazolást korábban már elvégezték a matematikai statisztika és a valószínűségszámítás egyes tételeinek felhasználásával [2, 1. tétel (106. o.)], [4, VII. 2. & (1) (221. o.) és 2. (225—226. o.)], [5, 1. fejt. 17. tétel (18. o.), 23. tétel (75. o.), 24. tétel (76—77. o.)].

IRODALOM

1. HELMERT, F. R.: Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2. kiadás, Taubner-Verlag, Leipzig und Berlin, 1907.
2. JORDAN—EGGERT—KNEISSL: Handbuch der Vermessungskunde, 10. kiadás, 1. kötet, Ernst Klett, Stuttgart, 1961.
3. GROSSMANN, W.: Grundzüge der Ausgleichsrechnung, 2. kiadás, Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1961.
4. RÉNYI, A.: Valószínűségszámítás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1954.
5. SCHMETTERER, L.: Einführung in die mathematische Statistik, Springer-Verlag, Wien, 1956.

A TALPFESZÜLTSEGEK PONTOS MEGHATÁROZÁSA ÉS ENNEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA ALAPLEMEZEK GAZDASÁGOS MÉRETEZÉSEKOR

J. BALKO

VEB TYPENPROJEKTIERUNG BEI DER DEUTSCHEN BAUAKADEMIE, BERLIN

[Beérkezett 1964. augusztus 26-án]

Jelen közlemény szerző egy hosszabb tanulmányának kivonatos ismertetése. Az eredeti dolgozat „Die exakte Ermittlung der Sohldruckverteilung und ihre praktische Anwendung bei der ökonomischen Bemessung von Bodenplatten” címen 1964-ben a VEB *Typenprojektion bei der Deutschen Bauakademie* kiadásában jelent meg.

I. Bevezetés

Az alaplemezek méretezésének kulcsa a talpfeszültség-megoszlás pontos ismerete. Ennek meghatározása jelentős mennyiségű számítási munkát igényel.

Ezért sokszor egyenletes eloszlást tételeznek fel, jóllehet ez csak ritkán felel meg a valóságnak, és általában túlméretezésre vezet. A tényleges talpfeszültség-eloszlás számításbavételével viszont jelentős anyagtakarítás érhető el.

2. A talpfeszültségeloszlás meghatározása

A talpfeszültség-eloszlás a *Grundbau-Taschenbuch*ből jól ismert Ohdeféle módszerrel határozható meg.* Ezt a módszert alkalmazva, a két végén azonos nagyságú vonalas terheléssel (fal teher) terhelt alaplemez esetében az 1–4. ábrákon feltüntetett görbesereget kapjuk, amelyek négy különféle lemez-hosszúságra, úm.: $l = 3,0; 6,0; 9,0$ és $12,0$ m-re vonatkozó „hatásábrák”. Az alaplemezt tíz egyenlő szélességű részre osztva, a számítás eredményei az ezen részek középpontjaiban működő q_i talpfeszültségek szorzótényezői.

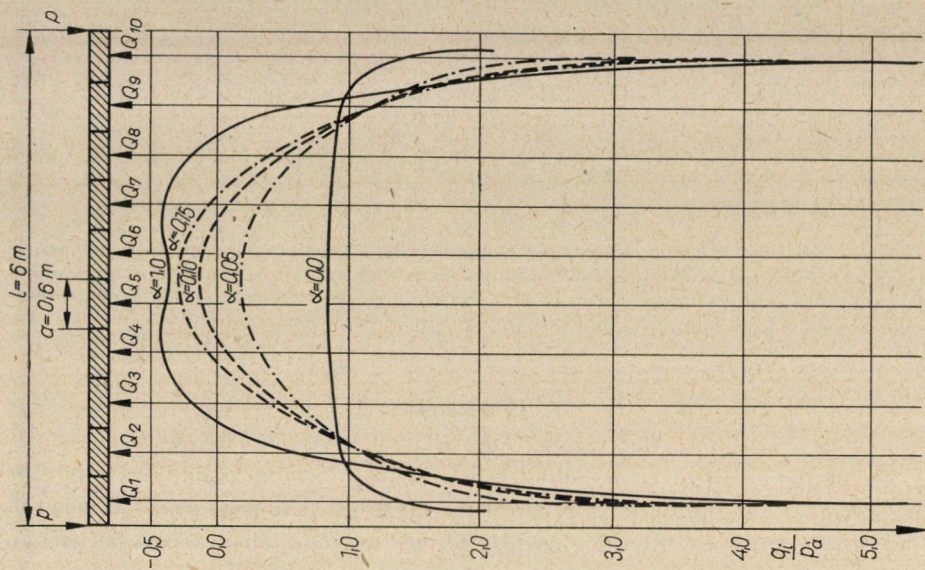
A tényleges talpfeszültségeket az ábrákról leolvasható egységtényezők és az átlagos talpfeszültség szorzataként kapjuk. Ez utóbbi

$$p_a = \frac{\sum P}{F},$$

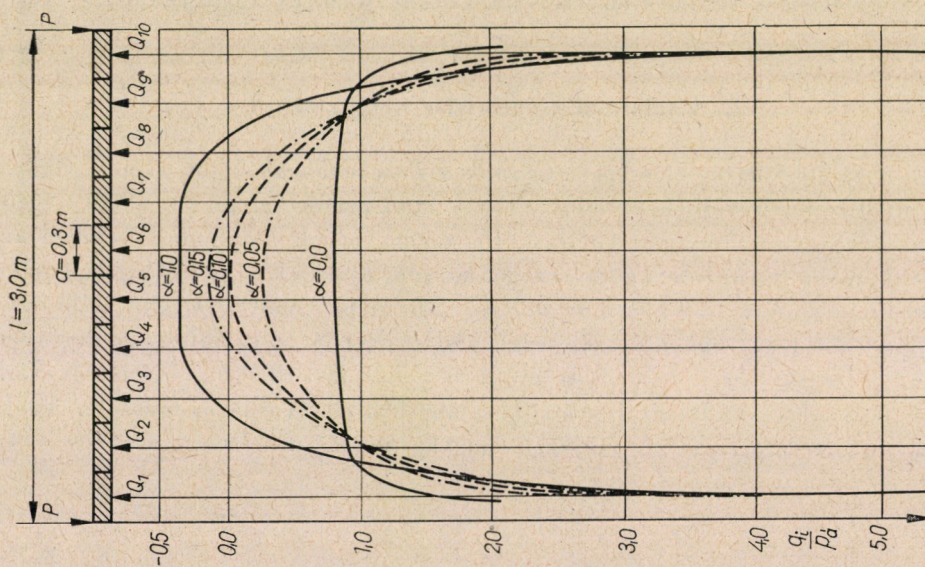
ahol

$\sum P$ az alaplemezekre ható összes teher,
 F az alaplemez felülete.

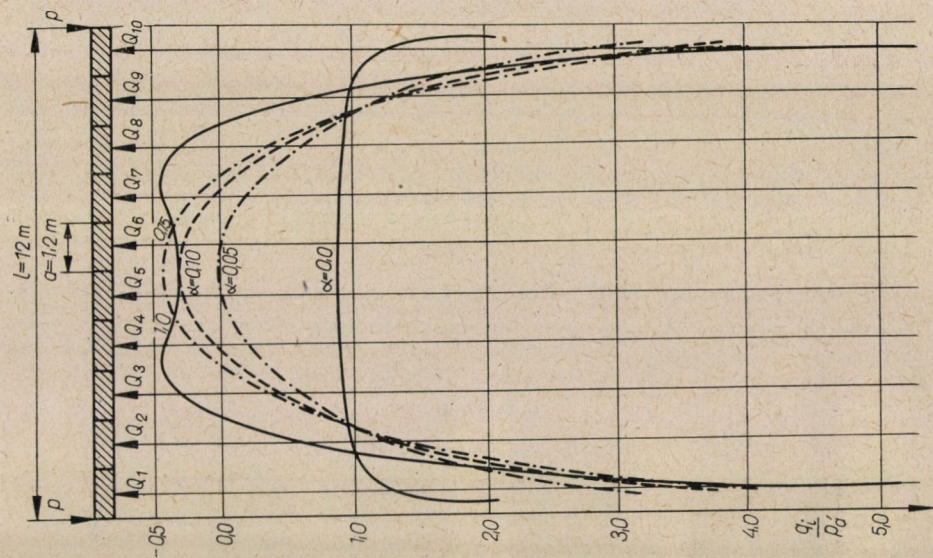
* E módszer leírása megtalálható SZÉCHY KÁROLY: Alapozás című könyvének II. kötetében, az 1963. évi kiadás 433–435. oldalán.



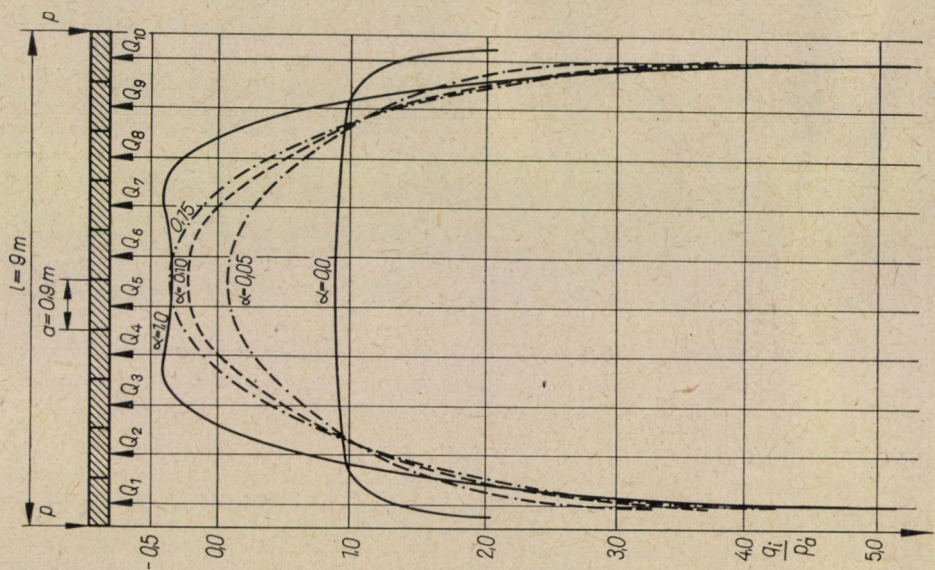
2. ábra



1. ábra



4. ábra



3. ábra

A közölt ábrák minden egyes hosszúsághoz öt görbét adnak meg, amelyek öt különféle a merevségi tényezőhöz tartoznak. E merevségi tényezők a görbék paraméterei:

$$a = \frac{\alpha^3 b E_t}{E_q J},$$

ahol

a = az alapszélesség tizedrésze = $l/10$ [m],

b = l [m],

E_t = a talaj rugalmassági mérőszáma [t/m^2],

E_b = az alaplemez anyagának rugalmassági modulusa, [t/m^2],

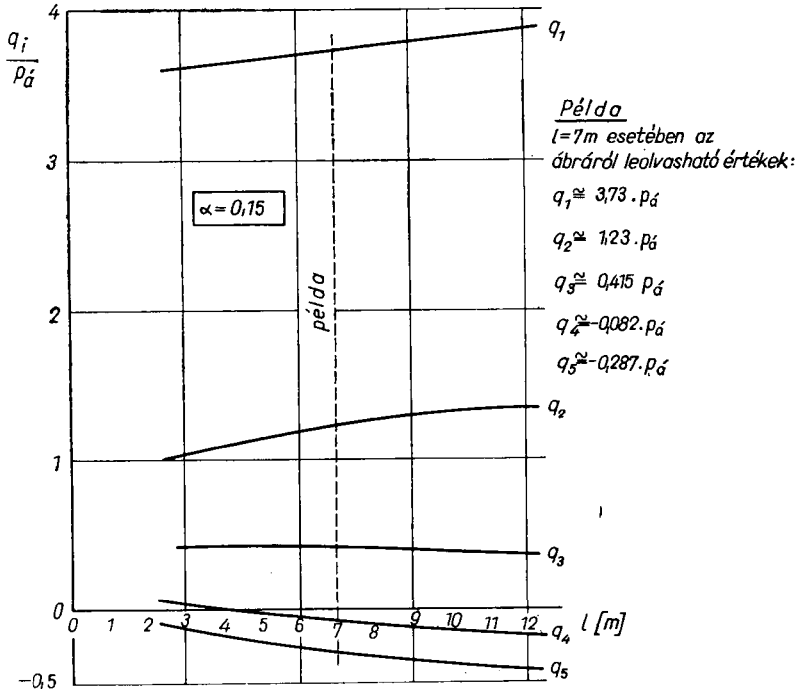
J = az alaplemez keresztmetszetének inercianyomatéka = $bv^3/12$ [m^4], ahol v a lemez állandó méretű vastagsága.

Pontosabb számítás válik lehetővé, ha a szorzótényezőket nem az ábrákról olvassuk le, hanem az I. táblázatból vesszük.

I. táblázat

A talpfeszültségeloszlás szorzótényezői különféle a tényezők esetében

a	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5
$l = 3,0$ m					
0,00	1,555	0,922	0,869	0,834	0,821
0,05	2,657	1,012	0,644	0,400	0,286
0,10	3,255	1,037	0,512	0,1747	0,0217
0,15	3,638	1,034	0,419	0,0382	0,130
1,00	5,274	0,538	-0,133	-0,333	-0,345
$l = 6,0$ m					
0,00	1,404	0,954	0,904	0,874	0,863
0,05	2,6716	1,1215	0,648	0,3425	0,216
0,10	3,321	1,181	0,510	0,0907	-0,103
0,15	3,704	1,189	0,4137	-0,0518	-0,255
1,00	5,283	0,644	-0,186	-0,380	-0,3616
$l = 9,0$ m					
0,00	1,333	0,971	0,921	0,893	0,882
0,05	2,783	1,215	0,636	0,270	0,0961
0,10	3,417	1,278	0,489	0,0163	-0,200
0,15	3,788	1,284	0,388	-0,119	-0,341
1,00	5,330	0,673	-0,254	-0,401	-0,348
$l = 12,0$ m					
0,00	1,292	0,980	0,930	0,904	0,894
0,05	2,870	1,275	0,6207	0,214	0,0207
0,10	3,505	1,340	0,468	-0,0414	-0,272
0,15	3,868	1,342	0,364	-0,172	-0,402
1,00	5,388	0,661	-0,312	-0,4127	-0,324



5. ábra

A terhelés szimmetriájából következik, hogy homogén altalajon a talpfeszültségeloszlás is szimmetrikus, ezért elegendő az első öt szorzót ismerni. Ezek balról jobbra haladva a bal oldali fél-hosszúság alatti talpfeszültségeloszlást adják. A másik fél-hossz alatt értelemszerűen ennek tükörképét kell számításba venni.

A fenti ábrák, illetve táblázat segítségével gyorsan megadható az ilyen terhelésnek megfelelő talpfeszültség-eloszlás akkor is, ha más szélességgel vagy itt meg nem adott a tényezővel kell számolnunk. Ilyen esetekben tanácsos a táblázatban megadott értékeket a hosszúság, illetve az a tényező függvényeként ábrázolni és az interpolált értékeket erről leolvasni. Erre mutat be példát az 5. ábra, ahol $a = 0,15$ konstans értékű.

Lényegében hasonlóan kell interpolálni más a értékekre is.

A talpfeszültség-eloszlás ismeretében bármely keresztmetszeten meghatározható a nyíróerő, ill. a nyomaték.

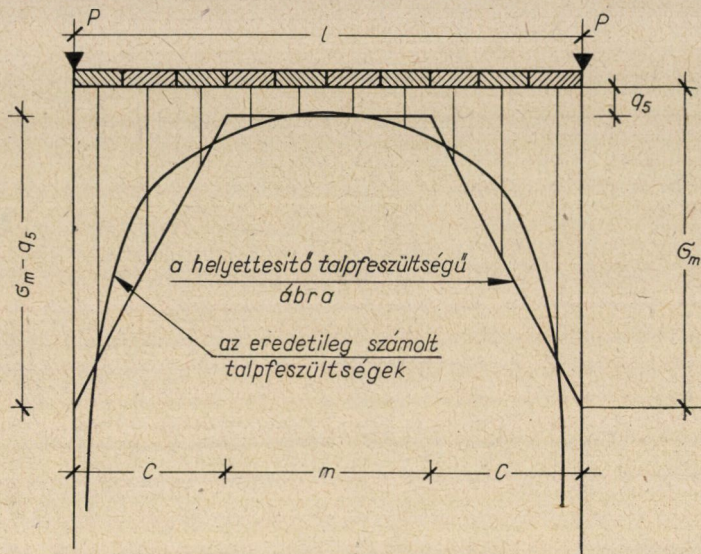
3. Helyettesítő talpfeszültségeloszlási ábra meghatározása

A fentiek szerint kiadódó görbevonalú talpfeszültség-eloszlás helyett egy vele csaknem egyenértékű helyettesítő ábra vehető fel (6. ábra).

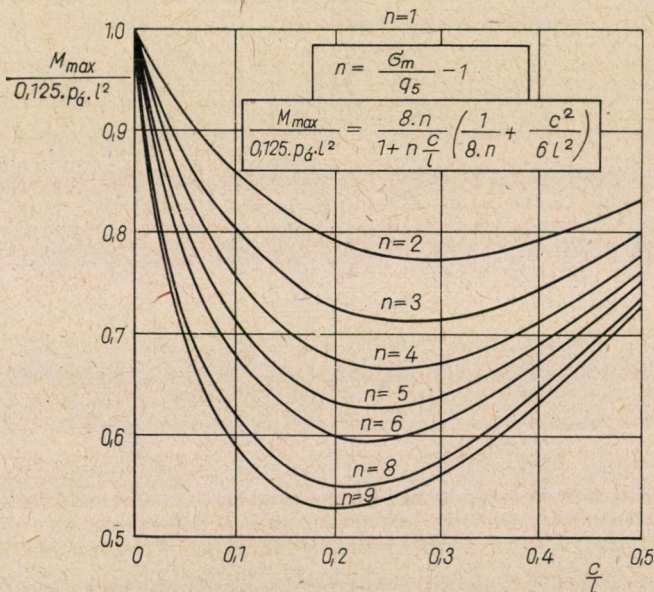
Mínt hogy az alaplemezzel kerülete mentén elméletileg végtelen nagyra adódó talpfeszültség fizikailag amúgy sem jöhet létre, ezért ott a feszültségi

ábrát a talajra megengedhető feszültséggel (σ_m) zárjuk le. A középső — q_5 — talpfeszültségi ordinátát célszerű változatlanul hagyni.

Ezek után csak egyetlen egy ismeretlen marad: az egyenesekkel határolt helyettesítő ábra két középső töréspontja; utóbbiakat annak szem előtt tartá-



6. ábra



7. ábra

sával kell meghatározni, hogy az új talpfeszültségi ábra területe feleljen meg a vetületi egyensúly követelményének, vagyis

$$b[q_5 l + (\sigma_m - q_5) C] = \Sigma P$$

legyen.

II. táblázat

A 7. ábra ordinátái						
n	c : l					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
2	1	0,856	0,790	0,775	0,792	0,833
3	1	0,800	0,725	0,716	0,745	0,800
4	1	0,753	0,674	0,673	0,712	0,777
5	1	0,710	0,633	0,640	0,689	0,761
6	1	0,675	0,600	0,614	0,670	0,750
8	1	0,615	0,549	0,576	0,645	0,733
9	1	0,590	0,528	0,562	0,635	0,727

Ezek után egyszerűbben, de kielégítő pontossággal kapjuk a nyíróerőket, ill. nyomatékokat a helyettesítő — egyenesvonalú — ábra alapján is. A méretezés szempontjából döntő maximális nyomatékokat a 7. ábrán feltüntetett görbesereg adja meg.

Pontosabb számítást tesz lehetővé, ha a 7. ábra ordinátáit a II. táblázat alapján határozzuk meg.

IZOSZTÁZIA ÉS LÉGNYOMÁS¹

K. LEDERSTEGER²

AZ OSZTRÁK TUDOMÁNYOS AKADÉMIA RENDES TAGJA, A BAJOR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
LEVELEZŐ TAGJA

[Beérkezett 1964. október 14-én]

Az izosztáziában, a teljes nyomás—kiegyenlítéshez, vízszintes irányú tömegeltolásokat is figyelembe kell venni. A kéregvastagság ρ középértékéből, a null tengerszintre vonatkoztatott T kéregvastagságból és a köpenyfelszíni $\Delta\rho$ ugrásszerű sűrűségváltozásból számított valamennyi izosztatikus modellnél a valódi Föld és a normálszferoid között A nyomáskülönbség vagy tömegkülönbség mutatkozik, amelyet csak a levegőburokkal magyarázhatunk meg. Minden felvett maximális tengermélységhez egy lineáris modellsort számíthatunk, amelyben A a $\Delta\rho$ függvénye. Végül $A = 10,05 \text{ t/m}^2$ -hez ugyancsak a $(T\Delta\rho)$ modellek lineáris sora tartozik. Mégis a köpenyfelszíni ugrásszerű sűrűségváltozás valószínű értékéhez, vagy a 3,32 sűrűséghez kerekben 10 kilométerrel vastagabb kéreg adódik a kellelénél. A közepes kéregvastagság is lényegesen nagyobb lehet, mint a szokásosan felvett értéke ($\rho = 2,67$), ami egyidejűleg az ugrásszerű sűrűségváltozás csökkenésével van összekötve.

Ahhoz, hogy a földalak-meghatározás fogas problémájára tiszta fizikai megoldást találjunk, ismernünk kell a normálszferoidot és szabatos, egyértelmű tételt kell keresnünk a földkéreg szabályozására. Normálszferoidon egy, a Föld belső szerkezetének legjobban megfelelő többparaméteres hidrosztatikus egyensúlyi alakot értünk. Ezt a mintegy 2,6 km mély világóceán borítja, ez alatt a szilárd kéreg van. A szilárd kéreg is több részből áll: egy vékony üledékes rétegből, egy szial gránitrétegből ($\rho \sim 2,67$) és egy szima bazaltrétegből ($\rho \sim 2,9$). A köpeny felszínén, mintegy 33 km mélységben kb. 3,32 a sűrűség (olivin, ultra-szima). A köpeny felszínét idealizált Mohorovičić-felületnek (M -diszkontinuitás) tekinthetjük; a közepes kéregsűrűséghez viszonyítva a sűrűségugrás kb. 0,4—0,6.

A földkéreg szabályozásának kísérletéhez jelenleg az izosztázia hipotézise a legjobb alap. Ennek három különböző fogalmazása ismeretes. A Pratt—Hayford-féle ún. felduzzadási hipotézis fizikailag képtelenség. Bizonyára VENING MEINESZ regionális izosztázia-hipotézise a legértékesebb, azonban nagy matematikai nehézségek kapcsolódnak hozzá. Ezért vizsgálatunkat az Airy-féle úszóegyensúly-hipotézisre alapozzuk. Ezt a hipotézist az utóbbi évtizedekben főként HEISKANEN fejlesztette tovább. Minél hatalmasabb egy szialtábla, annál mélyebbre merül az ultra-szimába. A leghatalmasabb szialtábla alapja határozza meg a nyomás kiegyenlítő-felületét, melyet nivófelületnek

¹ A Magyar Tudományos Akadémián 1964. szeptember 10-én elhangzott előadás kibővített szövege.

² Prof. Dr.-techn. h. c. Dr.-phil. Karl LEDERSTEGER, o. Prof. und Vorstand des Institutes für Höhere Geodäsie an der Technischen Hochschule. Wien IV. Karlsplatz 13.

és egyszersmind az egyenlő sűrűségek felületének is tekintünk, nevezetesen ebben kell kezdődnie a hidrosztatikus egyensúlynak. Az izosztáziai szabályozás szokásos módja (a függőleges elemi oszlopokban való tömegeltolások) mégsem kielégítő. Ugyanis a kontinenttömegeknek a sűrűséghiány kitöltése végett a geoid belsejébe való áthelyezése — az eltolt tömegelemek súlyának növekedése miatt — okvetlenül nyomásnövekedéssel jár; viszont az óceánok feneké alatti tömegeknek már a fellazítása is nyomáscsökkenést okozna. Ezért a kiegyenlítő-felületbeli nyomás megtartásához vízszintes irányú tömegeltolásokra is szükség van, ez már abból is kitűnik, hogy szabályozás után egyforma mélységű tengernek kell az egész Földet borítania.

A földkéreg alsó határfelületén jelentkező ugrásszerű sűrűségváltozás miatt az Airy-féle modellel kapcsolatban jobb a közepes földkéregvastagsággal dolgozni, mint a nyomás kiegyenlítő-felületével. Elhanyagoljuk a Föld lapultságát, tehát $R = 6371,2$ km sugarú gömböt választunk, és vonatkozási felületnek vagy ezt (geoid) tekintjük, vagy a normálalak köpenyének a felszínét. Viszont a valós Mohorovičić-felület mélysége a h tengermagasságtól vagy a h' tengermélységtől függ, amit szintén pozitívnak akarunk bevezetni. A $h = 0$ tengermagasság a T mélységnek feleljen meg. Minél nagyobb a kontinentális kiemelkedés, annál mélyebben merül a szialtömb (sűrűsége ρ) az ultra-szimába (sűrűsége $\rho + \Delta\rho$). Ekkor a Mohorovičić-felület mélysége

$$M = h + T + d. \quad (1)$$

A képletben szereplő d az ún. tő. Első közelítésben:

$$\rho h = d\Delta\rho; \quad d = \frac{\rho}{\Delta\rho} h. \quad (2)$$

Ha nem volna görbület, akkor ez a képlet az ideális tömegkiegyenlítésnek felelne meg. Befelé haladva, a sugarak összehajlása miatti köbtartalomcsökkenés a súlygyarapodás ellen hat, úgyhogy (2) a közelítő nyomáskiegyenlítést fejezi ki. A tengereken:

$$M = T - d', \quad (3)$$

ahol az „ellentő” d' vastagsága a víz sűrűséghiányából ($\rho - 1,028$) határozható meg:

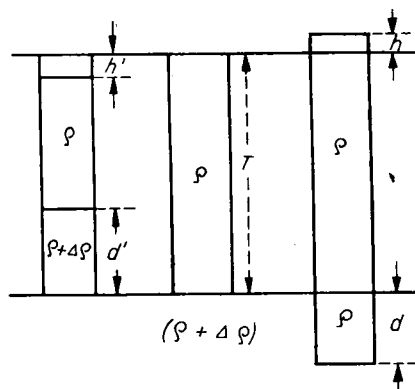
$$d'\Delta\rho = (\rho - 1,028) h'; \quad d' = \frac{\rho - 1,028}{\Delta\rho} h' = ah'. \quad (4)$$

Végül a maximális tengermélység úgy definiálható, hogy ott az ellentő a tengerfenékgig ér fel, tehát ott a szilárd kéreg éppen eltűnik:

$$T = h'_{\max} + t'_{\max}; \quad t'_{\max} = ah'_{\max}; \quad h'_{\max} = \frac{T}{a + 1}. \quad (5)$$

A T érték meghatározza összehasonlító oszlopunkat, ámde a köpeny-felszín M_m közepes mélységét nem. Ez inkább a közép-tengermélységhez tartozik, amely a hidroszféra Prey-féle egyenletének a fő tagjából következik:

$$H_o = -h'_m = -2681 \text{ m.} \quad (6)$$



I. ábra

Ennek alapján az M -diszkontinuitás M_m közpmélysége és a szilárd kéreg közepes vastagsága, kilométerben kifejezve:

$$M_m = T - 2,681 a; \quad K_m = T - 2,681(a + 1). \quad (7)$$

A ρ , $\Delta\rho$ és T értékeket az Airy-féle izosztázia modellje három szabad paraméterének tekintjük. Számuk az a hányados bevezetésével kettőre redukálódik. Az I. táblázatban összeállítottuk a h'_{\max} (felső számok) és az M_m (alsó számok) értékeit a $30 \text{ km} \leq T \leq 60 \text{ km}$ és $0,4 < \Delta\rho < 0,6$ tartományra.

Ha ρ -t a fõldsõrõség közepes értékének ($\rho_m = 5,517$) felével egyenlõnek tekintjük, vagyis $\rho = 2,7585$, akkor a -ból kiszámíthatjuk $\Delta\rho$ -nak az I. táblázat utolsó oszlopában közölt értékeit. Eddig a legnagyobb tengermélységet a Fülõp-szigetek közelében levõ árokban mérték. Ha ezt a 10,8 km mélységet tekintjük az említett h'_{\max} értékének, akkor a $\rho = 2,7585$ értékkel egy olyan lineáris modellsort kapunk, melyben T a $\Delta\rho$ függvényeként, az (5) kifejezésnek megfelelõen, a

$$(T - 10,8)\Delta\rho = (\rho - 1,028) \cdot 10,8 = 18,6894 \quad (5a)$$

egyenlõ oldalú hiperbolával van megadva. A $\Delta\rho = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$ értékekhez $T = 57,5; 48,2; 41,9; 37,5 \text{ km}$ tartozik, tehát T aligha lehet kisebb 40 kilométernél. Ha azonban h'_{\max} -ot még nem találták volna meg, vagy egyáltalán nem is léteznék — ami azt jelenti, hogy az ultra-szima sehol sem nyúlik fel

a tengerfenéig —, akkor még nagyobb T értékek adódnának. A $h'_{\max} < 10,8$ km feltételezés ellentmondásban van az izosztázia elméletével, mert ebben az esetben a víznek helyenként az ultra-szimába kellene nyomulnia.

Egy tetszőleges $(T, \Delta \rho)$ modell számításához vegyük alapul $\rho = \rho_m/2$ -t, és válasszuk vonatkozási felületül a gömb felszínét (geoid). Ha a geoidban a nehézségi gyorsulás g_0 , akkor az összehasonlító oszlop (az 1. ábrában a középső oszlop) közepében a nehézségi gyorsulás:

$$g_0 + g_0 \frac{T}{R} \left(1 - \frac{3}{5} \frac{\rho}{\rho_m}\right) = \left(1 + \frac{1}{4} \frac{T}{R}\right) g_0, \quad (8)$$

I. táblázat

$\alpha \backslash T$	30	35	40	45	50	55	60 km	$\Delta \rho$
2,5	8,57 23,30	10,00 28,30	11,43 33,30	12,86 38,30	14,29 43,30	15,72 48,30	17,14 53,30	0,6922
2,9	7,69 22,23	8,97 27,23	10,26 32,23	11,54 37,23	12,82 42,23	14,10 47,23	15,38 52,23	0,5967
3,3	6,98 21,15	8,14 26,15	9,30 31,15	10,47 36,15	11,63 41,15	12,79 46,15	13,95 51,15	0,5244
3,7	6,38 20,08	7,45 25,08	8,51 30,08	9,57 35,08	10,64 40,08	11,70 45,08	12,77 50,08	0,4677
4,1	5,88 19,01	6,86 24,01	7,84 29,01	8,82 34,01	9,80 39,01	10,78 44,01	11,76 49,01	0,4221

a nyomása pedig

$$T \left(1 + \frac{1}{4} \frac{T}{R}\right) t^*/\text{m}^2, \quad (9)$$

ha az oszlop keresztmetszetének területe 1 m^2 , T méterben van kifejezve, és a g_0 normális nehézségi gyorsulást egységnek tekintjük.

Egy h' mélységű tenger közepében a nehézségi gyorsulás

$$g_w = g_0 + g_0 \frac{h'}{R} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{1,028}{5,517}\right) = \left(1 + 0,7205 \frac{h'}{R}\right) g_0, \quad (10)$$

az ellentő $f = (T - d'/2)$ közepében pedig a nehézségi gyorsulás

$$\begin{aligned} g_c &= g_0 + \frac{1}{R} g_0 \left[2f - 3 \frac{\rho}{\rho_m} f + 3 \frac{1,7306}{\rho_m} h' - \frac{3}{2} \frac{\Delta \rho}{\rho_m} d'\right] = \\ &= g_0 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{f}{R} + \frac{3}{2} \frac{1,7305}{5,5170} \frac{h'}{R}\right] = g_0 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{f}{R} + 0,4705 \frac{h'}{R}\right]. \quad (11) \end{aligned}$$

A szabatos nyomásegyenlet:

$$(\varrho - 1,028) g_w h' = d' g_c \Delta\varrho,$$

vagy

$$1,7305 h' \left(1 + 0,7205 \frac{h'}{R} \right) = d' \left(1 + \frac{1}{2} \frac{f}{R} + 0,4705 \frac{h'}{R} \right) \Delta\varrho,$$

végül

$$ah' = d' \left(1 + \frac{1}{4} \frac{2T - d' - h'}{R} \right). \quad (12)$$

Hasonlóképpen a szárazföldön is először $h/2$ magasságban határozzuk meg a nehézségi gyorsulást:

$$g_k = g_0 - \frac{h}{R} g_0 \left(1 - \frac{3}{2} \frac{2,7585}{5,5170} \right) = \left(1 - \frac{1}{4} \frac{h}{R} \right) g_0. \quad (13)$$

A $t_0 f = (T + d/2)$ közepén

$$g_c = g_0 + \frac{f}{R} g_0 \left(2 - 3 \frac{\varrho}{\varrho_m} \right) = \left(1 + \frac{1}{2} \frac{f}{R} \right) g_0 \quad (14)$$

és a $\varrho g_k h = d g_c \Delta\varrho$ nyomásegyenletből $\beta = (\varrho : \Delta\varrho)$ -val azt kapjuk, hogy

$$\beta h = d \left(1 + \frac{1}{4} \frac{2T + d + h}{R} \right). \quad (15)$$

A tömegek számításakor figyelembe kell venni a gömbsugarak összehajlását. Az alapfelületen (geoid) 1 m^2 keresztmetszetű összehasonlító oszlopban levő tömeg:

$$\varrho \int_{-T}^0 (1 + z/R)^2 dz \sim \varrho \int_{-T}^0 (1 + 2z/R) dz = \varrho T (1 - T/R). \quad (16)$$

Ezzel szemben a tengereken a következő tömegkülönbség adódik

$$\begin{aligned} \Delta q &= + \Delta\varrho \int_{-T}^{-T+d'} (1 + 2z/R) dz - 1,7305 \int_{-h'}^0 (1 + 2z/R) dz = \\ &= \Delta\varrho \cdot d' \left(1 - \frac{2T - d'}{R} \right) - 1,7305 h' \left(1 - \frac{h'}{R} \right) < 0, \end{aligned} \quad (17)$$

a kontinenseken pedig

$$\begin{aligned} \Delta q &= \varrho \int_0^h (1 + 2z/R) dz - \Delta\varrho d \int_{-(T+d)}^{-T} (1 + 2z/R) dz = \\ &= 2,7585 h \left(1 + \frac{h}{R} \right) - \Delta\varrho \cdot d \left(1 - \frac{2T + d}{R} \right) > 0. \end{aligned} \quad (18)$$

A (12) és (15), valamint a (17) és (18) egyenlet megadja — szabatos nyomásegyenlőség mellett — minden oszlop tövét és ellentövét, továbbá az összehasonlító oszlophoz viszonyított tömegkülönbségeket. A kontinentális oszlopokban több tömeg van, mint a tengeri oszlopokban, ezért szabályozáskor a kontinensekről a tenger felé vízszintes irányban tömegeket kell eltolni. Így a függőleges eltolásból származó szárazföldi nyomásnövekedés és óceáni nyomáseszkkenés tényleg kompenzálható, ha az egész tömeg változatlan marad.

A Föld magassági és mélységi viszonyaira vonatkozó Prey-féle sorbafejtést a 16. rendű gömbfüggvényekig véve figyelembe a litoszféra közepes mélysége, $L_0 = -2456$ m; a hidroszféráé, $H_0 = -2681$ m, tehát a kontinensek közepes magassága $+225$ m. Ha a víztömegeket a kéreg sűrűségére kondenzálva a fiktív \bar{L} litoszférát képezzük, akkor a terepnek a felületegységre vonatkozó tömege

$$q = (2,7585 L - 1,028 H) = 2,7585 Lt/m^2, \quad (19)$$

tehát

$$\bar{L} = \left(L - \frac{1,0280}{2,7585} H \right) = -0,627\ 334 h', \quad (19a)$$

mert a tengeren $L = H = -h'$. A szárazföldön $H = 0$ és $\bar{L} = L = h$. A (19) képlet szerint ϱh és $-(\varrho - 1,028)h'$ szorzatok a $\varrho\bar{L}$ kifejezésbe foglalhatók össze. Ekkor azonban egyrészt a (12) és (15), másrészt (17) és (18) összevonható; ha most még h' és d' helyett h és d negatív értékét vezetjük be, azt kapjuk, hogy

$$\varrho\bar{L} = \Delta\varrho \cdot d \left(1 - \frac{2T+d+h}{4R} \right); \quad (20)$$

$$\Delta q = \varrho\bar{L} \left(1 + \frac{h}{R} \right) - \Delta\varrho \cdot d \left(1 - \frac{2T+d}{R} \right). \quad (21)$$

Ezután küszöböljük ki (20) segítségével a $\Delta\varrho \cdot d$ szorzatot (21)-ből:

$$\Delta q = \varrho\bar{L} \left[\left(1 + \frac{h}{R} \right) - \left(1 - \frac{2T+d+h}{4R} \right) \left(1 - \frac{2T+d}{R} \right) \right].$$

Ebből azt kapjuk, hogy

$$\Delta q = \frac{5}{4} \varrho\bar{L} \frac{2T+d+h}{R}. \quad (22)$$

A kontinenseken első közelítésben:

$$\Delta\sigma \cdot d = \varrho\bar{L}, \quad \text{tehát: } (d+h) = \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + 1 \right) \bar{L}.$$

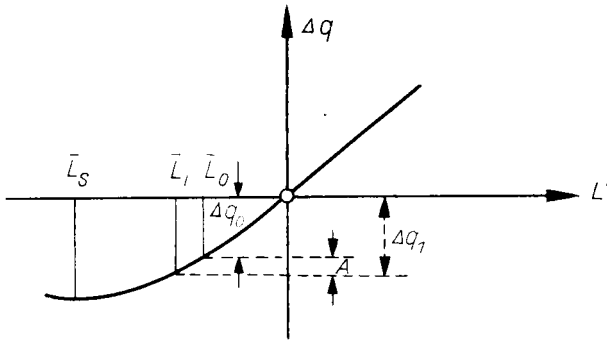
Az óceánokon pedig (19a) alapján:

$$(d + h) = \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right) \bar{L}.$$

Ezekkel a (22) jelű kifejezést transzformálva:

$$\text{Kontinens: } \Delta q = \frac{5}{2} \frac{T}{R} \varrho \bar{L} + \frac{5}{4} \frac{1}{R} \varrho \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + 1 \right) \bar{L}^2. \tag{23}$$

$$\text{Óceán: } \Delta q = \frac{5}{2} \frac{T}{R} \varrho \bar{L} + \frac{5}{4} \frac{1}{R} \varrho \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right) \bar{L}^2.$$



2. ábra

Így \bar{L} függvénye gyanánt Δq -ra két parabolát kapunk:

$$q = a\bar{L}^2 + b\bar{L},$$

amelyek a kezdőpontban ($\bar{L} = 0$) közös érintővel egymásba mennek át (2. ábra). A lineáris tag együtthatója $b = 0,001\ 082\ 4\ T_{\text{km}}$. Ha \bar{L} -et is kilométerben fejezzük ki, akkor az óceánra vonatkozó parabola:

$$\Delta q = 0,541\ 204 \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right) \bar{L}^2 + 1,082\ 407\ T\bar{L}. \tag{23a}$$

A csúcspontra a következő kifejezéseket kapjuk:

$$\bar{L}_s = -b/2\ a$$

vagy

$$\bar{L}_s = -T: \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right). \tag{24}$$

Másrészt a maximális tengermélység (5) jelű meghatározásából és a (19a) jelű kifejezésből azt kapjuk, hogy

$$\bar{L}_{\text{min}} = - \frac{\varrho - 1,028}{\varrho} h'_{\text{max}}. \tag{25}$$

Látható, hogy a parabola csúcspontja ott van, ahol a tenger mélysége maximális.

Összehasonlító oszlopunknak okvetlenül nagyobb a tömege mint a normálszferoid megfelelő oszlopának, melyet egy H_0 mélységű óceánnak kell takarnia. Ezért a Δq tömegkülönbségek kisebbek a kelleténél, és az óceáni parabola helyett a normálszferoidra vonatkozóan a következő képlet érvényes:

$$\Delta q_n = a \bar{L}^2 + b \bar{L} + |\Delta q_0|, \quad (26)$$

ha Δq_0 -án a normálszferoid-oszlop és az összehasonlító oszlop tömegkülönbségének negatív értékét értjük. Minthogy a Föld teljes tömegének változatlanak kell maradnia, ezeknek a tömegeltolásoknak a Föld egész felszínére kiterjesztett integrálja nulla lesz. Tehát a 0. rendű tag egyenlete a következő:

$$a \bar{L}_0^2 + b \bar{L}_0 - \Delta q_0 = 0 \quad (27)$$

(19)-hez hasonlóan a Prey-féle képlet főtagjaival azt kapjuk, hogy

$$\bar{L}_0 = (L_0 - 0,372\ 666\ H_0) = -1,457\ \text{km}. \quad (28)$$

A H_0 közepes tengermélységhez tartozó oszlopra pedig ez a kifejezés érvényes:

$$\bar{L}_1 = 0,627\ 334\ H_0 = -1,682\ \text{km}. \quad (28a)$$

Ebből az következik, hogy az összehasonlító oszlopnak a normálszferoidhoz viszonyított $|\Delta q_0|$ tömeggyarapodása kisebb, mint a H_0 tengermélységhez tartozó oszlophoz viszonyított tömeggyarapodása. E látszólagos ellentmondásnak az az oka, hogy $L_0 \neq H_0$, vagy azt is mondhatjuk, hogy az ellentmondás a kontinensek létezésének a következménye. Ez az ellentmondás megszűnik, ha a fiktív litoszféra, \bar{L} valós volna, vagyis ha nem volna tenger. Az $(\bar{L}_0 - \bar{L}_1) = +225$ m különbség a kontinensek közepes magassága; \bar{L}_0 pedig $h_0 = 2,323$ km mély tengernek felel meg.

Ha a mutatkozó különbséget pozitív értéként vezetjük be és A -val jelöljük, akkor egy tetszőleges modellre általában érvényes alábbi kifejezést kapjuk:

$$a(H_0 - 0,372\ 666\ H_0)^2 + b(H_0 - 0,372\ 666\ H_0) = \Delta q_1$$

$$a(L_0 - 0,372\ 666\ H_0)^2 + b(L_0 - 0,372\ 666\ H_0) = \Delta q_1 + A = \Delta q_0$$

vagy

$$\begin{aligned} A &= a[(L_0^2 - H_0^2 - 0,745\ 332\ H_0(L_0 - H_0)] + b(L_0 - H_0) = - \\ &= -0,706\ 222\ a + 0,225\ 000\ b. \end{aligned} \quad (29)$$

A (23a) jelű óceáni parabola koefficienseivel számítva:

$$A = -0,382\ 210 \left(\frac{\varrho}{\Delta\varrho} + \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right) + 0,243\ 542\ T. \quad (29a)$$

Ha A állandó, akkor egy adott ϱ értékhez (például $\varrho = 2,7585$ -höz) olyan lineáris modellsort kapunk, amelyben T -t a $\Delta\varrho$ függvényében az alábbi egyenlő oldalú hiperbola határozza meg:

$$\Delta\varrho \left(T - \frac{A + 0,609\ 261}{0,243\ 542} \right) + 4,329\ 135. \quad (30)$$

Fizikai érteleme természetesen csak A egyetlen értékének lehet. Terjesz-
szük ki vizsgálatunkat a Földet burkoló levegőre is, melyet eddig csupán azért
hanyagolhattunk el, mert a Δq tömegkülönbségek a tengeren teljesen, a száraz-
földön pedig csaknem teljesen függetlenek a légnyomástól. A tengerekre és
összehasonlító oszlopokra ugyanakkora nyomás nehezedik ($A = 10,33\ \text{t/m}^2$).
A kontinenseken, ha h növekszik, akkor a nyomás csökken. Így például, ha
 $h = 2; 4; 6$ és 8 km, akkor a csökkenés $2,258; 4,065; 5,452$ és $6,531\ \text{t/m}^2$.
De a kontinentális túlnyomás is csökken, mert a kontinens bizonyos mértékig
kiszorítja az alsó légrétegeket. Emiatt csökken a tövvastagság úgy, hogy a
számított tömegkülönbségek még a Himalájában is csak a számítási élességen
belül változnak. Viszont a normálszferoidnál — a $225\ \text{m}$ közepes kontinens-
magasságnak megfelelően — a levegőburkot kb. $10,05\ \text{t/m}^2$ értékű állandó
külső nyomásnak kell tekinteni. Ha azonban az említett A különbségnek ez
az értéke, akkor a normálszferoidon a kelteténél kisebb $2,323\ \text{km}$ tengermély-
séghez tartozó \bar{L}_0 oszlop helyére a légnyomással növelt és így egyenértékűvé
vált \bar{L}_1 oszlop kerül, melyhez $|H_0| = 2,681\ \text{km}$ közepes tengermélység
tartozik. A normálszferoid ezen oszlopához viszonyítva, az összehasonlító
oszlopnak ugyanakkora a tömegnövekedése: $|q_0|$. Minthogy a valódi Földön
is figyelembe kell vennünk a légnyomást, ismét $|\Delta q_0| + A = |\Delta q_1|$ tömeg-
növekedést kapunk. Mindebből a (27) jelű kifejezés általánossá bővített alak-
jához jutunk:

$$\begin{aligned} [a\bar{L}_0^2 + b\bar{L}_0 - A] + [|\Delta q_0| + A] &= 0; \\ (a\bar{L}_0^2 + b\bar{L}_0) &= (a\bar{L}_1^2 + b\bar{L}_1 + A). \end{aligned} \quad (31)$$

Ennek azonban csak $A = 10,05\ \text{t/m}^2$ értékkel van fizikai értelme. Így
biztosítottuk az egész tömeg megmaradását, továbbá figyelmünkre nagyon
méltó összefüggést találtunk a probléma szabad paramétere és a légnyomás
között. Empirikus biztonsága miatt ez még fontosabb is, mint a maximális
tengermélység, mert — a fentiek szerint — az utóbbival kapcsolatban több

különböző lehetőség még nyílt probléma. A modellek háromszorosan végtelen sokaságából A , h'_{\max} és ϱ segítségével megkaphatjuk T és $\Delta\varrho$ helyes megoldását.

Ha a (29a) jelű egyenletben $A = 10,05 \text{ t/m}^2$, akkor az Airy-féle modell paramétereit között a következő összefüggés van:

$$\Delta\varrho \left(T - 41,2660 - 1,5694 \frac{\varrho}{\varrho - 1,028} \right) = 1,5694 \varrho. \quad (32)$$

II. táblázat

ϱ	$(\varrho + \Delta\varrho)$	T	h'_{\max}
0,4	3,16	54,591 km	10,249 km
0,5	3,26	52,426	11,752
0,6	3,36	50,983	13,126
0,7	3,46	49,952	14,387

Ha $\varrho = 2,7585$, akkor az alábbi egyenlő oldalú hiperbolát kapjuk:

$$\Delta\varrho(T - 43,767 \ 650) = 4,329 \ 135 .$$

Ezekkel, a minket érdeklő tartományban, a II. táblázatban közölt megoldásokat kapjuk.

A szeizmikus kutatás jelenlegi eredményei szerint a T értékek legalább 10 kilométerrel túl nagyok. Ezenkívül ezeket az eredményeket a Prey-féle

III. táblázat

$\Delta\varrho$	ϱ	T	h'_{\max}	M_m
0,45	2,87	53,719 km	10,547 km	42,745 km
0,47	2,85	53,236	10,917	42,843
0,49	2,83	52,793	11,286	42,933
0,51	2,81	52,386	11,657	43,018
0,53	2,79	52,011	12,027	43,098
0,55	2,77	51,664	12,398	43,173
0,57	2,75	51,343	12,769	43,244
0,59	2,73	51,044	13,140	43,310

kifejezés hibái is terhelik: L_0 és H_0 abszolút értékének csökkentése mintegy tízszeresen növeli a T és M_m mennyiségeket. Tehát a Föld magassági és mélységi viszonyaira vonatkozó gömbfüggvények 32. rendig végzett delfti sorbafejtése, amelynek $L_0 = -2367 \text{ m}$ és $H_0 = -2601 \text{ m}$ volt az eredménye, az ellentmondást még növelte. Feltételezve, hogy a szilárd kéreg egyáltalán eltűnhet, ha $\varrho = 2,7585$, akkor h'_{\max} -nak nagyobboknak kellene lennie 10,8-nél, mert ennek az értéknek a köpeny felszínén a túlságosan kis 3,19 sűrűség felel

meg. Ha viszont abban állapodunk meg, hogy $(\varrho + \Delta\varrho) = 3,32$, akkor a III. táblázatban közölt értékekhez jutunk.

A $h'_{\max} = 10,8$ felvétellel most nagyobb kéregsűrűséget kapunk, miként azt legutóbb — teljesen más megfontolás alapján — WOOLLARD³ is feltételezte.

Bár az izosztázia helyessége vitathatatlan, a különböző, szükségszerűen sematikus modelleképzelések és a megfelelő izosztatikus redukciónak mégis problematikusak. Az izosztatikus nehézségi rendellenességek létezése is igazolja ezt a tényt. Ha ugyanis valamelyik modell helyes volna, akkor a hozzá tartozó redukció a Föld kérgét tökéletesen szabályozná, és valamennyi lát-szólagos nehézségi zavar eltűnnék. A közvetett hatásnak közvetlenül a geoid undulációihoz kellene vezetnie, és a Stokes-féle integrál felesleges volna. A földkéreg pontos szabályozásának a kérdése tehát még koránt sincs megoldva. Mégis a maximális tengermélység figyelembevételével és a légburok fontos szerepének felismerésével egy lépésnyit előbbre haladtunk; behoztunk, hogy a szabatos nyomáskiegyenlítés összeegyeztethető a Föld teljes tömegének megtartásával.

³ G. P. WOOLLARD: Gravity Anomalies and the Study of the Crust and Upper Mantle. ICSU Review of World Science, Vol. 6, No. 2, Amsterdam, April 1964.



A FÖLDKÉREG SZERKEZETE ÉS A HIPERTERMÁLIS TERÜLETEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

SCHIEFFER VIKTOR*

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
GEOTERMIKUS TUDOMÁNYOS ÉS MŰSZAKI TANÁCS, BUDAPEST

[Beérkezett: 1964. nov. 3.]

Földünk különböző területein az utóbbi években e tárgy körben végzett vizsgálataink eredményeit a következőkben foglaljuk össze.

I. Kontinentális területek

1. *Pannon medence*

1. ábránk a Kárpát-medencék és környéke szeizmológiai adatok alapján szerkesztett földkéregvastagság-térképét és regionális geotermikus mélység-lépcső értékeit tünteti fel [1].

Megállapítható, hogy a Kárpát-medencék centrális zónájában jelentős kiemelkedésű földköpenymagaslat, kb. 30 km tetőmélységben fekvő „közbülső tömeg” kerül el. A földköpenymagaslat zónája hipertermikus terület, amely felett a kéregben a hőfluxus nagyobb a földi kontinentális átlagértéknél.

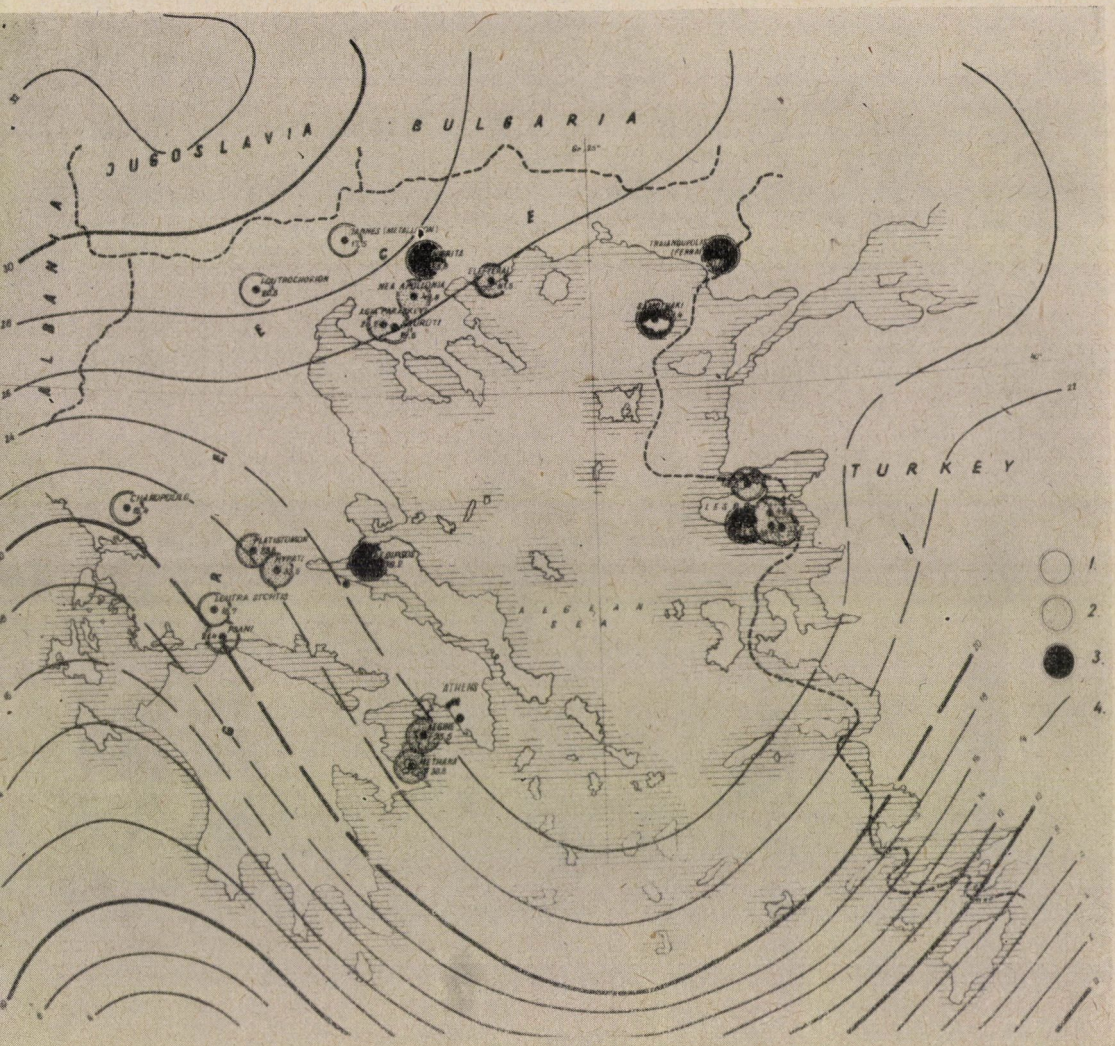
A földkéregvastagság-értékek meghatározása az egyes országok föld-rengési intézetei által közölt szeizmológiai adatok tekintetbevételével történt. Meg kell jegyeznünk, hogy Magyarország területén robbantásos, úgynevezett mélyszeizmikai módszerekkel is történtek földkéregvastagság-meghatározások, melyek ugyancsak megállapították a földköpeny viszonylagos magasságát e zónában, a szeizmológiai adatok alapján megadottnál néhány km-rel kisebb mélységben [2]. Mivel azonban e mérések csak Magyarország területére korlátozódtak, eredményeik egyelőre nem használhatók fel a Kárpát-medencék zónája földkéregvastagság-térképének megszerkesztéséhez.

2. *Az Égei-tenger, Dél-Bulgária és a Dardanellák vidéke*

A 2. ábrán az Égei-tenger környékének hipertermális zónáit ábrázoltuk a geoidfelszínhez viszonyítva.

Görögország termominerális forrásainak adatait M. L. PERTESSIS [3, 4] munkáiból, R. CATALDI (Pisa) 1964. évi összeállításából vettük át.

* Prof. Dr. Scheffer Viktor, V. Szent István körút 11., Budapest V.



2. ábra. Az Égei-tenger környékének hipertermális zónái és a geoidfelszín kapcsolata

1. 25 C °-nál kisebb hőfokú ásványvizek
2. 25–50 C ° hőfokú ásványvizek
3. 50 C °-nál nagyobb hőfokú ásványvizek M. L. Pertessis szerint
4. Geoidszintvonalak m-ben W. A. Heiskanen szerint

A geoidundulációk Égei-tenger környéki 2 mm-es értékkel rajzolt szintvonalait pedig a W. A. HEISKANEN vezetése alatt működő Ohio-i (USA) Állami Egyetem Columbus-i Geodéziai, Fotogrammetriai és Kartográfiai Intézet szerkesztette.

Az ábra meggyőzően mutatja azt az összefüggést, amely a geoidundulációban kifejezésre jutó földkéregszerkezet és a hipertermális zónák helye között áll fenn.

Az Égei-tenger, Dél-Bulgária és a Dardanellák kettős pozitív geoidmagaslatának egy kettős tagozódású hipertermális terület felel meg. (Lesbos 81,4 °C, Aedipsos 78,2 °C, Nigrita 55,8 °C, Samothaki 59,4 °C és Traianoupolis 50,6 °C-os ásványvízforrásaival és a P. ST. PETROV által [24] ismertett dél-bulgáriai hipertermális terület.)

R. CATALDI 1960. évi tanulmányútján újból megmérte a PERTESSIS által közölt forráshőmérsékleteket, és azokat a kb. 25 évvel azelőtt megadottaknál 3–5°-kal magasabbnak találta.

Egyedül a Lesbos szigeti Polichnitos-forrást találta a közölnél lényegesen nagyobb hőfokúnak, 95 °C-nak [6].

A térkép szemlélete alapján megállapítható, hogy a hipertermális források vizének hőmérséklet-nagyságértéke összefüggést mutat a geoidundulációs szint viszonylagos változásaival. Minél magasabb a geoidunduláció lokális anomáliaértéke, annál magasabb hőfokúak a területén levő források.

Az Égei-tenger alatti földkéreg felépítéséről egyelőre aránylag keveset tudunk. F. PERONACI vizsgálatai szerint [7] a földkéreg Athén alatti vastagsága kb. 60 km. Ez nagyjából azt jelentené, hogy az Égei-tenger alatti nagy geoidmagaslatot és egyúttal izosztatikus gravitációs anomáliamagaslatot, esetleg a gránitkéreg emelt helyzete okozza [8, 25].

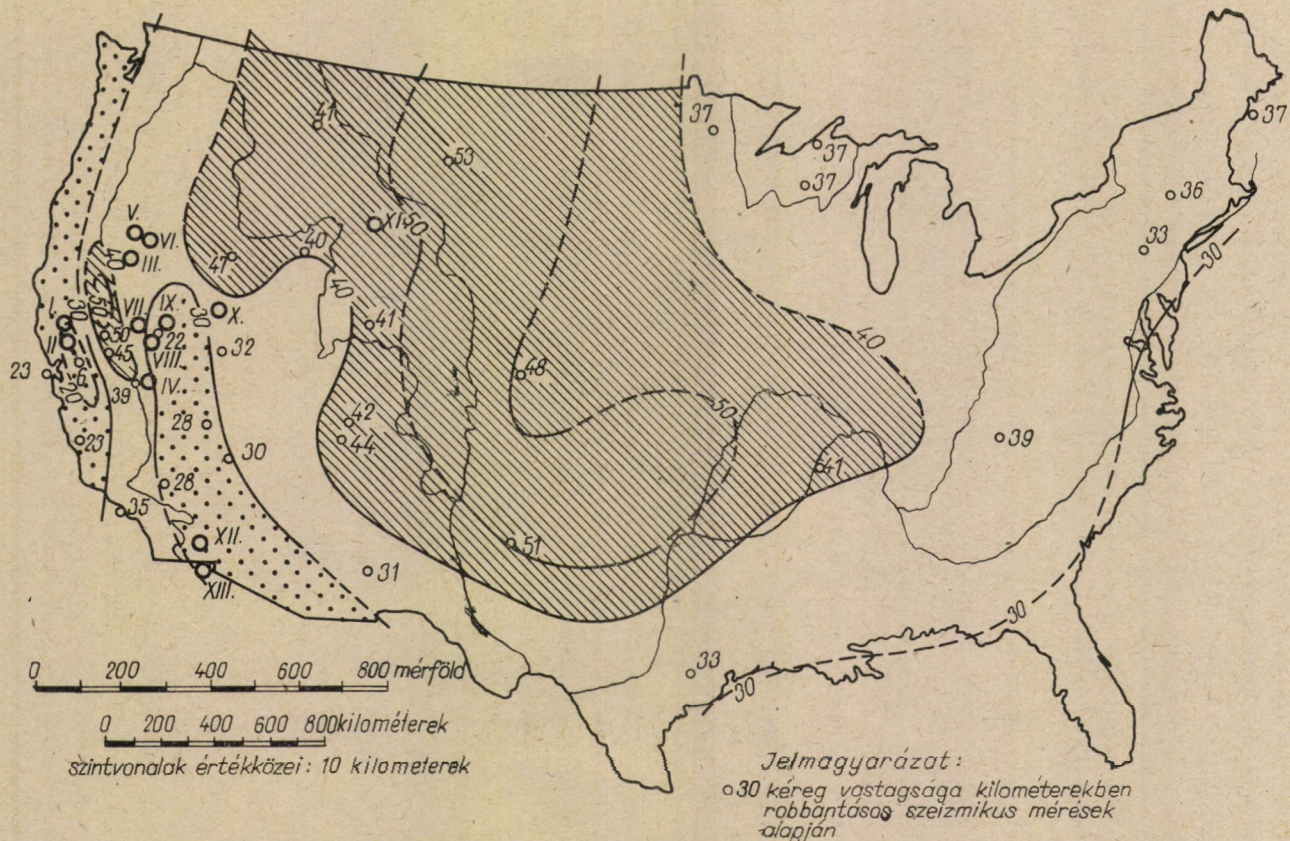
A kontinentális hipertermális területek egyik legérdekesebb példája Larderello és a Földközi-tenger nyugati medencéje, melyekkel [9]-ben foglalkoztunk részletesen.

Megállapíthatjuk azt a tényt, hogy Larderello, az európai kontinentális terület legnagyobb ismert hipertermális zónája, a földkéreg egy oly átmeneti részén terül el, amely alatt a kéregvastagság 60 km-ről 15 km-re csökken [22, 23]. (Gran Sasso—Tirréni-tenger.)

II. Kontinentális-óceáni átmeneti területek

1. Észak-Amerika

1964 áprilisában vált ismertté az USA területének robbantásos szeizmológiai módszerrel meghatározott kéregvastagság-térképe [10], melyet 3. ábránkon mutatunk be.



3. ábra. Az Északamerikai Egyesült Államok földkéregvastagság-térképe a hipertermális területek feltüntetésével

A földkéregvastagság értéklépcsője: 10 km. Az ábrán római számokkal jelölt hipertermális területek: I. Big Geysers — Sonoma County, California. II. Calistoga — Napa County, California. III. Surprise Valley — Modoc County, California. IV. Casa Diablo — Mono County, California. V. Lakoviev — Lake County, Oregon. VI. Crump Lake — Lake County, Oregon. VII. Steamboat Springs — Washoe County, Nevada. VIII. Wabuska — Lyon County, Nevada. IX. Brady Hot Springes — Lyon County, Nevada. X. Beowawe — Eureka County, Nevada. XI. Yellowstone Park. XII. Salton Sea Area, Imperial County. XIII. Mexicali, Mexico

A kb. 2000, nagyrobbantások alkalmából felvett szeizmogram alapján, kiterjedt refrakciós szeizmikus profilhálózat segítségével meghatározott kéregvastagság-térkép változatos képet mutat.

A Csendes-óceán keleti partja mentén húzódó Coast Ranges hegység alatt 16 km a földkéreg vastagsága. Ettől keletre, a Sierra Nevada nyugati oldalán, a Gulf of California északi folytatásaként annak csapásirányában egy, a Csendes-óceán nyugati része mélytengeri árcai szélességének, kb. 200 km-nek megfelelő, legmélyebb részén a földfelszíntől számított 50 km mélységű mélyvonulat húzódik a földköpeny felszínén.

Ettől keletre, a Coast Ranges-szel nagyjából párhuzamos csapásban, egy kb. 250–400 km szélességű, 22–30 km mélyen fekvő földköpenymagaslat húzódik, melynek nyugati határa nagyjából a S. Andreas töréssel esik egybe [11]. Ennek keleti oldalán a kontinens belső, középső, kiterjedt zónájában 50 km körüli földkéregvastagságokat állapítottak meg.

Az észak-amerikai földkéregvastagság térképének meghatározása lehetővé tette ennek a hipertermális zónákkal való egybevetését. Ha az észak-amerikai hipertermális zónák helyét [12, 13] felrajzoljuk a földkéregvastagság térképére (3. ábra), egyértelműen megállapíthatjuk ezeknek a földköpenymagaslatokon való fekvését. Még a legkeletebbre fekvő Yellowstone-parki hipertermális zóna is egy viszonylagos földköpenymagaslatra települt. Ez a jelenség földi viszonylatban általánosan észlelhető.

Megállapítható ezenkívül, hogy a hipertermális zónák gőz- és vízhőmérséklete a földkéreg helyi vastagságával arányos [13].

Ugyancsak megállapítható, hogy a közép-amerikai, mexikói, Mexicali, Ixtlan (Michocan), Pathé (Hidalgo), valamint az El-Salvador-i aguachapani hipertermális területek is a S. Andreas töréstől keletre fekvő földköpenymagaslaton fekszenek. Ez a földköpenymagaslat az átmenet az észak-amerikai kontinentális és a csendes-óceáni kéregszerkezetek között, melyeket a Gulf of California és annak északi folytatását képező mélyárok választ el egymástól.

A kaliforniai Coast Ranges hegyvonulat már az óceáni típusú kéregszerkezet zónájába esik. Ennek megállapítási lehetősége képezte az észak-amerikai földkéregvastagság meghatározásának legnagyobb tektonikai jelentőségű eredményét.

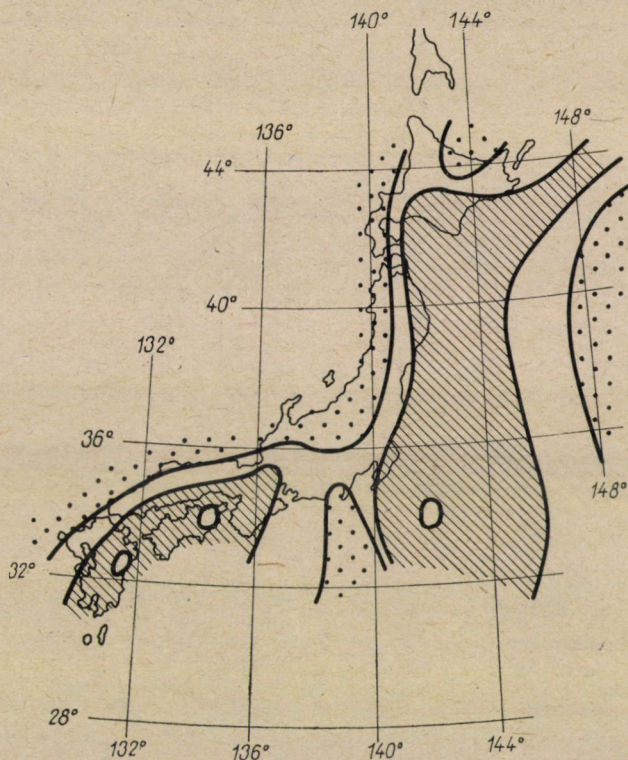
2. Japán és a Japáni árok

E területtel foglalkozó gazdag irodalmat [14, 15, 16, 17] áttanulmányozva, a Japánban és környékén az utóbbi években végzett 39 szárazföldi és 19 tengeri hőáram-meghatározás eredményét UYEDA és HORAI ismertetése alapján a 4. ábránkon közöljük [17].

Az utóbbiak vizsgálata alapján az eddigi hőáram-mérések a szárazföldön 1,55 és a tengereken 1,30 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ sec}$ középértéket eredményeztek. A 4. ábrán az átlagnál kisebb értékek zónáját sraffozással, a magasabb értékek területeit

pedig pontozással jelöltük. Az ábrán kifejezésre jut az a jelenség, hogy a Japáni árok területe az átlagnál kisebb, az ettől keletre és nyugatra fekvő terület-részek pedig magasabb hőfluxusértékűek.

Az 5. ábra Japán és a Japáni árok AIRY feltevése szerinti izosztatikus gravitációs anomáliáit mutatja be, HEISKANEN feldolgozása alapján [18].



4. ábra. A földi hőáram értékeloslása Japánban és környékén Sraffozva az átlagértéknél kisebb, pontozva az átlagértéknél nagyobb földi hőfluxusértékek vannak

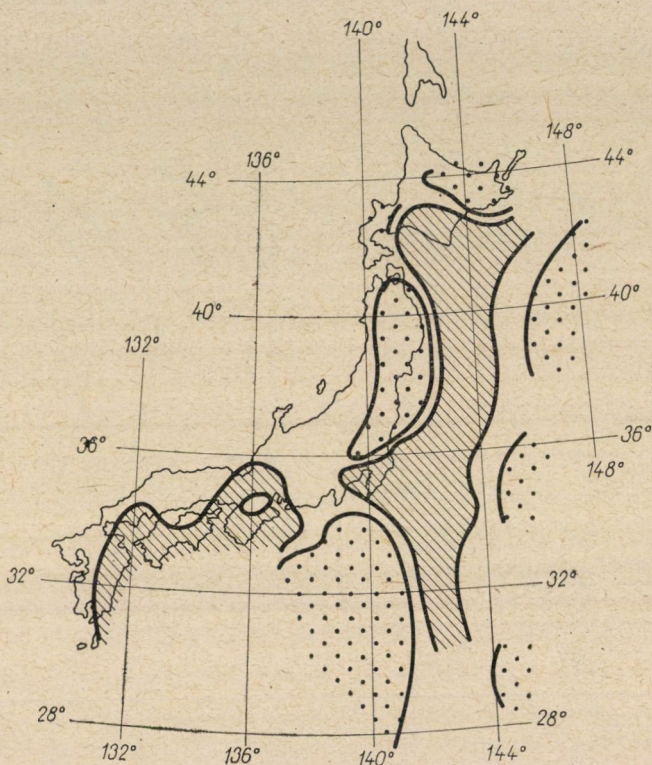
A negatív anomáliaértékek területét sraffozottan, az 50 milligalnál magasabb izosztatikus anomáliák területét pedig pontozottan jelöltük.

Az izosztatikus anomáliaképet a 4. ábrán közölt földi hőárameloszlási térképpel összehasonlítva megállapítható nagyfokú hasonlatosságuk oly értelemben, hogy a magas izosztatikus anomáliaértékek területének nagy hőfluxusú zónák felelnek meg. Ez a tény már önmagában is valószínűsíti a földkéreg-szerkezet és a hipertermikus zónák közötti összefüggést.

A földköpeny Japán környéki felépítését kutató szeizmológiai, elsősorban szeizmikus mélyszondázási munkálatok eredményei [19, 20, 21] alapján e zónában 3 típusú kéregszerkezetet lehetett megállapítani.

Az óceáni kéregfelépítés a mélytengeri ároktól a Csendes-óceán felé nyert megállapítást, 10 km-ig lecsökkenő kéregvastagsággal.

Az Andezitvonal a mélytengeri árokban vonul, és elválasztja az óceáni és az átmeneti — kontinentális kéregrészeket, és egyúttal kettéválasztja az óceáni és kontinentális hipertermális zónákat.



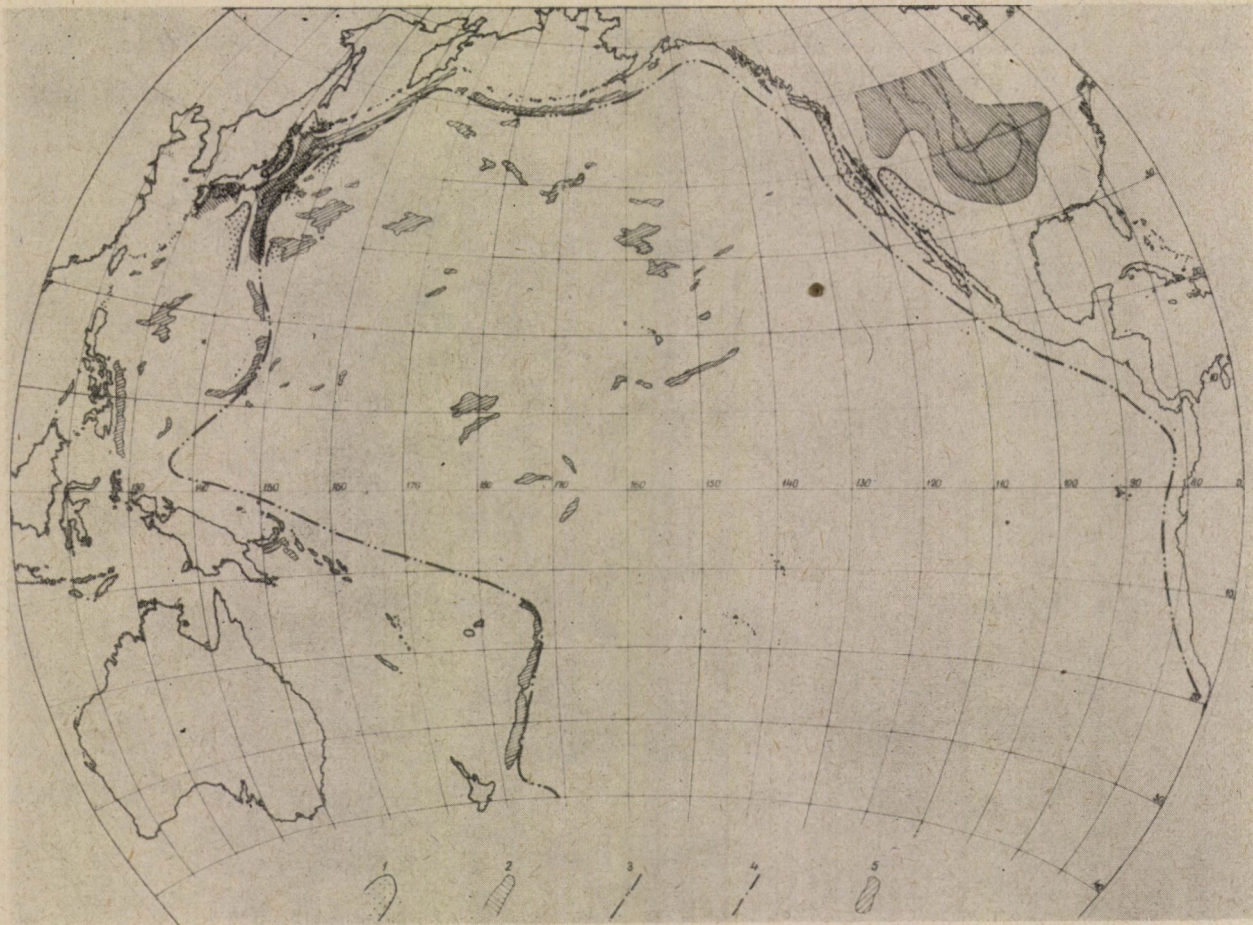
5. ábra. Japán és a Japáni árok izosztatikus anomáliatérképe

A negatív izosztatikus anomáliaértékek sraffozással, az 50 mgal feletti izosztatikus anomáliaértékek területei pedig pontozással jelöltettek

A mélytengeri árokban tapasztalt viszonylagos 20–30 km-es földköpenyfelszín-elmélyülés után, a szigetek alatt már kontinentális, 25 km-nél nagyobb kéregvastagságot állapítottak meg.

„The area occupied by the Japanese Islands at present is considered to have been a marginal part of the Asiatic Continent during pre-Silurian time”, vagyis „a Japáni szigetek által a jelenkorban elfoglalt terület a szilúrt megelőző földtani időkben az ázsiai kontinens szegélyzónáját képezte”, írja K. HORAI ([14] p. 96).

A Japán- és az Ohotszki-tengerektől keletre fekvő területek kéregszerkezete nagymértékben hasonlít az észak-amerikai kontinens nyugati részének



6. ábra. Az Andezitvonal helyzete az észak-amerikai kontinens nyugati szegélyén

1. Észak-Amerikában: 30 km-nél vékonyabb földkéregvastagságok. A japáni területen: 50 mgal-nál nagyobb izosztatikus anomáliák területei.
2. Észak-Amerikában: 40 km-nél nagyobb földkéregvastagságok. A Japáni területen: negatív izosztatikus anomáliák területei.
3. Az Andezitvonal az eddigi elképzelések szerint.
4. Az Andezitvonal helyzete az észak-amerikai kontinens nyugati szegélyén, geofizikai megfigyelések alapján.
5. Mélytengeri árkok

kéregszerkezetéhez. Ugyancsak nagyfokú hasonlatosság állapítható meg a két terület hipertermális zónáinak a földkéregszerkezethez viszonyított elrendezésében, amint az a 6. ábránk alapján is látható.

III. Óceáni területek

Az eddig ismeretes, a földkéreg óceáni részein fekvő hipertermális zónák (Island, Atlanti hátság, a Csendes-óceán Húsvét-szigeteki hátsága, Havai stb.) geotermikus jellege, hőfluxus nagysága és a környezet értékeihez viszonyított változása és a hipertermikus zónáknak a földkéregszerkezethez való viszonya, mind azok kiterjedése, mind a hőfluxus-nagyságok szempontjából a kontinentális területek hipertermális zónáihoz hasonlóknak mondhatók.

A kontinentális és óceáni területek hipertermális zónái hasonló jellegűek, kiterjedésük, nagyságuk és jelentőségük azonban messze alatta marad a kontinentális-óceáni átmeneti földkéregrészekre települt geometrikus anomália zónák jelentőségének.

IV. Az Andezitvonal és a geotermikus zónák kapcsolata

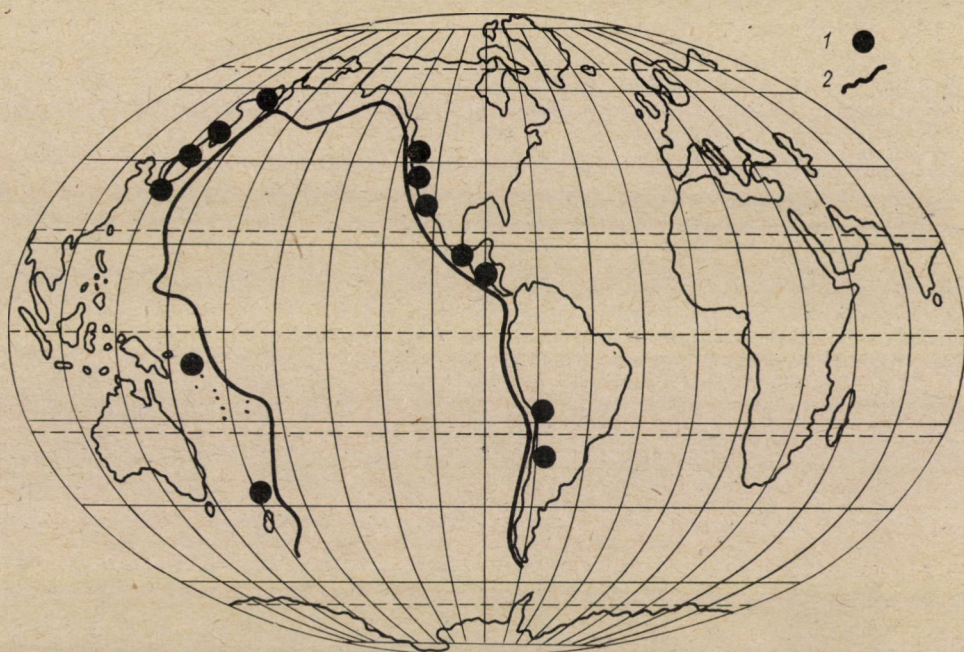
A Földön észlelhető földrengési tevékenység 80%-a a Csendes-óceán térségében, az Andezitvonal körzetében jön létre. Megállapítható, hogy a Föld hipertermikus területeinek is kb. ennek az aránynak megfelelő, túlnyomó része tekinthető szerkezetileg az Andezitvonalhoz kapcsoltnak.

7. ábránk Ujzélántól Japán, Kamcsatka, Észak- és Közép-Amerikán át Dél-Amerikáig szemlélteti a Cirkumpacifikus öv hipertermális zónáinak az Andezitvonal menti fekvését.

Az előző fejezetben a földkéregvastagságok alapján megállapítottuk, hogy az észak-amerikai kontinens nyugati felében az Andezitvonal már a Sierra Nevada és a Coast Ranges között vonul, és az óceáni kéregfelépítés már a kontinens nyugati szélén kezdődik, amint azt a 6. ábrán feltüntettük.

A hipertermális zónáknak az Andezitvonalhoz kapcsolt volta arra enged következtetni, hogy azok az intenzív földrengési tevékenység által jelzett mélytöréses kontinentális-óceáni átmeneti területekhez kötöttek.

Az eddig végzett szeizmológiai vizsgálatok eredményei szerint az Andezitvonalhoz kapcsolt hipertermális zónák helyein legkisebb a földkéreg vastagsága (pl. Észak-Amerika 16 km, Kamcsatka—Japán 14,5 km, Ujzélánt 18,1 km).



7. ábra. Az Andezitvonal és a hozzákapcsolt hipertermális zónák

1. Hipertermális terület
2. Andezitvonal

IRODALOM

1. SCHEFFER, V.: Geophysical Investigation of the Geothermal Zones of the Earth. *Acta Techn. Hung.* 47 (1964), 409–430.
2. SCHEFFER, V.: On some problems of the regional Geophysics of the Carpathian Basins. *Annales Univ. Sc. Budapestiensis de R. Eötvös nom. Sectio Geologica V.* (1962), 127–138.
3. PERTESSIS, M. L.: Les eaux minérales de l'île de Lesbos. Athènes 1932.
4. PERTESSIS, M. L.: Les eaux thermominérales de Grèce. Athènes 1937.
5. HEISKANEN, W. A.: Geodetic research in Finland. Public lecture of Dr. Heiskanen W. A. on August 1, 1960, in the XII. General Assembly of the I. U. G. G. in Helsinki.
6. CATALDI, R.: Személyes közlés 1964. év áprilisában.
7. PERONACI, F.: Il Terremoto di Jenice del 18. III. 1958. *Ann. di Geof.* (1957), 97. Róma.
8. DE BRUYN, I. W.: Isogam Maps of Europe and North Africa. *Geophysical Prospecting V.* 3 (1955), 1–14.
9. SCHEFFER, V.: The European Values of Terrestrial Heat Flow. *Rivista di Geofisica e Meteorologica XIII.* (1964), 99–103. Genova.
10. STUART, D. J., ROLLER, J. C., JACKSON, W. H., MANGAN, G. B.: Seismic Propagation Paths, Regional Traveltimes and Crustal Structure in the Western United States. *Geophysics XXIX.* (1964), April, 178–187.
11. RICHTER, C. F., GUTENBERG, B.: Seismicity of Southern California. CONTRIBUTION N. 627 Division of the Geological Sciences, California Institut of Technology, S. Francisco 1955.
12. DECIUS, L. C.: Geological Environment of Hyperthermal Areas in Continental United States and Suggested Methods of Prospecting them for Geothermal Power. *United Nations Conference on New Sources of Energy, Rome 1961.*
13. ELIZONDO, I. R.: Prospection of Geothermal Fields and Investigations Necessary to Evaluate their Capacity. *United Nations Conference on New Sources of Energy, Rome 1961.*

14. HORAI, K.: Studies of the Thermal State of the Earth. The 13th Paper: Terrestrial Heat Flow in Japan. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*. 42, Part 1, March 1964.
15. KANAMORI, II.: Study of the Crust — mantle Structure in Japan. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*. 41, (1963)
16. KAMINUMA, K.: Crustal Structure in Japan from the phase Velocity of Rayleigh-Waves. *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*. 42, Part 1, March 1964.
17. UYEDA, S. és HORAI, K.: Terrestrial Heat Flow in Japan. *Journal of Geophysical Research*, 69. N. 10, May 15, (1964), Richmond, Virginia USA.
18. HEISKANEN, W. A.: The Gravity Anomalies on the Japanese Islands and in the Waters East of them. *Annales Acad. Sc. Fennicae. SER. A. III. Geol.-Geogr.* 8. Helsinki 1945.
19. STEINHART, I. S., MAYER, R. P.: Explosion Studies of Continental Structure. *University of Wisconsin*, 1956—1959. Washington D. C. 1961.
20. VEITSMAN, P. S., GALPERIN, E. I., ZWEREW, S. M., KOSMINSKAYA, L. P., KRAKSHINA, R. M.: The Structure of the Earths Crust in the Transition Zone from the Asiatic Continent to the Pacific Ocean. *Intern. Geol. Congress XXI. Session. Report of Soviet Geologists, PART II. Geophysics, Deep Structure of the Earth according to Geophysical Data.* Moscow 1960.
21. BORISZOV, A. A.: Morfologia Powerchnoszti Mohorovicica i ee Sztrukturhoe Znaecsenie. *Sovietskaja Geologia* (1964) Moszkva. 3—23.
22. CALOI, P.: La crosta terrestre, dagli Appennini all'Atlantico, ricostruita sulla base dei rilievi sismici. *Annali di Geof.* XI. N. 3—4, 249—264, Roma 1958.
23. FILIPPO, D., PERONACI, F.: Struttura della crosta terrestre nelle Prealpi Lombarde—Venete, quale risulta dallo studio del terremoto del Garda del 19. febbraio 1960. *Annali di Geof.* XIV, No 4, Roma 1961.
24. PETROV, P.: Geotermichnite usloviya i s'vremennite khidrotermi v yuzhna Bulgariya, (The geothermal conditions and actual thermal waters of south Bulgaria, with German abstract), *Bulgarska Geol. Druzhestvo Spisanie*, 24, Part 3, (1963) 285—298.
25. TANNI, L.: On the Continental Undulations of the Geoid as determined from the present Gravity Material. *Annales Ac. Sc. Fennicae SER. A. III. Geol.-Geogr.* 16. Helsinki 1948.

A BAKONYI JURATENGER KÁVÁSHEGY-LÓKUTI RÉSZE NEK BIONÓMIAI VONATKOZÁSAI A FÁCIESVÁLTOZÁSOK TÜKRÉBEN*

IV. RÉSZ: BAKONYI FELSŐ LIÁSZKÉPZŐDMÉNYEK BIONÓMIAI ÉS ÜLEDÉKFÖLDTANI VONATKOZÁSAI

KOVÁCS LAJOS

A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. november 6-án]

E tanulmány a negyedik abban a sorozatban, amelyet a fenti egységes cím fog össze. Az első rész a *VI. Oszt. Közleményeinek* 32. kötetében (1963 [10]), a második és harmadik rész pedig 35. (1965 [11]) és 36. (1965 [12]) kötetében jelent meg. A középső liász bionómiai, üledékföldtani és fáciesviszonyait tárgyaló utóbbi részhez csatlakozik szorosan, annak folytatásaként, a negyedik részt alkotó jelen tanulmány. Az első részben közölt földtani térkép, földtani szelvények, táblázatok erre a részre is vonatkoznak, a rájuk történő utalások egy-részt e részek közti szoros kapcsolatot hangsúlyozzák.

2.3. Felső liász (*Toarci emelet*)

2.3.1. *A Posidonomya bronni szintjének legalsó része.* A doméri időszakasz lezárultával, ill. már a felső liászt bevezető *Posidonomya bronni* idejének beköszöntével, a korábban kissé kimélyült, feltehetően 160–180 m mélységű neritikus tenger bionómiai viszonyaiban beállott jelentékeny változást tükröznek a vörös cephalopodás mészkőre (12)¹ közvetlenül rátelepülő, a rétegtani fejezetben röviden vázolt ([10] p. 81) kávéshégyi legidősebb felső liászrétegek.

A doméri időszakasz csendes vizű tengere élénkebb vízmozgásúvá válik, ami az éghajlati viszonyok megélenkülő változásaival, ezzel párhuzamosan valamely tengeráramlás erre terelődésével hozható összefüggésbe. Ennek következtében a tengerfenék faunája is kicserélődik: a korábbi fenéklakó *Ammonites* eltűnnek s a fenékszint javuló átszellőződése során egyre inkább a *Crinoideák* helyhez kötött tenyésztői foglalnak teret. Erről tanúskodik a mindössze 2 m vastag „friss” tengerfenéki ([10] p. 78) lerakódás különböző fokban, de általában nem feltűnő mértékben krinoideás jellege; a mélyebb szakaszban a *kovaszivacsok* tömeges megtelepedésére és elszaporodására is sor került, ugyanakkor pedig az *Ammonites*-maradványok teljesen hiányoznak belőle.

E mészkő (14) általában barnás, de az egyes rétegtagokat tekintve a vöröses és rózsaszín különböző árnyalataival kombinált színe, a domérinél idősebb liásztagokhoz viszonyítva, a vastartalom nagyobb %-arányára mutat, amit az egyik krinoideás jellegű mangános rétegtagból vett kőzetminta elemzési adata ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,10\%$) is alátámaszt (MARTON, 1947 [14]; [10] p. 86, I. sz. táblázat). Ezt a korábban mondottak értelmében még az erősen csapadékos

* 1958. február 14-én megvédett kandidátusi értekezés.

¹ Az egyes képződmények megnevezése után zárójelbe tett számok az összehasonlító szelvénytáblázat jelmagyarázatának a sorszámaira vonatkoznak ([10], I. a 81. oldal előtti táblázatot).

éghajlat bizonyítékának kell tekintenünk a *Posidomya bronni* idejének kezdetén is. Ennek megfelelően feltételezhető, hogy a tengervíz Mn-koncentrációja is ekkor érte el tetőfokát.

Szerző régebben a Földtani Intézet 1943. évi egyik vitaülésén tartott előadásában is kifejtette (1943—1951 [6] p. 204), hogy a kávéshégyi felső liászcsoporthoz tartozó legmélyebb tagja a tengeri üledékképződéssel egyidejűleg végbement erősebb fokú mangánércképződés bizonyítékait tárja elénk az egyik vörössészürke, krinoideás jellegű rétegtag sűrűn beágyazott, diónagyságú mangángumóinak, több cm vastag mangánérc-közbeiktatásainak a képében. Magát a tömött kőzetanyagot is a kivált mangánérc finomabb-durvább szemcséinek az egyenetlen eloszlása jellemzi, ami különösen nagyítóval figyelhető meg jól, sokszor azonban szabad szemmel is. Ilyen helyeken a kőzet füstszürkés árnyalatú. Egyik ilyen mangános rétegtagból vett kőzetminták MARTON (1947 [14]) elemzése szerint 0,37% MnO_2 -t mutattak ([10] p. 86, I. sz. táblázat); e %-érték átszámítva 3700 g/t MnO_2 -, ill. 2340 g/t Mn-mennyiségnek felel meg. Egy másik kevésbé mangános rétegtagra vonatkozó elemzési adat 0,07% MnO_2 -t mutatott ki, ami átszámítva 700 g/t MnO_2 -, ill. 442 g/t Mn-mennyiséget jelent. Tehát ez is valamivel még mindig nagyobb érték, mint a SZÁDECZKY-KARDOSS (1955 [22] p. 387) által mészkőre vonatkozóan közölt 385 g/t átlag Mn-tartalom.

Arra kell gondolnunk, hogy a *Posidomya bronni* idejének kezdetén is lényegében véve az előzőekben tárgyaltakkal azonos feltételek mellett következett be a mangánkicsapódás. Ez a folyamat azonban, az *Ammonites*-tetemek elszigetelt pontokon történt bomlása révén végbement mangánkiválással szemben, jóval tartósabb volt, amely egyben a mangánérc nagyobb fokú feldúsulását is eredményezte. Fel kell tehát tételeznünk, hogy az ekkori éghajlati viszonyoknak, főleg a légáramlatokra vonatkoztatott, fentebb körvonalazott változékonyságával kapcsolatban, a tengermedence víztömegeinek egyébként sem nagyon erős mozgatottsága a mangánkiválás idején csökkent s az egyenetlen tengerfenék mélyedéseiben az elpusztult szervezetek bomlása nyugodt feltételek mellett mehetett végbe. Itt azonban a bomló szervezetek nem elpusztult *Ammonites*ek voltak; jóval nagyobb mennyiségű szerves anyag bomlásának kellett többé-kevésbé egyenletesen szolgáltatnia a mangánkiválás folyamatosságát biztosító ammóniát, ill. ammóniumhidroxidot, amely folyamat egyben — mint fentebb láttuk — megindította a mangánkoncentráció megbomlott egyensúlyának helyreállítására törekvő diffúziós áramlást s így a kicsapódó mangánvegyület helyi feldúsulását vonta maga után.

Az általában jól átszellőzött medencerész fenékmélyedéseiben végbement bomlás nem befolyásolhatta hátrányosan a fenékszint redoxpotenciálját, ami már a kőzet színéből is kitűnik, de a kicsapódott mangánvegyület végső fokon oxidos formába való átmenetéből is.

MARTON M. (1947 [14]) a liászszorozathoz vett kőzetmintákat, a kémiai

elemzés elvégzésével párhuzamosan, vékonycsiszolatokon is megvizsgálta. A szóban forgó vörössesszürke, mangános, krinoideás jellegű mészkő (14) néhány vékonycsiszolatával kapcsolatban megjegyzi, hogy az aprószemcséjű, tömött szerkezetű mészkő helyenként, vagy teljesen átkristályosodott; az egyes kalcit szemek átlag 0,2—0,4, ill. 0,2—0,8 mm átmérőjűek. Utóbbi esetben sok *Foraminiferát* is megfigyelt a csiszolatban. A mi szempontunkból valószínűleg ezek jöhetnek különösebben tekintetbe. Ugyanis a mészkő a különböző, de nem feltűnő mértékben elszaporodott, gyengén fejlett *Crinoideák* mellett egyéb makrofaunaelemet nem tartalmaz s feltehető, hogy a fenéklakó életközösség jelentős hányadát a *Foraminiferák* tették ki. Ezeknek a pusztuló tömegében, az említett alkalmas feltételek mellett végbement bomlási folyamattal hozhatjuk itt összefüggésbe a mangánkiválást, ill. a mangánércképződést.

Gyakorlati vonatkozásban végkövetkeztetésként azt lehetne levonni a mondottakból, hogy a *doméri* vörös gumós mészkő *tarka cephalopodás fácies*ben való kifejlődése különösebb figyelmet érdemel, mert jelzi az egykori tenger vizének *fokozott Mn-koncentrációját*. Az *Ammonites*-fauna elpusztult egyedeinek a fenéken történt szórványos beágyazódása és elszigetelten végbement bomlása mennyiségileg is jelentékeny mangánkiválást, ill. feldúsulást még nem eredményezhetett. Ellenben a felső liász kezdetén, amikor a bionómiai viszonyok változásával tömegesen jelennek meg és szaporodnak el a mikrofaunaelemek, amelyek állandó pusztulásukkal jelentékeny mennyiségű bomló szerves anyagot szolgáltatnak, a kedvező feltételek együttes jelenléte esetén már fokozott mértékben következtethetünk be a mangánkiválásra, ill. a helyi feldúsulásra.

A mondottakkal kapcsolatban felvetődhetik a kérdés — anélkül azonban, hogy behatóbb taglalásába bocsátkoznánk, minthogy nem is tartozik szorosan a témához —, hogy az eplényi és úrkúti mangánércképződés, ill. a mangánérc fokozottabb mérvű helyi feldúsulása nem hozható-e összefüggésbe a fent vázolt jelenségekkel magyarázható *diffúziós áramlással*. Ebben az esetben az adott helyeken az egyenetlen tengerfenék kiterjedtebb, üstszerű bemélyedéseit kellene feltételeznünk, amelyek a fenékszint rájuk szorító víz tömegeinek nyugalmi állapotát biztosíthatják. SIKABONYI (1954 [21] p. 162) közléséből, amely az eplényi mangánbánya érces szintjének rétegsorára vonatkozik, a mélyebb részében beágyazott oxidos mangánérc tömböket tartalmazó sárga agyagcsoport fölött települő fekete agyagot tekintve, olyan bionómiai viszonyok tükröződnek, amilyenek az általában jól átszellőzött bakonyi liásztengerben merőben szokatlanok. A fekete agyag, amelynek SIKABONYI szerint nagy a szerves anyag tartalma s néha gáztartalma is, már a fenékszint bionómiai feltételeinek erős leromlásáról tanúskodik az oxidos mangánérc kiválása után és SCHMIDT értelmezésében „*renyhe*” tengerfenéki ([10] p. 78) lerakódásnak tekinthető. Ez azonban, kétségkívül körülhatárolt elterjedésénél fogva, elszigetelt jelenség, amely elszigetelődés az általában jól átszellőzött környezettől a tengerfenék üstszerű bemélyedésével magyarázható.

SIKABONYI az eplényi bánya érces szintjének közvetlen fekvőjeként alsó liázmészkövet jelöl meg. NOSZKY (1952 [10]) viszont a mangánösszletnek bányafeltárások és a környező fúrások anyagvizsgálata alapján összeállított rétegsorában a mangántartalmú rétegek közvetlen fekvőjeként középső liász-korúnak megadott csárdahegyi típusú brachiopodás mészkövet szerepeltet. A középső liázon belül közelebbi rétegtani megjelölést nem ad. Mint hogy a bakonyi liászszorozat azonos rétegtani helyzetben is mutatkozó nagy fáciesgazdagsága alapján elfogadható lenne a fekü brachiopodás mészkő középső liázkora, ez legfeljebb csak a *pliensbachi* alemeletbe volna beosztható, mert általában a *doméri* alemelet képviselőjében egységesen kifejlődött — *adnети*, vagy *tarka cephalopodás fáciesű* — vörös gumós cephalopodás mészkő a korábbi fácieskülönbségeket eltünteti, mint fentebb már rámutattam. Az ilyen brachiopodás mészkő e területrészen inkább az alsó liászba kívánkozik ([10] l. a rétegtani fejezetet s az összehasonlító szelvénytáblázatot!). Ez pedig azt jelenti, hogy itt a középső liásznak legalábbis részleges hiányával kell számolnunk.

VADÁSZ (1952 [25] p. 232) megállapítása szerint az eplényi mangánérc kifejlődési területén régebben lemélyített kutatóaknak közül 7 kutatóaknában a mangán közvetlen fekvője alsó liász vörös krinoideás-brachiopodás mészkő, míg az északibb részben középső liász táblás mészkő. Az előbbi bizonyára azonos a VADÁSZ által a továbbiakban a mangános agyagösszlet fekvőrétegeiként megjelölt halványvörös alsó liász brachiopodás mészkővel, az utóbbi pedig a középső liász rózsaszínű vagy húsvörös gumós-táblás ammoniteszes mészkővel (i. h., p. 235). Eszerint a közvetlen fekvőtagokban, bár közelebbi szintmegjelölés nélkül, a középső liász is képviselt részlegesen.

VADÁSZ, rámutatva a települési viszonyokban felismert eme tényekre, arra következtet, hogy a középső liász végén a mészképződést eredményező üledékképződés menetében szünet (*omisszió*) állt be, ezt pedig nagymérvű mészsoldódás (*disszolúció*), egyben vele párosult mechanikai lepusztító hatás (*derepció*), ill. e kettőt összegző üledékmosás (*ablúció*), sőt kifejezett tenger alatti mállás (*exézió*) követte. E jelenségek okát hideg vízű, ennél fogva a fokozott mészsoldódást biztosító fenékáramlásban látja, egyben pedig szerinte a lokalizált nagymérvű tenger alatti kioldódás magyarázza a mangán anyagának jelenlétét, ill. helyi feldúsulását (i. h., p. 247). A mészsoldó hideg víznek a meszes üledékképződést megakadályozó hatása VADÁSZ szerint egyidejűleg magyarázatot ad a pelites üledékképződésre is.

Azok a következtetések, amelyek a liáztengernek a kávahegyi szelvény felső liászkezdeti szakaszából tükröződő bionómiai és mélységi viszonyainak fentébbi kiemlése során levonhatók voltak, VADÁSZ alábbi megállapításaival egybehangzóak. VADÁSZ megállapítja, hogy a mangános rétegek fekvőjét képező mészkőösszlet nagymérvű egyenlőtlen kioldódása a tengerfenéknek a felszíni karsztos formákkal azonos jellegű, egyenetlen felületét eredményezte. Ezt véve figyelembe, megvolt a lehetősége annak, hogy a tengerfenék üstszerű

bemélyedéseit kitöltő s így a környezetüktől ebben az értelemben elszigetelődő, nyugodt víztömegek a mangánkiválás számára kedvező feltételeket biztosítanak. Megállapítja VADÁSZ, hogy a mangánt kísérő agyagrétegek szöveti jellege „már magában véve, egészen csendes vízben történt leülepedésre utal”. Megállapítja továbbá, hogy a bakonyi mangánösszlet „a partoktól távolabbi nyílt sekély tengerben keletkezett, durva terrigén anyag nélkül.” (i. h., p. 249)

SZÁDECZKY-KARDOSS E. (1955 [22] p. 390) a vas és mangán oldódási viszonyaival — hivatkozva VADÁSZ megállapítására — ugyancsak rámutat arra, hogy a hazai üledékes mangánércetek tekintetében nyíltabb tengerben történt lerakódással van dolgunk. A bakonyi juratengernek az egykori partoktól valóban távoli fekvését, mint azt a szerző másutt részletesebben is kifejtette (1955 [8]), a kávéshegyli liásközetek oldhatatlan maradék vizsgálatának fentebb ismertetett elemzési adatai is alátámasztják ([10] p. 87, II. sz. táblázat).

Önmagában véve mind VADÁSZ, mind pedig SZÁDECZKY-KARDOSS okfejtése logikusan vezet végig a mangánkiválás folyamatának lehetőségét. Azonban úgy látszik, hogy ebben a folyamatban nem hagyhatók figyelmen kívül azok a bionómiai feltételek sem, amelyek egykori jelenlétére éppen a fiatalabb középső liász tarka cephalopodás fáciesű mészkövébe elszórtan beágyazott, piroluzittal átítatott, vagy bekérgezett *Ammonites*-maradványok figyelmeztetnek. A velük kapcsolatban kifejtett diffúziós áramlás feltételezése természetesen csupán a megfigyelt tényre alapított elméleti elgondolás, amelynek helytállóságát, vagy tarthatatlanságát a hazai mangánércképződés kérdésének tisztázására irányuló kutatások eredményei majd eldöntik. Annyi azonban máris bizonyosnak látszik, hogy az *Ammonites*-kőbeleket átítató MnO_2 képződése elsődleges kiválási folyamat végeredményeként fogható fel s nincs összekötve ezt megelőző karbonátos mangánércképződéssel.

MARTON M. (1947 [14]) a világosbarna mangángumós mészkő (14) mintáin végzett elemzése során az oldhatatlan maradék igen változó s a mélyebb liásztágokhoz viszonyítva feltűnően nagyobb %-értékeit mutatta ki ([10] p. 87, II. sz. táblázat). Megjegyzi, hogy valamennyi oldhatatlan maradékban „összetapadt apró kvarcsemcsék halmaza és néhány nagyobb kvarc figyelhető meg.” MARTON hivatkozik FÖLDVÁRI (1933 [3]) megfigyelésére, amely szerint az eplényi mangánbánya területén a fekümeszkő karsztos jellegű felületén kiemelkedő részletek kovasav kérgéből készült egyes vékonycsiszolatokban szivacstűk ismerhetők fel, másutt viszont határozottan arra kell gondolni, hogy kovasavas gélnek az ércképződés folyamán történt kicsapódásáról van szó. Ezzel kapcsolatban MARTON rámutat arra, hogy a legnagyobb kovasavértéket a mangánnal átítatott közetmintákban találta s felveti a kérdést, hogy a kovasavas kiválás és az ércképződés között nincs-e valamilyen genetikuss összefüggés. Egyben megállapítja azt is, hogy ez a kovasav, ill. oldhatatlan maradék, semmiképpen sem tekinthető detritogén származásúnak. E megállapí-

tás helytállósága a kőzet minőségéből is kitűnik. A Káváshegynek azon a pontján, ahol e képződmények felszínre jönnek, többek közt kovás oldattal átítatott, gyengébben krinoideás jellegű mészkődarabok, továbbá mangánérc-bevonatos, sőt vastagabb bekérgezést mutató tűzkőtörmelék, voltak megfigyelhetők.

A bakonyi mangánérképződés tárgyalása során VADÁSZ (1952 [25] p. 245, 248) is felveti a mangánkiválás kovasavval való kapcsolatának a kérdését s megállapítja, hogy az oxigénes közegben oxidként, gélalakban, utólagos részleges kristályosodással történt mangánérckiválást epigenetikus kovasavas, kalcedonos kiválás kísérte.

SZÁDECZKY-KARDOSS (1955 [22] p. 394) a mangánkiválás okát, mint fentebb láttuk, nagy p_H -különbségű vizek érintkezésében látja, amikor a kis p_H -jú, mangán- és kovaoldatot szállító tengeráramlás vize a nagyobb p_H -jú tengervízzel való érintkezés, ill. keveredés következtében a mangán s vele együtt a kova kiválásának kedvező lúgossági fokot eléri. A mangánkiválással párhuzamosan történő kovasavfeldúsulás magyarázatát ennél fogva e kettő nagyjából azonos p_H -érték mellett bekövetkező kicsapódása adná meg. Figyelembe véve azonban a fentebb említett eplényi fekvőmészkőrészletek FÖLDVÁRI által megfigyelt kovasavas bekérgezéseit, a káváshegyi kovás átítatottságú mészkődarabokat s a mangánbekérgezéssel tűzkőtörmelékét, a kovasavkicsapódás valamivel alacsonyabb p_H mellett kissé megelőzhetette a mangánkiválást.

A káváshegyi szelvényben a mangánércképződéssel jellemzett mészkőre ismét a bionómiai viszonyok módosulásáról tanúskodó, még mindig a *Posidonomya bronni* idejének elején lerakódott sárgásszürke, lemezes, durván krinoideás mészkő (15) 0,5 m-es rétege települ. Ez már mentes a mangánkiválástól (17). E mészkőnek az előbbi rétegtag felé mutatkozó kifejezett díszkontinuitás és fáciése alapján arra következtethetünk, hogy az egykori tengermedenceresz, a mélységi viszonyok változatlansága mellett, ismét tengeráramlás hatása alá került, ami a *Crinoideák* nagy tömegben való hirtelen megjelenését eredményezte. A „friss” tengerfenéki lerakódásnak minősülő kőzet színe, az idősebb liásztagokhoz viszonyítva, erősen megcsappant vastartalomra utal. Feltételezhető, hogy az éghajlat általános minőségben, amelynek az előző időszakokban még erősen csapadékos jellege a tengervíz oldott vastartalmát állandóan növelte, már a felső liász elején jelentékeny változás áll be.

Feltűnő, hogy a Lókúti domb kezdeti szakaszának mindkét rögében a felső liász alján jelentkező, a mangános taggal jellemzett káváshegyi csoportnak megfelelő, vékonyan rétegzett ibolyásrózsaszín és ibolyásszürke krinoideás mészkő (13) egészen vékony (10–15 cm; KOVÁCS, 1936 [4]; TELEGDY ROTH, 1934 [23]). Mind a fekvőjét képező vörös gumós cephalopodás mészkő (12) felé, mind pedig a fedőben települő világossárgásszürke táblás posidinomyás jellegű mészkő (16) felé éles díszkontinuitás észlelhető. Ez a tény kétségkívül tengeráramlással hozható összefüggésbe, amely egyrészt a korábbi nyugodt

tengermedencerész fenéklakó *Ammonites*-faunájának az eltűnését, majd a *Crinoideák* rövid ideig tartó átmeneti megtelepedését, másrészt pedig a *Posidonomyák* tömegesebb megjelenését eredményezte.

Ugyanis a szóban forgó vékony mészkőréteg csekély vastagságánál fogva nem jelölhet meg az említett kávashegyi, kb. 2 m vastag, mély felső liásztaggal azonos időtartamot. Sőt viszonylag nem sok kellett volna ahhoz, hogy a Lókúti domb szelvényében e rétegtag kimaradásával üledékképződési hézag álljon elő. Feltételezhető tehát, hogy a felső liász bazális tagjának lerakódása idején, a tengermedencének ezen a részén, az üledékképződés folyamatának s a tengeráramlás elsodró hatásának kiegyensúlyozottsága az üledékanyag lerakódásának túlnyomó kimaradásában, omisszióban jutott kifejezésre. Ez alatt az idő alatt, az említett vékony krinoideás réteg lerakódására szorítkozva, esetleg csak rövid átmeneti időre csökkenhetett az áramlás elsodró ereje, vagy módosulhatott némileg az iránya. A Kávashegy és a Lókúti domb liászszelvényében kifejezésre jutó jellegek nem egységes tengermedencerészt jelölnek meg. Az egykori liásztengernek egymástól távolabb eső részében rakódhattak le azok az üledékek, amelyek később tektonikai mozgások, főleg horizontális eltolások következtében kerülhettek mai, egymással közvetlenül szomszédos helyzetükbe (Kovács, 1936 [4], 1951 [6]).

Mindenesetre a Lókúti domb liászszelvénye által megjelölt medencerész nem tartozott a mangánéréképződéssel jellemzett, feltételezhetően tengeráramlástól mentes, csendes vizű medencerészhez, amely utóbbi területen csak a mangánkiválást követő időben valószínűsít egészen rövid átmenetű, az üledékképződést a továbbiakban nem akadályozó tengeráramláshatást a fentebb említett sárgásszürke krinoideás mészkő éles fáciesseltérése. Ez a magasabb helyzetű felső liász bazális rétegtag a Lókúti domb szelvényében szintén hiányzik.

A sárgásszürke krinoideás mészkő (15) oldhatatlan maradéka MARTON M. elemzése szerint az idősebb liásztagokhoz viszonyítva 1,78—2,73% közt ingadozó nagyobb értéket mutat ([10] p. 87, II. sz. táblázat), s e tekintetben a közvetlen alatta fekvő világosbarna leveles, mangángumós mészkőcsoporthoz (14) csatlakozik, bár annak feltűnően tág határok közt ingadozó nagyobb %-értékét nem éri el.

A korábbi lerakódásokhoz viszonyítva a kőzet színében is kifejezésre jutó, észrevehetően lecsökkent vastartalom arra enged következtetni, hogy az éghajlat eddigi fokozott csapadékos jellege megszűnik s általában szárazabbá válik. A tengervíz oldott vastartalma, amely az eddigi üledékképződés során kiválva az üledékeket feltűnően színezte, már nem kap megfelelő utánpótlást. A feltételezhetően ilyen értelemben megváltozott éghajlati viszonyok a jura további szakaszában, eltekintve közbeiktató csapadékosabb időszakasztól, általában tartósakká válnak az itt kifejlődött magasabb helyzetű rétegtagok minősége után ítélve ([12] 2. ábra).

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy az ilyen, a juratengernek a bakonyi részt sokszorosán túllépő, kiterjedt területén egyidejűleg érvényesülő hatások tekintetében csupán egy kis területrészen figyelembe vett üledéksorból levont következtetések alapján általánosítani talán túlzottnak látszik. Ugyanis az Északi Bakony területén is találkozunk olyan felső liásmészkkővel, amely kőzettani kifejlődésében a *doméri* vörös gumós cephalopodás mészkővel egyező (TELEGDI ROTH, 1934 [22]; csernyei Tűzköves árok). Ugyanakkor azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy egyrészt a magasabb középső liásképződményeknek a fácieskülönbségeket eltüntető, általában egységes kifejlődésével szemben a felső liásztól kezdve feltűnő különbségek mutatkoznak területenként az üledékek fáciesében, színében egyaránt (világosszürkés táblás posidonomyás mészkő a Káváshegyen és a Lókúti dombon — vörös gumós mészkő a Tűzköves árokban), másrészt pedig hogy a vörös gumós mészkő a felső liászba átmenően is olyan csendes vizű nyugodt tengermedencerész létezésére utal, amely általában a fenéklakó *Ammonites*-társaságok számára biztosított kedvező életfeltételeket. Ez utóbbi feltételezhetően huzamosabban kiesett a tengeráramlások útjából, ennek következtében itt viszonylag hosszú időn át lényegileg változatlan feltételek mellett folyhatott az üledékképződés, hiszen még a dogger mélyebb része is vörös cephalopodás mészkő alakjában fejlődött ki. Viszont a lepusztulása előtt bizonyára sokkal nagyobb felszíni kiterjedésű világosszürkés táblás mészkő területén, a viszonylag elég gyakran változó tengeráramlások által mozgatott víztömeg keveredése a tengervíznek a korábbi kiválás során megcsappant, az éghajlat csapadékos jellegének alábbhagyása következtében elmaradt utánpótlás miatt pedig nem gyarapodott vastartalmát erősen felhígította, úgyhogy az a lerakott üledékek színezésében már nem játszik szerepet.

2.3.2. *A Posidonomya bronni szintjének fiatalabb része és a Lytoceras jurense szintje.* A Káváshegy és a Lókúti domb liásshelvényében a magasabb helyzetű világosszürke, kovás lemezes mészkő (16) egyaránt élesen határolódik el a fentebb vázolt idősebb felső liásztagoktól. A káváshegyi krinoideás medencerész ismét annak a tengeráramlásnak a sodrába kerül, amely a Lókúti domb liásképződményei által megjelölt medencerész területén, átmeneti rövid megszakítással, jóformán az egész felső liászkezdeti időszakaszban zavarta az üledékképződés menetét. Ezzel együtt a káváshegyi medencefenék *Crinoidea*-tenyészete eltűnik s a korábbiakkal semmiféle kapcsolatot nem mutató, *Posidonomyákból* álló új fauna népesíti be mindkét medencerészt, amelyekben a tengeráramlás elsodró hatásának csökkenésével megindult üledékképződés huzamosabb ideig nyugodt viszonyok közt, változatlan feltételek mellett folyik.

E lemezes mészkőcsoportnak, egész vastagságában megfigyelhető elkovásodott jellege mellett, főként a mélyebb tagjai, sok helyen vékony sárgásbarna tűzkőréteget, -gumókat, -lencséket tartalmaznak (NOSZKY, 1934 [15]; TELEGGDI

ROTH, 1934 [23]), amelyeknek eredete feltételezhetően kovaszivacsokkal kapcsolatos. TELECDI ROTH K. e mész-kő jellemzésében rámutat arra, hogy benne „leveles szerkezetű (helyenként sűrűn elhelyezkedett apró kagylókból álló) posidonomyás táblák” fejlődnek ki. Korábban jelen tanulmány szerzője is megemlékezett arról, hogy e mész-kő „nagyon emlékeztet az erősen összepréselt posidonomyás mész-kövek szerkezetére. Helyenként a sűrűn egymásra nyomott apró kagylóhéjak is jól felismerhetők” (1936 [4]). E kagylómaradványok vizsgálatára eddig nem került sor. Hivatkozunk itt a Déli Bakony liász-sorozatában a szóban forgó mész-kővel azonos rétegtani helyzetben kifejlődött posidonomyás rétegekre, amelyekben VADÁSZ (1911 [24]; továbbá KOVÁCS, 1943 [5], 1949 [7]) a *Posidonomya radiata Goldf.* jelenlétét mutatta ki. Valószínűnek látszik, hogy itt is ennek a fajnak a tömeges megjelenéséről van szó. Egyéb makrofaunaelemek nem is mutatkoznak benne.

Az alsó liászban kialakult posidonomyás tengermedenceresz bionómiai viszonyainak hasonlóságára (1965 [11] p. 176.) itt is arra következtethetünk, hogy a fekvő réteg felé az üledékek minőségében és faunájában egyaránt éles elhatárolódást eredményező tengeráramlás hatásának megszűntével, viszonylag rövid időn belül gazdag fenékvegetáció fejlődött ki a jól átszellőzött medencereszben, amely sűrű fenéknövényzetet a tengeráramlás közvetítésével bevándorolt *Posidonomyák* pszeudobentonikus életközössége lepi el. Kezdetben az ugyancsak bevándorolt s kedvező életfeltételekre találó *kovaszivacsok* telepei szaporodnak el, ezeket azonban a megtelepedett s egyre inkább elsűrűsödő *algavegetáció* később kiszorítja. A „friss” tengerfenéki bentogén mészszipulák lerakódásokat a tengervízből egyidejűleg kicsapódott kovaszivacsok járja át. A mangánkiválás kedvező feltételei ekkor már nincsenek meg, már csak azért sem, mert az előző nagy mangánlerakó időszakokban a tengervíz oldott mangántartalma erősen megcsappant, az esetleg megmaradt mangántartalom pedig az áramlások által mozgatott víztömegekben igen erősen felhígulhatott, egyben pedig a szárazabbra fordult éghajlati viszonyok következtében utánpótlást már nem nyert.

IRODALOM

1. BEYSCHLAG, F.—KRUSCH, P.—VOGT, J. H. L.: Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. 2. Erzlagerstätten. Stuttgart 1921.
2. DEECKE, W.: Mitteleuropäische Meeresströmungen der Vorzeit. *Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-Naturw. Kl. Abt. A.* (1923) I. Abhandl.
3. FÖLDVÁRI, A.: Die Manganzlagerstätten des Bakonygebirges in Ungarn. *Földtani Közl.* 62. (1933).
4. KOVÁCS L.: A Lókúti-domb liász-képződményeinek sztratigráfiai viszonyai. *Tisia* (1936) 1. — *Közl. a debreceni Tisza I. Tud. egyet. ásv.-földt. int.-ből* 7. (1936).
5. KOVÁCS, L.: Über eine neue *Posidonomya*-Art aus den älteren Schichten des unteren Lias im Bakonygebirge. *Földtani Közl.* 73. (1943).
6. KOVÁCS L.: A Káváshegy jurakorú üledékeinek sztratigráfiai és mikrotektonikai viszonyai. Beszámoló a Földt. Int. vitauléseinek munk.-ról (1943) 5. Nr. 1. — *Földt. Int. Évi Jelent.* 1945—47-ről 2. (1951).

7. KOVÁCS L.: Posydonomyás rétegek kifejlődése az Északi Bakony alsó liászcsoportjában. *Acta Geol. et Palaeont. Editio Inst. Min. et Geol. Univ. Debrecen* 1. (1949).
8. KOVÁCS, L.: Die mesozoische Paläogeographie Transdanubiens. *Bányamérn. és Földmérő-mérn. Karok Közl. Sopron* 18. (1955).
9. KOVÁCS, L.: Manganerzausscheidung in den jurassischen Ammonitenmeeren. *Bányamérn. és Földmérő-mérn. Karok Közl. Sopron* 19. (1956).
10. KOVÁCS L.: A bakonyi juratenger kávashegy—lókúti részének bionómiai vonatkozásai a fáciesváltozások tükrében. I. rész: A legelső (hettangi) liászképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Osz. Közl.* 32. (1963).
11. KOVÁCS L.: A bakonyi juratenger kávashegy—lókúti részének stb., II. rész: A fiatalabb (szinémuri—lotharingiai) alsóliászképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Osz. Közl.* 35. (1965).
12. KOVÁCS L.: A bakonyi juratenger kávashegy—lókúti részének stb., III. rész: Bakonyi középső liászképződmények bionómiai és fácieskérdései. *VI. Osz. Közl.* 36. (1965).
13. KUENEN, PH. H.: Marine Geology. New—York—London 1950.
14. MARTON M.: A Kávashegy liászkorú mészköveinek közettani vizsgálata. Doktori disszertáció, kézirat. Debrecen 1947.
15. NOSZKY J.: Adatok Lókút község vízellátásának kérdéséhez. *Hidrol. Közl.* 14. (1934).
16. NOSZKY J.: A bakonyi mangánérc rétegtani helyzete és kutatási kilátásai. *VI. Osz. Közl.* 5. (1952).
17. SCHMIDT, H.: Die bionomische Einteilung der fossilen Meereshöden. *Fortschr. d. Geol. u. Pal.* 12. (1935).
18. SCHMIDT, H.: Bionomische Probleme des deutschen Lias-Meeres. *Geol. d. Meere u. Binnengewässer* 3. (1939).
19. SIDÓ M.—SIKABONYI L.: Az úrkúti és eplényi mangánérc terület mikropaleontológiai kiértékelése. *Földt. Közl.* 83. (1953).
20. SIKABONYI L.—NOSZKY J.: Karbonátos mangánüledékek a Bakonyhegységben. *Földt. Közl.* 83. (1953).
21. SIKABONYI L.: Mangánérc kutatás az úrkúti és eplényi mangánércbányák környékén. *Föld. Int. Évi Jel.* 1952-ről. (1954).
22. SZÁDECZKY-KARDOS E.: Geokémia. Budapest 1955.
23. TELECDI ROTH K.: Adatok az Északi Bakonyból a magyar középső tömeg fiatalmezozoós fejlődéstörténetéhez. *MTA Mat. és Term. tud. Ért.* 52. (1934).
24. VADÁSZ E.: A Déli Bakony jurarétegei. A Balaton tud. tanulm. eredm. I. 1. rész. Füg.: a Balatonmellék palaeont. III. 9. közl. Budapest 1911.
25. VADÁSZ E.: A bakonyi mangánérc képződés. *VI. Osz. Közl.* 5. (1952).
26. VADÁSZ E.: Magyarország földtana. Budapest 1952.

A BAKONYI JURATENGER KÁVÁSHEGY-LÓKUTI RÉSZÉNEK BIONÓMIAI VONATKOZÁSAI A FÁCIESVÁLTOZÁSOK TÜKRÉBEN*

V. RÉSZ: BAKONYI DOGGER- ÉS MALMKÉPZŐDMÉNYEK BIONÓMIAI
ÉS FÁCIESKÉRDÉSEI

KOVÁCS LAJOS

A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. november 6-án]

E tanulmány a fenti átfogó címmel megjelölt értekezésnek ötödik s egyben befejező részét alkotja. A mellékelt fejlődéstörténeti táblázat éppen úgy vonatkozik az előző részekre ([12], [13], [14], [15]), mint ahogy az azokkal kapcsolatban közölt földtani térkép, szelvények, táblázatok, grafikonok is szorosan tartoznak a befejező részhez is.

2.4. Alsó dogger. (Aaléni emelet)

2.4.1. *Lytoceras torulosum*, *Leioceras opalinum*, *Ludwigia purchisonae* szintje. A felső liászt képviselő világosszürke lemezes mészkőrétegek (16)¹ változatlan fáciesben terjednek át az alsó doggerbe is. Minthogy fedőjükben a *Stephanoceras humphriesianum* szintjének megfelelő ammoniteszes mészkő különül el (17), kétségkívül az egész alsó doggert (Da, β) képviselik (TELEGDI ROTH, 1934 [26]). Sőt még arra is gondolhatunk, hogy esetleg a középső dogger mélyebb része (D γ) is benne foglaltatik a mészkősorozatban, mert a konkordáns településű rétegeket eredményező tengeri üledékképződést szárazföldi szakasz közbeiktatódása nem zavarja meg.

A mondottak alapján megállapíthatjuk, hogy az itteni, általában nyugodtabb vízűvé vált, mélyebb neritikus (kb. 160 -- 180 m) tengermedence-résznek a felső liász alsó részében kialakult, előbb vázolt bionómiai viszonyai változatlanul érvényben voltak az egész alsó dogger folyamán.

2.5. Középső dogger (Bajóci emelet)

2.5.1. *Stephanoceras humphriesianum* szintje. A Lókúti domb kezdetén az előző korszak „friss” tengerfenéki ([12] p. 78) bentogén mészkőrétegeire fácies tekintetében élesen elütő, TELEGDY ROTH K. (1934 [26]) akadémiai székfoglalójában olvasható jellemzése szerint „világossárgás, kissé a halványrózsaszínbe hajló, helyenként almazölden foltos tömött mészkő, mondhatni ammonitbreccsa” (17) települ. A belőle kikerült s a *Stephanoceras humphriesianum* szintjére utaló *Ammonites*-fajok (*Calliphylloceras nilssoni* Héb., *Cadomites*

* 1958. február 14-én megvédett kandidátusi értekezés.

¹ Az egyes képződmények megnevezése után zárójelbe tett számok az összehasonlító szelvénytáblázat jelmagyarázatának a sorszámaira vonatkoznak ([12] l. a 81. oldal előtti táblázatot).

bayleanus Opp., — *brodiaei* Sow.) általában a bentosz életközösségéhez tartozó alakok.

Az éles fácieskülönbség, amely az egymással érintkező lerakódások faunái közti kapcsolat teljes hiányát hangsúlyozza ki, arra enged következtetni, hogy e medencerész huzamosabb időn keresztül nyugodtabb és változatlan körülmények közt folyt üledékképződését erős tengeráramlás zavarta, ill. szakította meg. Ez egyben a *Posidonomyák* kedvező életfeltételeit is megszüntethette itt, amelyek végleg eltűnnek e medencerészből.

Az eltérő fáciesű üledékek határán jelentkező diszkontinuitás arra utal, hogy a tengeráramlás hatására megszakadt üledékképződés nem indult meg mindjárt; erre csak a tengeráramlás erejének csökkenésével, vagy irányának eltéréssel kerülhetett sor. Ennek alapján, a fentebb mondottakkal ellentétben, arra is gondolhatunk, hogy az üledékképződésben beállott szünet, omiszió, éppen a középső dogger mélyebb részét, a *Sonninia sowerbyi* és *Emileia sauzei* szinteknek megfelelő rétegek lerakódását akadályozta meg. Hogy ilyen értelmű üledékképződési hézaggal valóban számolhatunk-e itt, nem áll módunkban eldönteni, minthogy a világosszürke lemezes mészkőből (16) nem ismereteseke e tekintetben támpontot nyújtó szervesmaradványok.

A később egyre gyengülő fenékáramlás közvetítésével megjelennek az *Ammonitesek*, amelyek a *doméri* időszakasz cephalopodás tengeréhez hasonló viszonyok kialakulásával jellemzett, nyugodttá vált medencerészt újra benépesítik. Az *Ammonitesek* megtelepedésének kedvező nyugodt viszonyok lehetővé teszik az újra meginduló üledékképződést, amely ennek az időszakasznak mindössze néhány méter vastag „*félfriss*” tengerfenéki ([12] p. 78) bentogén mészkőlerakódásait eredményezi (TELEGDI ROTH, 1934 [26]; NOSZKY, 1934 [19]; KOVÁCS, 1936 [6]). A csendes vizű medencerész fenékszintjének kellő oxigénellátását a fenéknövényzet biztosíthatta, mert a kőzet színe arra utal, hogy a medencefenéken lerakódott mészsizaptómegekben oxidációs folyamat ment végbe. Ezek a bionómiai viszonyok a szesszilis bentosz számára általában már nem kedvezőek, úgyhogy a mészkő faunája, ismereteink szerint, csupán a vagilis bentoszhoz tartozó, nagy egyedszámmal képviselt *Ammonites*-fajokból áll.

A mészkő színe egyben, a közvetlen megelőző időszakaszok lerakódásaival szemben, az egykori tenger vizének nagyobb mértékben megnövekedett vastartalmára utal. Ebből arra következtethetünk, hogy a környező szárazulatokon ismét a fokozottabb kémiai mállás lépett előtérbe, tehát az éghajlat ebben az időszakaszban átmenetileg ismét csapadékosabbá vált ([14] 2. ábra). Feltételezhető, hogy ezzel együtt a tengervíz oldott mangántartalma is megnövekedett s a kedvező feltételek együttes jelenléte helyenként kicsapódását is lehetővé tette. TELEGDI ROTH (1934 [26]) Palihálás pusztától ÉK-re megfigyelhető elszigetelt kis doggerkibúvást említ, amely *Ammonites*-faunája alapján a Lókúti domb előbb vázolt középső dogger mészkővével azonos korú.

Jellemzése szerint a kissé kristályos szerkezetű mészkő sajátos füstszürke színű s mangános bevonatokat és apró mangánércgumókat is tartalmaz.

A medenceresz mélységi viszonyai ugyanazok lehettek ekkor is, mint amilyenek az előző idők, főleg a *doméri* időszakasz vörös cephalopodás mészkövet (12) lerakó ammoniteszes tengerét jellemezték.

2.6. Felső dogger

2.6.1. *Bath és kallóvi alemelet.* A Lókúti domb szelvényében a *Stephanoceras humphriesianum* szintjének ammoniteszes lerakódásai fölött ismét átmenet nélküli, éles fáciesbeli elkülönüléssel települnek a felső doggert egységesen képviselő fehér, igen finomszemű, kovás, mangándendrites beszivárgásokkal, magános bevonatokkal jellemzett mészmárgák (18; TELEGDI ROTH, 1934 [26]; NOSZKY, 1934 [19]; KOVÁCS, 1936 [6]). Az alsó képződményhatáron fellépő, a közettani fácies hirtelen és mélyreható megváltozásában kifejezésre jutó éles diszkontinuitás ismét erősebb tengeráramlást valószínűsít, amelynek elsodró hatása a *Stephanoceras humphriesianum* idejének vége felé az addig csendes vizű s a fenéklakó *Ammonitesek* kedvező életfeltételeit biztosító medencereszben ismét megszakította az üledékképződést. A kedvező bionómiai feltételek megszüntével a fenéklakó *Ammonites*-fauna is eltűnt.

A középső doggert képviselő ammoniteszes mészkő pár méter vastag csoportjában a *Stephanoceras humphriesianum* szintjénél mélyebb, vagy magasabb középső doggerszintek jelenléte nem tételezhető fel. Különben is TELEGDI ROTH K. szerint az említett mészkő *Ammonites*-maradványai csupán a jelzett szintre utalnak. Előbb már szóltam arról, hogy a dogger γ -val kapcsolatban esetleg gondolhatunk tengeráramlás hatására visszavezethető omiszióval kapcsolatos üledékképződési hézagra. De ugyanez a helyzet a dogger δ magasabb szintjeivel, a *Cosmoceras garantianum* és a *Parkinsonia bifurcata* szintjeivel kapcsolatban is. Ebben az értelemben a *Stephanoceras humphriesianum* idejét követően viszonylag tartós tengeáramláshatással kell számolnunk. Vagy pedig arra kell gondolnunk, hogy ez utóbbi viszonylag rövid ideig tartó, átmeneti jelenség lehetett csupán s még a *bajóci* korszak vége felé sor kerülhetett a megszakadt üledékképződés folytatására. Ebben az esetben viszont fel kell tételeznünk, hogy a dogger δ magasabb szintjei a fedőt képező finomszemű kovás márgasorozat mélyebb részében foglaltatnak benn. Ezt a kérdést ez idő szerint őslénytani adatok hiányában eldönteni nem tudjuk. Valószínűbbnek látszik azonban az előbbi feltevés, amely szerint a dogger δ fiatalabb szintjei tekintetében üledékképződési hézaggal állunk szemben. Ugyanis az egymással érintkező üledékek vastartalmának a feltűnő színelkülönbségben kifejezésre jutó nagyfokú eltérése élénk éghajlati változásra enged következtetni, amivel kapcsolatban feltételezhető az üledékképződést is befolyásoló erősebb tengeráramlás kifejlődése.

A tengeráramlás hatásának megszűntével az egykori szárazulatsarkokról távol eső medencereszben „friss” tengerfenéki ([12] p. 78) lerakódásokat szolgáltató nyugodt üledékképződés indul meg, amely változatlanul kitart a *bath* és *kallóvi* időszakaszokon keresztül, sőt lényegileg változatlan jelleggel terjed át a malm túlnyomó idősebb részébe is. Úgy látszik, hogy fenéklakó faunának az algavegetációval benőtt fenékszint jó átszellőzöttsége ellenére sem telepedtek meg itt, mert e finomszemű márgából ilyen szervesmaradványokat eddig nem ismerünk. Ennek oka az lehetett, hogy a területében is megnövekedett, azonos bionómiai viszonyokkal jellemzett, nyugodt vizűvé vált medencébe nem jutott kellő mennyiségű tápanyag.

Mindemellett e márga nem mentes a szervesmaradványoktól. Benne radiolaritok, barna tűzkőgumók és -betelepülések figyelhetők meg (NOSZKY, 1934 [19]; TELEGDY ROTH, 1934 [29]) s WEIN (1934 [30]) szerint magának a márgának a mikrofaunája is *Radiolariák*ból áll. VADÁSZ (1952 [28]) megemlíti, hogy NOSZKY ilyen kovasavas márga mállottabb anyagából kitűnő megtartású gazdag *Radiolaria*-faunát oldott ki. E kovasavas márga ugyan nem a Lókúti domb szelvényéből való, hanem az Északi Bakonyban egy másik pontjáról (Közöskúti árok; NOSZKY, 1943 [20]), de a szóban forgóval izotópikus fáciest képvisel. E plankton szervezetek, elpusztulásuk után az iszapos fenékre süllyedve, bomlásukkal egészen kismérvű, szétszórtan jelentkező mangánkiválást idézhettek elő, ami egyben arra utal, hogy a tengervízben még az előző időszak átmenetileg csapadékosabb éghajlata következtében viszonylag jelentékenyebb oldott magántartalom volt. Gyakorlatilag is számottevő mangánércfeldúsulásra azonban már nem kerülhetett sor.

A márga fehér színe a tengermedencének a fenékszínten is jó átszellőzöttségére utal. A fenékszint magasabb redoxpotenciálját az is bizonyítja, hogy a kezdetben kivált mangánhidroxidból olyan magasabb értékű hidroxidos fázis jöhetett létre, amelyből végső fokon lehetségessé vált az oxidos formába való, diagenetikus úton történő átmenet, metszetben a kőzet fekete dendrites festődését okozva. A tengervíz oldott kovasavtartalma a magasabb pH-érték mellett ugyancsak kicsapódott, amit a kőzet kovás átítatottsága árul el.

A márga fehér színéből egyébként a vastartalom hiánya is kitűnik, amiből arra következtethetünk, hogy az előző, átmenetileg csapadékosabb éghajlatú időszakot követően ismét tartósan szárazabbá válik az éghajlat. Ennek következtében a környező szárazulatokon a tengervízbe vasas oldatokat juttató kémiai mállás háttérbe szorul. Ezzel párhuzamosan feltételezhető az is, hogy a jura időszak általában meleg éghajlatán belől a csapadékosabb időszakaszok, a gyakoribb felhőzöttség s így az akadályozott közvetlen napsugárzás következtében is, viszonylag hűvösebbek lehettek szemben a szárazabb, ennél fogva túlnyomórészt derült, erős napsugárzásos, viszonylag melegebb időszakaszokkal. A tengervíz magasabb hőmérséklete a mészkiválás fokozó-

dását, ill. a bentogén meszes lerakódások tömegének nagyobb mérvű gyarapodását eredményezhette.

Az eddigiekből tehát az tűnik ki, hogy a liász egyre csapadékosabbá s ezzel együtt bizonyos fokig viszonylag hűvösebbé váló éghajlatával szemben, amely jelleg tetőfokát a *doméri* időszakaszban érte el, a dogger éghajlata, eltekintve a középső doggerben jelentkező átmeneti visszaeséstől, általában szárazabbá és viszonylag melegebbé válik. Az éghajlati viszonyok ilyen értelmű módosulása már a felső liászban bekövetkezik.

SCHMIDT (1935 [22]) hivatkozik KLINGNER bizonyos fokig hasonló értelmű megállapítására, amely szerint a dogger éghajlata félig száraz a nedves liásszal és a száraz malmmal szemben. Ugyancsak ő utal KAYSER E. feltevésére, amelynek értelmében a liásztól a malm felé haladva szárazabbá és melegebbé vált az éghajlat, s hozzáteszi, hogy a megnövekedett mésztömegek kétségkívül a tengeri növényzet kedvezőbb életfeltételeit tételezik fel.

A *bakonyi juratenger kimélyülése* feltételezhetően ezeknek a radioláriás, finomszemű kovás mészmárgáknak a lerakódása idején érte el tetőfokát. Azonban az ekkor kialakult mélységi viszonyok bizonyára csak éppen meghaladták a neritikum 200 m-es alsó határát s nem lépték túl a fenékszint növényi vegetációjának életlehetőségeit az erősebb napsugárzás, ennél fogva a víztömegek jobb átvilágítottsága következtében valamelyest még biztosító 300–350 m-es mélységet ([14] l. ábra; l. a fejlődéstörténeti táblázatot!). E mészmárga tehát egészen *sekély batiális* lerakódásnak minősíthető.

TELEGDI ROTH (1934 [29]) a bakonyi mezozoós tengeri üledékképződés áttekintő vázolásánál rámutat a tengerfenéknek a liász kezdetétől végbe ment fokozatos kimélyülésére, a szóban forgó finomszemű radioláriás kovás márgával kapcsolatban pedig arra, hogy ezek a lerakódások „a tenger kimélyülésének maximumát jelzik.” VADÁSZ (1952 [28]) ugyanezekre a képződményekre vonatkozó s a fent mondottakkal egybehangzó megállapítása szerint is e lerakódás kétségtelenül nyílttengeri, az egykori tenger „mélysége azonban a batiális kereteken belül marad, keletkezésében a mai mélytengeri radioláriás agyag semmilyen vonatkozásban nem irányadó!”

2.7. Alsó és középső malm

E medencerészben az üledékképződés menete, feltételei a dogger-malm határon, ill. az alsó malm (*oxfordi*) átmenően is változatlanok maradnak. Éppen ezért a malm is áthúzódó, egyöntetűen kifejlődött finomszemű mangános kovás márgasorozatban rétegtani elhatárolást nem tudunk keresztülvinni. A kőzet minden egyéb bélyegének változatlansága mellett csupán a fiatalabb tagok színe módosul; ezek rózsaszínűek [19]. Hogy azonban a szín megváltozása melyik emeletnek megfelelően következik be, szintjelző faunaelemek hiányában nem tudjuk eldönteni.

Az alsó és középső malmot is képviselő márgából, mint „*friss*” tengerfenéki lerakódásból tehát az itteni tengermedencerésznek lényegileg a felső doggeréihez hasonló bionómiai és mélységi viszonyai tükröződnek. A márga színének említett megváltozásából csupán arra kell következtetnünk, hogy a tengervíz oldott vastartalma az éghajlatnak a kémiai mállást ismét előtérbe helyező csapadékosabbra fordulása következtében megnövekszik ([14] 2. ábra). A középső malmban (*kimmeridge*) kétségkívül tart ez a folyamat.

2.8. Felső malm

2.8.1. *Alsó titón.* A finomszemű rózsaszín mangános kovás márga (19) lerakódását követően a sekély-batiális jellegű tengermedencében hosszú időn át változatlan feltételek mellett folyt üledékképződés nyugodt menete megszakad. Ugyanis a fedőben települő vörösesrózsaszín, vörös tűzkőgumókat és -betelepüléseket tartalmazó gumós cephalopodás mészkő (20) nem fokozatosan fejlődik ki a rózsaszín márgasorozatból, hanem a fácies hirtelen megváltozása éles diszkontinuitásban jut kifejezésre. Ezt a tényt ismét e medencerészen átmenetileg fellépő tengeráramláshatással kell kapcsolatba hoznunk, amelyre a túlnyomórészt bentonikus fajokból álló *Ammonites*-fauna (WEIN, 1934 [30]; *Ptychophylloceras ptychoicum* Quenst., *Lytoceras quadrilucatum* d'Orb., — *sutile* Opp., *Haploceras staszycii* Zeuschn., — *elimatum* Opp., — *verruciferum* Mgh., *Aspidoceras cyclotum* Opp., — *rogoznicense* Zeuschn., *Perisphinctes gevreyi* Touk., — *exornatus* Cat., — *geron* Zitt.) hirtelen megjelenése is visszavezethető. A thanatocönózisban olyan *Ammonites*-fajok is szerepelnek alárendelten, amelyek vázalkotásuknál fogva inkább nektonikus alakoknak minősíthetők (*Zetoceras serum* Opp., *Holcophylloceras silesiacum* Opp.).

A tengeráramlás hatásának megszűntével ismét nyugodt vizűvé vált medencerész „*félfriss*” tengerfenéki lerakódásaiból a középső liász *doméri* időszakaszának cephalopodás tengermedencéjét jellemző bionómiai és mélységi viszonyok tükröződnek. Az *Ammonites*ek kedvező életfeltételeit biztosító csendes vizű medence kellő oxigénellátásáról főleg a fenékvegetáció asszimilációs tevékenysége gondoskodott. A mészkő vörös színe a fenékszint magas redoxpotenciáljára utal. A medencerész oxigénnel való kellő ellátottsága már a lehorgonyzó *Pygope diphya* Col. szórványos megtelepedését is lehetővé teszi. A gumós szerkezet pedig, a középső liász vörös gumós cephalopodás mészkővének analógiájára, feltételezhetően itt is mészalagaktól származik. A mészkő vörös színe egyben amellet is tanúskodik, hogy a malm középső szakaszában az itteni üledékképződést közvetve befolyásoló szárazulatrész kétségkívül nedvesebbé vált éghajlatának csapadékosabb jellege még ekkor is megvan.

A mondottakból az is kitűnik, hogy a medencerész mélységi viszonyai is módosulnak a korábbi sekély-batiális jelleghez képest, amennyiben ismét a 200 m-en belül maradó mélyebb neritikus viszonyok alakulnak ki. Feltételez-

hető, hogy a középső malm lezárultával az *új-kimmériai* kéregmozgások szinorogén hatására a medencefenék fokozatos emelkedése indul meg, ami később a titóntenger kifejezettebb elsekélyesedésére vezet. WEIN (1934 [30]) ugyancsak arra mutat rá, hogy e titónrétegek lerakódásakor „a tengerfenék már kiemelkedés stádiumában volt.”

2.8.2. *Felső titón.* A titón felső részét képviselő, általában fehér, gumós, barna tűzkőgumókat és -betelepüléseket tartalmazó cephalopodás mészkő (21) padjai az előbbi vörös cephalopodás mészkőből fejlődnek ki. E medencerész területén tehát az egész titón folyamán megszakítatlan, zavartalan üledék-képződés folyt, amely — a kőzetminőséget és a WEIN által ismertetett fauna összetételét figyelembe véve — bizonyos fokig már a SCHMIDT-féle 2. bionómiai kategóriába sorolt „*friss*” tengerfenéki lerakódások felé átvezető bentogén üledékeket szolgáltatott. A túlnyomórészt bentonikus *Ammonites*-fajokból álló faunában (WEIN, 1934 [30]; *Partschiceras ptychostoma* Ben., *Calliphylloceras kochi* Opp., *Ptychophylloceras ptychoicum* Quenst., — *canavarii* Mgh., *Lytoceras quadrisulcatum* d'Orb., — *sutile* Opp., — *liebigi* Opp., — *municipale* Opp., — *montanum* Opp., *Haploceras staszycii* Zeuschn., — *elimatum* Opp., — *tithonicum* Opp., — *leiosoma* Opp., — *carachtheis* Zeuschn., *Hoplites callisto* d'Orb., — *abscissa* Opp., — *chaperi* Pict., — *andreaei* Kil., *Perisphinctes transitorius* Opp., — *eudichotoma* Zitt., — *fraudator* Zitt., — *lorioli* Zitt., *Himalaites symbolus* Opp., — *micracanthus* Opp., — *seideli* Opp.), amelynek az alsó titón faunával való kétségtelen kapcsolata általában megállapítható, már a kedvezőbb átszellőzöttséget és a tápanyagokkal való fokozottabb ellátottságot igénylő faunaelemek is jelentkeznek; így a *Brachiopodák* (*Pygope diphya* Col., — *triangulus* Lam.), kagylók (*Corbula pichleri* Zitt., *Aucella carinata* Park.), *Crinoideák*. Rajtuk kívül a tengeri sünök is (*Tithonia convexa* Cott., *Collyrites friburgensis* Cost.) képviseltek a faunában. A barna tűzkőbetelepülések, éppen úgy, mint az alsó titón vörös cephalopodás mészkővének vörös tűzkőtartalma is, valószínűleg kovaszivaestelepekre vezethetők vissza. WEIN e kőzetekkel kapcsolatban a *Radioláriák* hiányára utal s megjegyzi, hogy az említett tűzkövek vékonycsiszolataiban sem talált semmit.

A medencefenéknek a titón kezdetével megindult emelkedése feltételezhetően folytatódott a felső titónban is ([14] 1. ábra), így a szóban forgó fehér cephalopodás bentogén mészkő még sekélyebb, kb. 100 m körüli neritikus viszonyok mellett képződhetett. TELEGDY ROTH (1934 [26]) is rámutat a titón felső részében más ponton fellépő bizonyos krinoideás-echinidás-brachiopodás lemezes mészkővel kapcsolatban a tengerfenék meginduló kiemelkedésére, ami azonban az Északi Bakonyban nem vezetett szárazulattá válásra.

WEIN a *Cephalopoda*-faunával kapcsolatban feltűnő jelenségre mutat rá megjegyezve, hogy az alsó, főleg pedig a felső titón lókúti fáciesű faunáját, elvértve mutatkozó nagyobb alakoktól eltekintve, a kis termetű, sőt *törpe* növési

alakok jellemzik. Törpe növésű alakokból álló faunákkal különböző fáciesű és korú lerakódásokban találkozunk; az előzőkben is utaltam a mélyebb alsó liászrétegekben szereplő fejletlen *Brachiopodákra* ([13], l. a 39. és 43. o.) és alárendelten mutatózó embrionális fejlettségű *Psiloceras*-félékre ([12] 90. o.).

SCHMIDT (1935 [22]) bizonyos üledékekkel kapcsolatban (amalthaeusos agyag, ornatumos agyag, gault) hivatkozik arra, hogy a bennük, valamint a szicíliai pliocén agyagokban szereplő kagylók kis termetére DEECKE mutatott rá, aki szerint a törpe növés kérdése azzal állhat összefüggésbe, hogy a nagyobb termetű állatoknak bele kellett süllyedniök a fenék laza iszapjába. SCHMIDT egyben utal FUCHS T. korábbi megfigyelésére, amely szerint a messinai kikötőben és másutt is, a puha testű állatok törpe növése a sűrű hínárosokban, vagy olyan helyeken következik be, ahol a vizet kénhidrogén mérgezte meg. Talán mint távoli analóg esetet megemlíthetjük, hogy pl. akváriumokban a növényzet nagymérvű elsűrűsödésével párhuzamosan elszaporodó csigák utódai egyre kisebb termetűek, kifejezetten törpe növésűek, nagyobb termetű alakok csak szórványosan akadnak köztük. Ezt a tényt párhuzamba lehetne állítani FUCHS előbb említett megfigyelésével. A szaporodás erősebb üteme arra mutat, hogy tápanyaghiánnyal nem kell számolnunk. Mindamellett a termet csökkenése kétségkívül a fejlődést, ill. a növekedést hátrányosan befolyásoló kedvezőtlen tényezők jelenlétére utal. Ha tulajdonítunk is valamilyes jelentőséget a sűrű növényzet tövén, közvetlenül a fenékszínten stagnáló, átszellőződésében akadályozott víz bizonyos fokú kénhidrogéntartalmának, az adott esetben ezzel mégsem kell számolnunk, mert a kőzet színéből az egykori tengermedence fenékszintjének kellő mértékű átszellőzöttsége tűnik ki. A jól átvilágított sekély medencefenéken nem kerülhetett sor ártalmas bomlástermékek felhalmozódására. Ha mégis lettek volna a fenékélet szempontjából némileg kedvezőtlenebb pontjai, az ott élő szervezeteknek módjukban volt azokat kerülni. Bizonyára nagyobb mértékben jön számításba az erősebb szaporodás során viszonylag rövid időtartamonként megjelenő nemzedékek fejlődésében a körülhatároltabb, zártabb jellegű biotóp területén a *beltenyészet* korcsosító hatása.

SCHMIDT (1935 [22], p. 32) megjegyzése szerint sok cephalopodás mészkő keletkezhetett csendes vizekben, algagyeppek közvetítésével. A mondottak alapján feltételezhető, hogy a törpe növésű alakokból álló *Ammonites*-faunával jellemzett titónmészkövet szolgáltató sekély tengermedencerész fenékszintjét általában sűrű algavegetáció borította. Ebben a medencefenék domborzata által is támogatott, zártabb jellegű biotópban főként a *beltenyészet korcsosító hatása eredményezhette az Ammonites-nemzedékek törpe növést.*

A szóban forgó felső titónmészkő általában fehér színéből a vashiány tükröződik az alsó titón vörös mészkövével összevetve. Ebből pedig, a korábban kifejtettek értelmében, az éghajlat ismét szárazabbá válására következtethetünk, ami megakadályozta vasas oldatoknak a tengervízbe jutását.

Az éghajlat csapadékos jellegének alábbhagyása már az alsó titón vége felé bekövetkezhetett, ami a mészkő színéből kitűnik. WEIN (1934 [33]) ugyanis megjegyzi, hogy a vörös titónmészkő „felső része elhalványul, majd teljesen átmegegy a felső titón fehér mészkővébe.”

A sekély tengeri üledékképződés a Lókúti domb juraszelvénye által megjelölt tengermedencerészben a jura időszak lezárultával sem szakadt meg, hanem folytatódott az alsó krétába átmenően is. Erről tanúskodik a felső titón fehér cephalopodás mészkőből kifejlődő fehér, tűzkőgumós, tömött porcelánszerű mészkő (22), amely kifejlődésében a Déli Alpok biankonéjára emlékeztet (NOSZKY, 1934 [10]; TELEGDY ROTH, 1934 [26]; WEIN, 1934 [30]).

ÖSSZEFOGLALÁS

E tanulmányban szerző a bakonyi juratengerben végbement üledékképződés menetét, minőségét, feltételeit közvetlenül vagy közvetve kialakító tényezőkre, az egykori tenger bionómiai viszonyaira s ezek figyelembevételével az üledékek fácieséből tükröződő mélységi viszonyokra igyekezett rámutatni. A bionómiai vonatkozások előtérbe helyezésével megrajzolt kép azonban korántsem lehet teljes, már csak azért sem, mert — mint a bevezetőben is említést nyert — az üledékek kiértékelése nem regionális értelemben, hanem csak az Északi Bakony egyik legszebb juraszelvénye alapján történt. Azonban az ezen belül kifejlődött egyes fáciesek jellemzésével nyert megközelítő kép a bakonyi juratenger más pontjain, a jura különböző időszakasaiban uralkodott bionómiai és mélységi viszonyaira is rávilágíthat.

Schmidt felfogásával egyetértve, szerző a mélységi viszonyokra való következtetésben nem a *korológiai*, ill. *batimetrikus* módszer irányelveinek kizárólagos alkalmazására törekedett, hanem elsősorban a *bionómiai* módszer szempontjait vette figyelembe. Ugyanis, mint a bevezető is hangsúlyozta, többféle bionómiai tényező egyidejű hatásának közös eredőjeként adódhatik ki az a bizonyos tengermélységgel jellemzett biotóp, amelyben a különböző fenéklakó fajok a nekik kedvező életfeltételeket megtalálhatják. Azonos bionómiai feltételek kialakulása nincs egyben feltétlenül azonos mélységi viszonyokhoz is kötve, eszerint tehát nem a mélység a döntő elsősorban. Ennek értelmében a tengerfenéki biotópok faunaelemei általában nem is a mélységi viszonyokat tükrözik elsősorban.

A bakonyi juraiüledéksornak, főként a liászban megfigyelhető nagy *fáciesgazdagsága* a tengerfenék erős *morfológiai tagoltságával* függ össze. A bakonyi juratenger nyílt sekély tenger lehetett, az egykori szárazulatok távol eső partvonalával, amit a kávéshégyi liázmészkövek oldhatatlan maradékvizsgálatának adatai is bizonyítanak.

Az üledékek fáciesjellege a juratenger fokozatos, de nem feltűnően nagy mértékű *kimélyülését* tükrözi, amelynek a felső dogger kezdetére eső maximuma is a *sekély-batiális* kereten belül marad. A középső malmig ilyen értelemben állapódóult tengermélységben történt a finomszemű radioláriás, mangános kovás márgasorozat lerakódása. A tenger fokozatos sekélyebbé válása a felső malm kezdetén következik be ismét (l. a fejlődéstörténeti táblázat).

Az egykori tengermedence fenékszintjének kellő átszellőzőttőségét igazoló juraiüledékek jórészt a SCHMIDT-féle 2. bionómiai kategóriába osztható „*friss*” tengerfenéki lerakódások ([12] p. 78). A rózsaszín, vagy vörös cephalopodás mészkövek „*félfriss*”, a kávéshégyi alsó liászcsoporthiányosabb oxigénellátásra valló szürke ammoniteszes mészköve pedig „*nyugodt*” tengerfenéki lerakódásoknak minősíthetők. Ennek megfelelően a faunáik túlnyomó részét alkotó *Ammonitesek* is főként a helyváltoztató fenéklakó életközösségekhez tartoztak s általában a *közepes* és *mélyebb neritikus* övek csendes vizű medencerészeiben élhettek, részben azonban — vázalkotásuk alapján — szabadon úszó életmódot is folytathattak. Gyorsabb s nagyobb-mérvű elterjedésüket tengeráramlások közvetíthették, aktív úszóképességük pedig, főként a szabadon úszó típusokat tekintve, lassúbb terjeszkedésüket biztosíthatta. Elpusztulásuk után *élethelyükön ágyazódhattak* be a házzal együtt a tengerfenék iszapjába, így elsősorban a fenéklakó típusok *fáciesjelző* szerepével is számolnunk kell.

A különböző vörös mészkő- és márgarétegek színe a mállási oldatok révén az egykori tenger vizébe került, ott oxidálódott és kicsapódott vastartalomtól származik. Ez pedig fokozottabb kémiai mállásra, egyben *csapadékosabb éghajlatra* vall e képződmények lerakódása

Rendszer	Osztály	Emelet	Szintek	Képződmény	Önálló- fele szintek	Tengermélység		Ég- hajlat	Események	Uralkodó fauna- jelleg.						
						Neritikus 80-140	Bathális 200-300									
J	L	alsó	Hettangiai	<i>Berriasella callisto</i>	η	fehér ammoniteszes mészkő	15	2-3			Ammonites					
				<i>Oppelia lithographica</i>	5	világosvörös, gumós ammoniteszes mészkő	15	3			Új-kimmeriai kéregmozgás tengeráramlás	Ammonites				
				<i>Waagenia beckeri</i>	ε											
				<i>Holocstephanus grave-sianus</i>	δ											
				<i>Aulacostephanus pseudo-mutabilis</i>	δ/γ	finomszemű, rózsaszín, kovás, mangános, radioláriás mészmárga										
				<i>Oecotraustes dentatus</i>	δ/γ											
				<i>Perisphinctes suberinus</i>	γ											
				<i>Sutneria platynota</i>	γ/β											
				<i>Idoceras planula</i>	β											
				<i>Pelloceras bimammatum</i>	β											
				<i>Pelloceras transversarium</i>	α								Radiolaria			
				U	D	középső	Oxfordi	<i>Aspidoceras perarmatum</i>	α							
<i>Pelloceras athleta</i>	5	finomszemű, fehér, kovás, mangános, radioláriás mészmárga														
<i>Cosmoceras ornatum</i>	5															
<i>Macrocephalites macrocephalus</i>	ε															
<i>Oppelia aspidoides</i>	ε															
<i>Parkinsonia ferruginea</i>																
<i>Parkinsonia parkinsoni</i>																
<i>Parkinsonia bifurcata</i>												tengeráramlás (üledékkihagyás)				
<i>Cosmoceras garantianum</i>	δ	világossárgás, halványzöldfoltos ammonit. mészkő	5					3	4			tengeráramlás (üledékkihagyás)	Ammonites			
<i>Emileia sauzei</i>	δ															
<i>Sonninia sowerbyi</i>	δ															
J	D	alsó	Aalen					<i>Ludwigia munchisonae</i>	β	világossárgásszürke, lemezes, kovás, posidonomyás mészkő						
				<i>Leioceras apalinum</i>	α											
				<i>Lytoceras torulosum</i>	5											
				<i>Lytoceras jurensis</i>	5											
				<i>Posidonomya bronni</i>	ε	sárgás, durván krinoides m.kő	0,5	2	4		tengeráramlás	Crinoidae				
						világossárga, leveles, tűzköves, krinoides, jelli, mangángumós m.kő	2	2			tengeráramlás mangánkiválás tengeráramlás	Foraminifera gyér Crinoidae				
				J	D	középső	Toarci	<i>Amaltheus spinatus</i>	δ	tarka, cephalopodás fáciesű mészkő	12	3			Ammonites	
								<i>Amaltheus margaritatus</i>	δ							
								<i>Deroceras davoei</i>	γ	tömör, vörös, tűzköves, ammoniteszes mészkő	8	3				Ammonites
								<i>Dumortiera jamesoni</i>	γ							
								<i>Deroceras armatum</i>	γ							
								<i>Arietites raricostatus</i>	β	tömör, világosvörös, szürkefoltos, ammoniteszes mészkő	6	3				
<i>Oxyntoceras oxynotum</i>	β															
<i>Asteroceras turneri</i>	β															
<i>Arietites bucklandi</i>	α	tömör, világosszürke, ammoniteszes mészkő	12					4			tengeráramlás					
<i>Schlotheimia angulata</i>	α	tömör, rózsaszín, brachiopodás mészkő	20					2					Brachiopoda			
<i>Psiloceras planorbis</i>	α	dachsteini jellegű liás mészkő	120					2					gyér Brachiopoda			

idején. Viszont a kőzetek fehér színe általában szárazabb éghajlatra enged következtetni. Ebben az értelemben az éghajlat fokozódó csapadékosná válása a doméri vörös gumós cephalopodás mészkő lerakódásakor érthető el tetőfokát s szárazabb éghajlatú szakaszokkal váltakozva, a középső doggerben, majd valószínűleg az alsó malm fiatalabb részétől kezdve az alsó titónig bezárólag válik újra csapadékosabbá az éghajlat (l. a fejlődéstörténeti táblázatot).

A jurauledéksor folytonos tengeri üledékképződést valószínűsít, amelyet átmeneti szárazulattá válás nem szakított meg. Az állandó tengeri elborítás mellett is mutatkozó üledékhézagok egykori *tengeráramlások* hatását tükrözik, az üledéklerakás és az üledékelsodrás többé-kevésbé kifejezésre jutó kiegyensúlyozottságával, mondhatni interferenciájával. Tengeráramlások hatását jelzi az egymással érintkező rétegek litofaciesének hirtelen megváltozása, az egymáshoz való viszonyban mutatkozó éles *diszkontinuitás*. Továbbá a gyors litofaciesváltozással párhuzamosan a fauna hirtelen megváltozása, *kicserélődése*, amikor az egymással érintkező rétegek faunái közt semmiféle kapcsolat nincs (l. a fejlődéstörténeti táblázatot).

Külön figyelmet érdemel a doméri vörös gumós cephalopodás mészkő tarka cephalopodás fáciesű, *mangánfoltos* kifejlődése, amellyel kapcsolatban főként a kőzetbe ágyazott *Ammonites*-maradványok fekete oxidos mangánkiválással történt átitatottsága, bekérgezése szembevetendő. Föltételezhető, hogy a csendes vizű medencefenék iszapjába házával együtt beágyazódott *Ammonites*-tetem bomlásakor keletkezett ammónia vizes közegben ($(H_4N)OH$ -t eredményezett, amely a tengervízben oldott mangántartalmat $Mn(OH)_2$ alakban kicsapta. Ez utóbbi a fenékszint kellő redoxpotenciálja folytán $Mn(OH)_2$ -gyé oxidálódott s így kiesett az egyensúlyi állapotra törekvő reverzibilis vegyi folyamatból. Az állandó kiesés a $(H_4N)OH$ disszociációs állapotának egyensúlyát folyton megbontotta, e miatt folyton újabb $(H_4N)OH$ molekulák disszociációjára került sor, ami az előbbivel együtt a folyamatot irreverzibilissé tette, azaz biztosította a *mangánkiválás folyamatosságát*. Az állandó mangánkicsapódás ugyanakkor a tengervízben oldott mangánvegyület koncentrációjának egyensúlyát bontotta meg s most ennek helyreállítására a nagyobb koncentrációjú környezet felől fokozott *diffúziós áramlás* indult meg, újabb Mn-íonokat juttatva oda. E *diffúziós áramlás* biztosíthatta a kicsapódó mangán helyi *feldúsulását*. E folyamat az állattetem bomlásának befejeződésével érhetett véget. A $Mn(OH)_2$ molekulái később, a halmozódó üledéktömegek tömörítő hatására végbement *diagenezis* során vízvesztéssel együttjáró szerkezeti változást szenvedhettek s MnO_2 -vé, *piroluzit*-tá alakulhattak át. Ez egyben azt is jelentené, hogy a mangán oxidos formában való megjelenése elsődleges kiválás eredménye s genetikailag nem kapcsolódik hozzá ezt megelőző karbonátos fázis.

Jogosan vetődik föl az a kérdés, hogy a mangánkiválás folyamatában baktériumok nem játszottak-e közvetítő szerepet, s ha igen, milyen módon és mértékben. Ez a kérdés azonban még további körültekintő vizsgálatokat igényel.

A mangánéréképződés féltelt folyamatának a bionómiai tényezőket is számításba vevő elképzelésében a tengervíz oldott mangántartalmát a legközelebb eső szárazulatok bázisos eruptív és metamorf kőzeteinek mállásából származtatjuk, összefüggésben az éghajlat csapadékos jellegének s ezzel párhuzamosan az egyre inkább előtérbe lépő kémiai mállásnak a fokozódásával.

IRODALOM

1. DEECKE, W.: Palaeontologische Betrachtungen. Über Cephalopoden. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.* (1913) Beil. Bd. 35.
2. DEECKE, W.: Mitteleuropäische Meeresströmungen der Vorzeit. *Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-Naturw. Kl. Abt. A.* (1923) I. Abhandl.
3. DIENER, C.: Grundzüge der Biostratigraphie. Leipzig u. Wien 1925.
4. HEIM, ARN.: Über submarine Denudation und chemische Sedimente. *Geol. Rundsch* 15. (1924).
5. KOVÁCS L.: Adatok az Északi Bakony juraképződményeinek ismeretéhez. *Közl. a debreceni Tisza I. Tud. egyet. ásv.-földt. int.-ből* 1. (1931).
6. KOVÁCS L.: A Lókúti-domb liásképződményeinek sztratigráfiai viszonyai. *Tisza* (1936) 1. — *Közl. a debreceni Tisza I. Tud. egyet. ásv.-földt. int.-ből* 7. (1936).
7. KOVÁCS, L.: Monographie der liassischen Ammoniten des Nördlichen Bakony. Anhang: Stratigraphie der Jurabildungen. *Geol. Hung. Ser. Pal.* 17. (1942).
8. KOVÁCS L.: A Káváshegy jurakorú üledékeinek sztratigráfiai és mikrotektonikai viszonyai. Beszámoló a Földt. Int. vitául. munk.-ról (1943) 5. — *Földt. Int. Évi Jelent.* 1945—47-ről 2. (1951)

9. KOVÁCS, L.: Die mesozoische Paläogeographie Transdanubiens. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 18. (1955).
10. KOVÁCS, L.: Die charakteristischen Züge der Lebensweise der Ammoniten mit Hinsicht auf die Faziesbestimmung. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 17. (1956).
11. KOVÁCS, L.: Manganerzausscheidung in den jurassischen Ammonitenmeeren. *Bányamétn. és Földmérő-métn. Karok Közl. Sopron* 19. (1956).
12. KOVÁCS, L.: A bakonyi juratenger káváshegy—lókúti részének bionómiai vonatkozásai a fáciesváltozások tükrében. I. rész: A legelső (hettangi) liásképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Osz. Közl.* 32. (1963).
13. KOVÁCS, L.: A bakonyi juratenger káváshegy—lókúti részének stb. II. rész: A fiatalabb (szinémuri—lotharingiai) alsó liásképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Osz. Közl.* 35. (1965).
14. KOVÁCS, L.: A bakonyi juratenger káváshegy—lókúti részének stb., III. rész: Bakonyi középső liásképződmények bionómiai és fácieskérdései. *VI. Osz. Közl.* 36. (1965).
15. KOVÁCS, L.: A bakonyi juratenger káváshegy—lókúti részének stb., IV. rész: Bakonyi felső liásképződmények bionómiai és üledékföldtani vonatkozásai. *VI. Osz. Közl.* 36. (1965).
16. KRUMBECK, L.: Einige fazielle, petrographische und tektonische Beobachtungen im Malm der mittleren Pegnitzalb. *Neues Jahrb. f. Min. etc. Abt. A.* (1928) Beil. Bd. 59.
17. KUENEN, PH. H.: Marine Geology. New York—London 1950.
18. MARTON M.: A Káváshegy liászkorú mészköveinek közettani vizsgálata. Doktori disszertáció, kézirat. Debrecen 1947.
19. NOSZKY J.: Adatok Lókút község vízellátásának kérdéséhez. *Hidr. Közl.* 14. (1934).
20. NOSZKY J.: Földtani vázlat az Északi Bakony belső részéből. *Földt. Int. Évi Jel.* 1939—40-ről. 1. (1943).
21. NOSZKY J.: A bakonyi mangánérc rétegtani helyzete és kutatási kilátásai. *VI. Osz. Közl.* 5. (1952).
22. SCHMIDT, H.: Die bionomische Einteilung der fossilen Meeresböden. *Fortschr. d. Geol. u. Pal.* 12. (1935).
23. SCHMIDT, H.: Bionomische Probleme des deutschen Lias-Meeres. *Geol. d. Meere u. Binnengewässer* 3. (1939).
24. SZÁDECZKY-KARDOS E.: Geokémia. Budapest 1955.
25. TELEGDY ROTH K.: Magyarország geológiája. Pécs 1929.
26. TELEGDY ROTH K.: Adatok az Északi Bakonyból a magyar középső tömeg fiatalmezozoós fejlődéstörténetéhez. *MTA Mat. és Term. tud. Ért.* 52. (1934).
27. VADÁSZ E.: A bakonyi mangánércképződés. *VI. Osz. Közl.* 5. (1952).
28. VADÁSZ E.: Magyarország földtana. Budapest 1952.
29. WALTHER, J.: Allgemeine Palaeontologie. Berlin 1927.
30. WEIN GY.: Zirc környékének titónrétegei. *Földt. Közl.* 64. (1934).

HOSSZHÁLÓZAT KIEGYENLÍTÉSE SOKSZÖGMÓDSZERREL

FIALOVSKY LAJOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
MAGYAR OPTIKAI MŰVEK, BUDAPEST

[Beérkezett: 1964. november 6-án]

A tanulmány összehasonlító vizsgálat alá vonja a hosszahálózati alapidomok kiegyenlítésére ismert háromféle eljárást: a feltételes mérések módszerét, a közvetítő mérések módszerét és az előbbi két eljárás kombinációját, a több alapidom csatlakozásából és szuperponálásából előálló összetett hosszahálózat kiegyenlítésére való alkalmazás szempontjából. Az előnyök és hátrányok megállapítása után a feltételes mérések módszerét új, egyszerű alapra építi és fejleszti oly módon, hogy a hálózatot zárt sokszögvonalakra bontja fel. Az eljárás alkalmazási körét kiterjeszti tetszőleges számú egymáshoz csatlakozó háromszögből álló olyan alakzatra, amelyet háromszögoldal nem képező egy vagy több átszelő kapcsol össze kiegyenlítési alapidomná, ill. kiegyenlítési hálózattá.

A feltételi egyenletek felállításának ismertetett módszere egyszerű és szemléletes, s igen jól használható bármilyen alapidomra, valamint tetszőleges számú és jellegű alapidom csatlakoztatásával, szuperponálásával, átszelők útján való további kapcsolásával és tetszőleges számú ismert pont, ismert azimut és ismert távolság bevonásával tervezett összetett hosszahálózati rendszerekre.

A javasolt kiegyenlítési eljárást a tanulmány bemutatja hossz méréses kitöltőhálózaton és hossz méréses egyszerű háromszöghálózatban.

I. Bevezető és feladatkitűzés

A hosszahálózat kiegyenlítéséhez háromféle eljárás áll rendelkezésre:

- I. A feltételes mérések módszere.
- II. A közvetítő mérések módszere (koordinátakiegyenlítés).
- III. Az I. és II. eljárás kombinációja.

Hasonlítsuk össze a három eljárást kevés számú fölös méréses hosszahálózat kiegyenlítésére való alkalmasság szempontjából. Az összehasonlításhoz vegyük alapul az 1. ábrán feltüntetett hosszahálózatot. Mértük az 1—18 jelű háromszögoldalakat, a 19 jelű átlót (diagonálist) és a 20,21 jelű átszelőket (transzverzálisokat). A 2 ponton megmértük továbbá a 2,3 oldal $\varphi_{2,3}$ azimutját és a 4 jelű ponton a 17 és 14 jelű oldalak bezárta α belső szöget. Adottak az A és B pont ismert koordinátái. Hálózati példánkat azért vettük fel az 1. ábra szerint, hogy vizsgálatunkat az előforduló különböző kényszerfeltételekre terjeszthessük ki, vagyis nem azért, mintha a gyakorlatban mindig fennállana valamennyi típusú kényszerfeltétel.

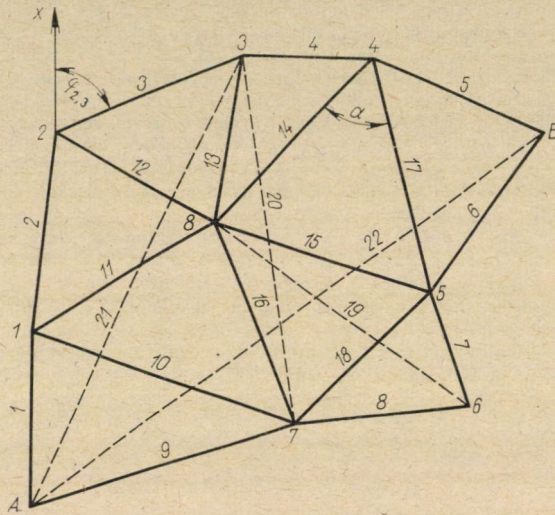
A fölös mérések száma egyenlő a három mért átlóra és átszelőre, az egy nem mért, de ismert átszelőre, a mért azimutra és a mért belső szögre, továbbá a 8 jelű belső hálózati pontra mint centrális rendszerre felírható, összesen 7

feltételnek megfelelően 7. A fölös mérések számát kifejező ismert

$$f = S - 2p + 3$$

képlet szerint is ez a szám 7, mert az összes mért vagy ismert oldalak és szögek S száma 24 és a pontok p száma 10.

Az I. eljárásnál a feltételi egyenletek száma egyenlő a fölös mérések és az ismert adatok együttes számával, tehát 7. A megoldandó normálegyenletek



1. ábra

száma ugyanennyi. A 7 feltételi egyenlet közül azonban kettőt nem tudunk az ismert egyszerű módon közvetlenül felírni. Ezek a közös csúcscsal nem rendelkező négy csatlakozó háromszöget átszelő 21 jelű transzverzálisra és az öt csatlakozó háromszöget átszelő nem mért, de ismert AB transzverzálisra vonatkozó feltételi egyenletek. Ennek folytán az I. eljárást csak igen nehézkesen lehet az ismert módon alkalmazni az 1. ábrán felvett hosszhálózatra.

A II. eljárásnál a mért hosszak számával egyező számú, tehát példánkban 21 hosszjavítási egyenletet és 3 szögjavítási egyenletet kell felírni. A normálegyenletek száma egyenlő az ismeretlen pontok koordinátáinak számával, példánkban ez 16. A II. eljárást lehet alkalmazni példánkra. Előnye a II. eljárásnak, hogy a javítási egyenletek egyszerűek és a hálózati pontoknak a mérési eredményekből számított x^0, y^0 közelítő koordinátái javításához szükséges dx, dy koordinátapótlékokat közvetlenül adja. Hátránya a normálegyenletek nagy száma, miért is az eljárást csak programvezérlésű számítógépen lehet gazdaságosan elvégezni.

Az I. és II. eljárás kombinálásából származtatott Tárczy-Hornoch-féle III. eljárást ugyancsak lehet alkalmazni adott hosszhálózatunkra. A II. eljárás 24 javítási egyenletéből ki kell küszöbölni a 8 ismeretlen pont 16 ismeretlen dx , ill. dy koordinátapótlékát. Fennmarad — az I. eljáráshoz hasonlóan — a hosszmerési eredmények λ javításai, továbbá az azimutmérési eredmény $w_{2,3}$ és a szögmérés eredményének v javítása között fennálló 7 feltételi egyenlet. A II. eljárás 16 normálegyenletével szemben itt is csak 7 normálegyenletet kell megoldani, amit kézi számológéppel is el lehet végezni. Előnye még a III. eljárásnak, hogy a koordinátapótlékokat a kiegyenlítés eredményeként nyert λ hosszjavításokból egyszerű képletek segítségével trigonometriai számítás nélkül adja meg. A III. eljárás igen jól használhatónak látszik mindaddig, amíg a javítási egyenletek száma nem túl nagy, vagyis ameddig a dx , dy koordinátapótlékoknak a javítási egyenletekből való kiküszöbölése nem okoz különös nehézséget. Erre vonatkozólag a III. eljárás megalkotója a következőket mondja „A tárgyalt módszer azonban ilyen csatlakozó négyszögek esetében már nem annyira célszerű, mivel az első négyszög utáni négyszögek így levezetett egyenletei egyre hosszabbak lesznek” [1, 404. o., 2. bek., 1—4. sorok]. Kétségtelen azonban, hogy a III. eljárás igen előnyösen alkalmazható számos hosszhálózati alapidomra és ezek egyszerű csatlakozásaira is, így az [1] 2—7. rajzain feltüntetett és még más esetekben is.

A fenti összehasonlító vizsgálat eredménye az, hogy az I. eljárással az ismert módon gyakran nem vagy csak igen nehézkesen lehet kiegyenlíteni a hosszhálózatot. A II. és III. eljárással a kiegyenlítés elvileg mindig lehetséges, de végrehajtása nagyszámú ismeretlen pont esetén — akkor is, ha kevés fölös mérésünk is van — viszonylag körülményes: a II. eljárásnál azért, mert igen sok normálegyenletet kell megoldani, a III. eljárásnál pedig, mert a nagyszámú javítási egyenletnek kevés számú feltételi egyenletté való átalakítása (a koordinátapótlékok kiküszöbölése) ugyancsak jelentős számítási többletmunkát kíván. Ez a megállapítás késztet arra, hogy visszanyúljunk az I. eljáráshoz, és megvizsgáljuk, vajon lehetséges-e azt úgy fejleszteni, hogy olyan hosszhálózat kiegyenlítésére is alkalmas és gazdaságos legyen, amelynél kevés fölös oldalt, de ezek között háromszögoldalt nem képező transzverzálisokat is mértünk vagy ilyeneket ismerünk, és ezeket is be kell kapcsolnunk a kiegyenlítésbe; amellet a koordinátapótlékok egyszerű számítása is lehetséges legyen.

2. A megoldás alapelve

A hosszhálózatot alapidomokra bontjuk. Alapidomok: 1. az átlóval vagy átszelővel összekapcsolt $n \geq 2$ csatlakozó háromszögből álló idomok (diagonális vagy transzverzális rendszerek), 2. a hálózat egy-egy belső pontjához tartozó háromszögekből álló sokszögek (centrális rendszerek), 3. mért

szöget is tartalmazó háromszögek. Minden alapidomból kiválasztjuk azt a legkevesebb oldalból álló zárt sokszögvonalat, amelynek utolsó oldala (a továbbiakban: alapoldal) a diagonális vagy transzverzális rendszerű alapidom átlója vagy átszelője, a centrális alapidomban a centrummal szemben levő egyik háromszögoldal, és mért szöget tartalmazó háromszög esetén a szöggel szemben levő háromszögoldal. Hosszhálózati négyszög, centrális rendszer és mért szöget tartalmazó háromszög esetében a zárt sokszögvonal mindig háromszög, transzverzális rendszernél a zárt sokszögvonal 3-nál több oldalból áll.

Fogalmazzuk meg a diagonális, transzverzális és centrális rendszerre, valamint a mért szöget tartalmazó háromszögre, mint alapidomra a feltételt követzőképpen. A kiválasztott zárt sokszögvonal oldalainak az ismeretlen λ hosszjavításokkal, továbbá szögeinek az ívmértékben kifejezett ismeretlen v szögjavítással, ill. pótlékokkal való megjavítása után a zárt sokszögvonal zárópontjának a vele egybeeső kezdőponttól való eltolódása az alapoldal irányában egyenlő legyen az alapoldal mért hosszának és a többi oldal mért s' hosszából számított közelítő hosszának különbségével. A feltétel felírásánál a v szögpótlékokat az alapidom oldalai λ javításainak függvényében kell kifejezni.

3. A sokszögelés nyomatóki és vetületi tétele

A 2. pontban vázolt megoldási elv megvalósítását lehetővé teszi a sokszögelés nyomatóki és vetületi tételének alkalmazása. E tétel szerint: a sokszögvonal zárópontjának az s_i sokszögoldalak kis λ_i változásai és a β_i törésszögek ívmértékben kifejezett kis v_i változásai hatására előálló tetszőleges u irányú elmozdulása egyenlő az i töréspontokon képzelt u irányú v_i nagyságú vektoroknak a végponton átmenő u irányú egyenesre vonatkoztatott sztatikai nyomatókai és az s_i oldalak egyeneseseiben képzelt λ_i nagyságú vektoroknak ugyancsak az u irányú egyenesre vonatkoztatott vetületei összegével (2. ábra). A tétel alábbi módon bizonyítható. A 2. ábrán feltüntetett $A=0, 1, \dots, i, \dots, B$ nyílt sokszögvonal B zárópontjának az A kezdőpontra vonatkoztatott u irányú koordinátája a 2. ábrán alkalmazott jelölésekkel

$$u_B = [s_i \cos \delta_i]_{i=0}^n, \quad (1)$$

ahol

$$\delta_i = \delta_0 - \beta_0 - \beta_1 - \dots - \beta_i + (i-1) 180^\circ - k 360^\circ. \quad (2)$$

A (2)-ben k értéke 0 vagy 1.

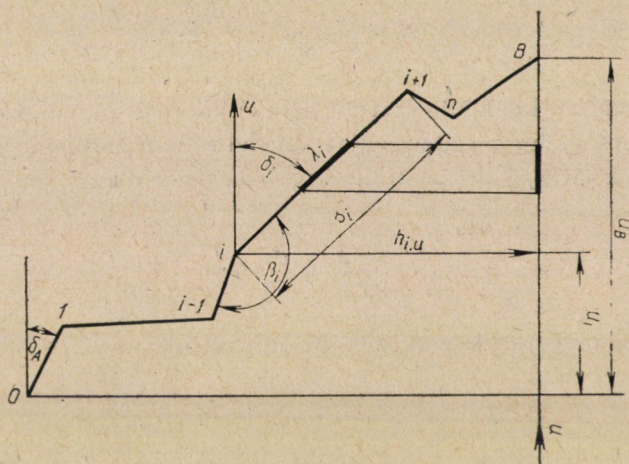
A β_i törésszögek $d\beta_i$ és az s_i oldalak ds_i differenciális változásának hatására a B zárópont u_B koordinátájának du_B differenciális változását az (1)

teljes differenciálja adja:

$$du_B = \left[\frac{\partial u_B}{\partial s_i} ds_i + \frac{\partial u_B}{\partial \beta_i} \frac{d\beta_i}{\rho''} \right]_{i=0}^n. \quad (3)$$

De

$$\frac{\partial u_B}{\partial s_i} = \cos \delta_i, \quad (4)$$



2. ábra

továbbá

$$\frac{\partial u_B}{\partial \beta_i} = \left[\frac{\partial u_B}{\partial \delta_l} \frac{\partial \delta_l}{d\beta_i} \right]_{l=0}^n = - \left[s_l \sin \delta_l \frac{\partial \delta_l}{\partial \beta_i} \right]_{l=0}^n. \quad (5)$$

A (2)-ből

$$\frac{\partial \delta_l}{\partial \beta_i} = 0, \quad \text{ha } l < i$$

és

$$\frac{\partial \delta_l}{\partial \beta_i} = -1, \quad \text{ha } i \leq l \leq n,$$

amely értékeket (5)-be helyezve

$$\frac{\partial u_B}{\partial \beta_i} = [s_l \sin \delta_l]_{l=i}^n. \quad (6)$$

De a (6) jobb oldalát mint különbséget is felírhatjuk:

$$[s_l \sin \delta_l]_{l=i}^n = [s_l \sin \delta_l]_{l=0}^n - [s_l \sin \delta_l]_{l=0}^{i-1} = h_{i,u}, \quad (7)$$

ahol $h_{i,u}$ az i töréspont merőleges távolsága a B záróponton átmenő u irányú egyenestől. A (7)-et (6)-ba helyezve

$$\frac{\partial u_B}{\partial \beta_i} = h_{i,u}. \quad (8)$$

A (4) és (8) differenciálhányadosokat (3)-ba helyezve

$$du_B = [ds_i \cos \delta_i]_{i=0}^n + \left[\frac{d\beta_i}{\varrho''} h_{i,u} \right]_{i=0}^n. \quad (9)$$

Ha az ívmértékben kifejezett véges, de kicsiny szögváltozásokat v_i jellel, a véges, de kicsiny hosszváltozásokat λ_i jellel és a B zárópont u irányú véges, kicsiny eltolódását f_u jellel jelöljük, vagyis bevezetjük a

$$v_i = \frac{d\beta_i}{\varrho''}, \quad \lambda_i = ds_i, \quad f_u = du_B$$

jelöléseket, akkor (9)-et következőképpen írhatjuk:

$$f_u = [\lambda_i \cos \delta_i]_{i=0}^n + [v_i h_{i,u}]_{i=0}^n. \quad (10)$$

Ezzel a tételt igazoltuk. Megjegyezzük, hogy a (10) képlet lényegében meg-
egyezik a beillesztetett sokszögvonala szigorú kiegyenlítése tárgyában
TÁRCZY-HORNOCH által már régebben végzett vizsgálat során megállapított
összefüggéssel [2, (18)] [3,341. o. (5)]. Az igazolást egyébként [4]-ben már meg-
adtuk, sőt a tételt alkalmaztuk is a sokszögelés kiegyenlítésére vonatkozó
tanulmányokban [5, 6, 7].

4. A háromszög egyik szögének és három oldalának kis változásai közötti összefüggés

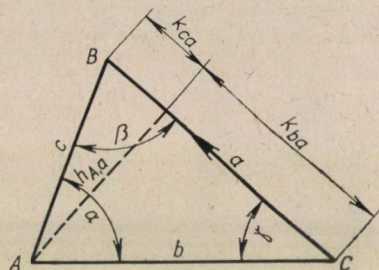
Legyen a 3. ábrán h_{Aa} az A pont merőleges távolsága az ABC háromszög
 a oldalától. Tulajdonítsunk a h_{Aa} háromszögmagasságnak pozitív előjelet, ha
az A pont az a oldal nyíllal jelzett irányától balra, és negatív előjelet, ha ettől
jobbra van. Legyen továbbá k_{ca} a c oldal vetülete és k_{ba} a b oldal vetülete az a
oldal egyenesén. Tulajdonítsunk a k_{ca} vetületnek pozitív előjelet, ha a vetület
az a oldalon van, vagy ennek a C ponton túli meghosszabbítására is ér, és
negatív előjelet, ha az a oldal B ponton túli meghosszabbításán van. Ugyanígy
a k_{ba} vetület pozitív, ha az a oldalon van, vagy ennek B ponton túli meghos-
szabbítására is ér, és negatív, ha az a oldal C ponton túli meghosszabbításán
van.

Alkalmazzuk a 3. pontban ismertetett nyomatéki és vetületi tételt, vagyis (10)-et a $CABC$ zárt sokszögvonalnak a C kezdőponttal egybeeső C zárópontjára, éspedig a CB alapoldalra mint vonatkozási egyenesre:

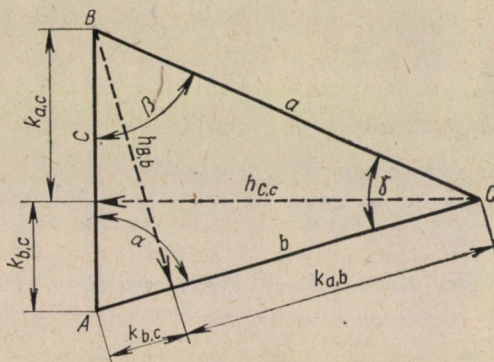
$$v_a h_{A,a} + \frac{k_{ba}}{b} \lambda_b + \frac{k_{ca}}{c} \lambda_c - \lambda_a = 0, \quad (11)$$

ahol v_a az a szög ívmértékben kifejezett kis változása, továbbá λ_a , λ_b és λ_c az a , b és c oldal kis változása. A (11)-ből

$$v_a = \frac{\lambda_a}{h_{A,a}} - \frac{k_{ba}}{bh_{Aa}} \lambda_b - \frac{k_{ca}}{ch_{Aa}} \lambda_c. \quad (12)$$



3. ábra



4. ábra

A (12) kifejezés adja a háromszög a szögének ívmértékben kifejezett kis v_a változása és három oldalának λ_a , λ_b , λ_c kis változása közti összefüggést. A λ_a , λ_b , λ_c együtthatóinak meghatározásához szükséges h_{Aa} magasságot és a k_{ba} , k_{ca} vetületeket az a , b , c oldalakkal megadott, alkalmas léptékben felrajzolt háromszögből lemérhetjük, ha az A pontból az a oldalra merőleges egyenest szerkesztünk.

A (12) képlet érvényes a 3. ábrán feltüntetett háromszög másik két, β és γ szögének v_β, v_γ és a három oldal $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_c$ változásai közti összefüggésre, csak a (12)-ben a jeleket és indexeket ciklikusan fel kell cserélni (4. ábra). De ugyanez az összefüggés felírható a hosszálózat minden háromszögének szögeire is.

Hasonlítsuk még össze a (12) összefüggést néhány ismert összefüggéssel. A (12) jobb oldalának három együtthatója következőképpen alakítható át:

$$\begin{aligned} \frac{1}{h_{A,a}} &= \frac{1}{c \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{a \sin \gamma \sin \beta} = \frac{\sin(\beta + \gamma)}{a \sin \gamma \sin \beta} = \frac{\cot \beta + \cot \gamma}{a} \\ \frac{k_{ba}}{bh_{Aa}} &= \frac{\cos \gamma}{h_{Aa}} = \frac{\cos \gamma}{b \sin \gamma} = \frac{\cot \gamma}{b} \\ \frac{k_{ca}}{ch_{A,a}} &= \frac{\cos \beta}{h_{A,a}} = \frac{\cos \beta}{c \sin \beta} = \frac{\cot \beta}{c}, \end{aligned}$$

amelyeket (12)-be helyezve,

$$v_a = \frac{\cot \beta + \cot \gamma}{a} \lambda_a - \frac{\cot \gamma}{b} \lambda_b - \frac{\cot \beta}{c} \lambda_c. \quad (12a)$$

Ez megegyezik HAMMER hosszabb levezetés útján nyert képletével [8].

A (12) három együtthatóját alábbi módon is átalakíthatjuk:

$$\begin{aligned} \frac{1}{h_{A,a}} &= \frac{a}{ah_{Aa}} = \frac{a}{2\Delta} \\ \frac{k_{ba}}{bh_{Aa}} &= \frac{a \cos \gamma}{ah_{A,a}} = \frac{b - c \cos \alpha}{2\Delta} \quad \left(= \frac{k_{cb}}{2\Delta} \right) \\ \frac{k_{ca}}{ch_{A,a}} &= \frac{a \cos \beta}{ah_{A,a}} = \frac{c - b \cos \alpha}{2\Delta} \quad \left(= \frac{k_{bc}}{2\Delta} \right), \end{aligned}$$

ahol Δ a háromszög területe. Ezekkel a (12) összefüggés:

$$v_a = \frac{a}{2\Delta} \lambda_a - \frac{b - c \cos \alpha}{2\Delta} \lambda_b - \frac{c - b \cos \alpha}{2\Delta} \lambda_c. \quad (12b)$$

Ez viszont megegyezik HUBENY képletével [9], amely ugyancsak hosszabb levezetés eredménye.

Mi a további vizsgálatainkban a (12) összefüggést fogjuk használni a következő okokból.

1. A (12) képlet a (12a) és (12b) képlettel szemben nem kíván külön levezetést, mert a nyomatéki és vetületi tétel segítségével azonnal felírható.

2. A (12a) képlet alkalmazásánál két szögfüggvényértéket: $\cot \beta$ és $\cot \gamma$ értéket kell kiszámítani. Ezek grafikus meghatározásához ugyancsak a megrajzolt háromszögből kell lemérni a h_{Aa} , k_{ba} és k_{ca} méreteket, vagyis ugyanazt a szerkesztést kell elvégezni, mint a (12) képlet együtthatóinak meghatározásánál. A h és k méretekből az első két együttható kiszámítása szintén ugyanaz mint (12)-nél, azonban a (12a) harmadik együtthatójának számítása egy művelettel több számítási munkát kíván a (12) harmadik együtthatójának számításával szemben.

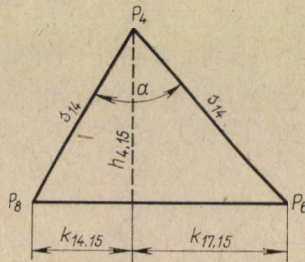
3. A grafikus meghatározás céljára előállított (12b) képlet együtthatóinak meghatározásához egy-egy merőleges egyenest kell szerkeszteni: C pontból a c oldalra és B pontból a b oldalra. A (12) együtthatóinak meghatározásához csak egy merőlegest kell szerkeszteni: A pontból az a oldalra.

4. Végül, amint azt a további tárgyalás során látni fogjuk, a hosszhalózat feltételei egyenleteinek felállításánál ismételten fogjuk alkalmazni a nyomatéki és vetületi tételt. Ezért az eljárás egységessége érdekében is célszerű a (12) képletet használnunk.

5. A feltételei egyenletek felállítása

Alkalmazzuk a 2. pontban vázolt elvi módszert az 1. ábrán feltüntetett hosszhalózatra.

5.1. A feltételei egyenletet először a hálózat $P_4P_8P_5$ háromszögére állítjuk fel, amelyet az 5. ábrán külön is kirajzoltunk, és amelyben az s_{14} , s_{15} , s_{17} oldalhosszakon kívül az a belső szöget is mértük. A 2. pont szerint ki kell



5. ábra

(A P_4P_6 oldal jele helyesen s_{17} ; a P_8P_6 oldal jele s_{15})

fejzeznünk azt a követelményt, hogy a $P_8P_4P_5P_8$ zárt sokszögvonal P_8 végpontjának a λ_{14} , λ_{15} , λ_{17} hosszjavítások és a v_a szögpótlék együttes hatására előálló eltolódása a P_8P_5 alapoldal irányában egyenlő legyen az s_{15} oldal s'_{15} mért értékének és az s'_{14} , s'_{17} , α' mérési eredményekből számított s_{15}^0 közelítő értékének különbségével. E célból alkalmazzuk a nyomatéki és vetületi tételt, vagyis a (10) képletet a zárt sokszögvonal P_8 végpontjára, és pedig a P_8P_5 vonatkozási

Az s_{18}° közelítő értéket az s' mérési eredményekből, de az s'_{18} mérési eredmény mellőzésével, nagy pontossággal kell kiszámítani. A k és h értékeket az alakhelyes vázlatból mérhetjük le. A (12) alkalmazásával a $P_8P_5P_6$ háromszögből:

$$v_1 = \frac{\lambda_7}{h_{8,7}} - \frac{k_{15,7}}{s'_{15} h_{8,7}} \lambda_{15} - \frac{k_{19,7}}{s'_{19} h_{8,7}} \lambda_{19}$$

és a $P_8P_6P_7$ háromszögből

$$v_3 = \frac{\lambda_8}{h_{8,8}} - \frac{k_{16,8}}{s'_{16} h_{8,8}} \lambda_{16} - \frac{k_{19,8}}{s'_{19} h_{8,8}} \lambda_{19}$$

Ezeket a kifejezéseket (14)-be helyettesítve, majd $h_{8,18}$ -cal osztva, megkapjuk a $P_7P_8P_5P_6$ négyszögre vonatkozó feltételi egyenletet:

$$\frac{\lambda_7}{h_{8,7}} + \frac{\lambda_8}{h_{8,8}} + \frac{1}{s'_{15}} \left(\frac{k_{15,18}}{h_{8,18}} - \frac{k_{15,7}}{h_{8,7}} \right) \lambda_{15} + \frac{1}{s'_{16}} \left(\frac{k_{16,18}}{h_{8,18}} - \frac{k_{16,8}}{h_{8,8}} \right) \lambda_{16} - \frac{\lambda_{18}}{h_{8,18}} - \frac{1}{s'_{19}} \left(\frac{k_{19,8}}{h_{8,8}} + \frac{k_{19,7}}{h_{8,7}} \right) \lambda_{19} - l_c = 0, \quad (15)$$

vagy a λ_i javítások együtthatóit b_i -vel jelölve,

$$[b_i \lambda_i]_{i=7,8,15,16,18,19} - l_c = 0, \quad (16)$$

amelyben az állandó:

$$l_c = \frac{l'_c}{h_{8,18}} = \frac{s'_{18} - s_{18}^{\circ}}{h_{8,18}}$$

Az s_{18}° közelítő értéket a négyszög s' mérési eredményeiből, de az s'_{18} mérési eredmény mellőzésével, kell pontosan kiszámítani. A h háromszögmagasságokat és k oldalvetületeket a négyszög alakhelyes vázlatából mérjük le.

Abból a célból, hogy a (15) egyenletet néhány ismert négyszögfeltételi egyenlettel összehasonlíthassuk, írjuk fel (15)-öt a hosszahálózati négyszög 7. ábrán megadott szokásos jelöléseivel is:

$$\frac{\lambda_a}{h_{ca}} - \frac{1}{b} \left(\frac{k_{bf}}{h_{cf}} + \frac{k_{ba}}{h_{ca}} \right) \lambda_b + \frac{1}{c} \left(\frac{k_{cd}}{h_{ca}} - \frac{k_{ca}}{h_{ca}} \right) \lambda_c - \frac{\lambda_d}{h_{ca}} + \frac{f}{e} \left(\frac{k_{ef}}{h_{ca}} - \frac{k_{ed}}{h_{cf}} \right) \lambda_e + \frac{\lambda_f}{h_{cf}} - l_c = 0. \quad (15a)$$

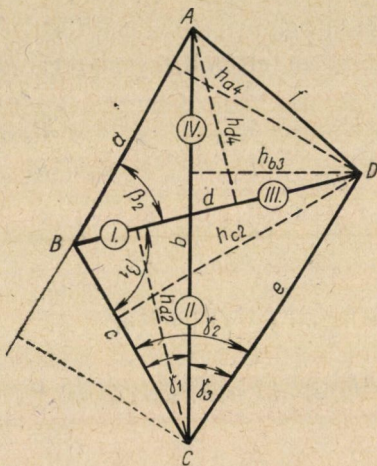
Alakítsuk át a (15a) egyenlet együtthatóit. Jelöljük ehhez a 7. ábrán a [12] szerint I, II, III és IV-gyel jelölt háromszögek területeit $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ -gyel.

A λ_a együtthatója

$$\frac{1}{h_{ca}} = \frac{a}{ah_{ca}} = \frac{a}{2\Delta_1}$$

A λ_b együtthatója

$$\begin{aligned} \frac{1}{b} \left(\frac{k_{bf}}{h_{c,f}} + \frac{k_{ba}}{h_{c,a}} \right) &= \frac{f \cos \beta_1}{2\Delta_3} + \frac{a \cos \beta_2}{2\Delta_1} = \frac{b - e \cos \gamma_3}{2\Delta_3} + \frac{b - c \cos \gamma_1}{2\Delta_1} = \\ &= \frac{bc \sin \gamma_1 (b - e \cos \gamma_3) + be \sin \gamma_3 (b - c \cos \gamma_1)}{4\Delta_1 \Delta_3} = \frac{b(\Delta_1 + \Delta_3 - \Delta_2)}{2\Delta_1 \Delta_3} = \frac{b\Delta_4}{2\Delta_1 \Delta_3} \end{aligned}$$



7. ábra

Ugyanezt az átalakítást elvégezve a többi együtthatóra is, a (15a) egyenlet a következő alakot veszi fel:

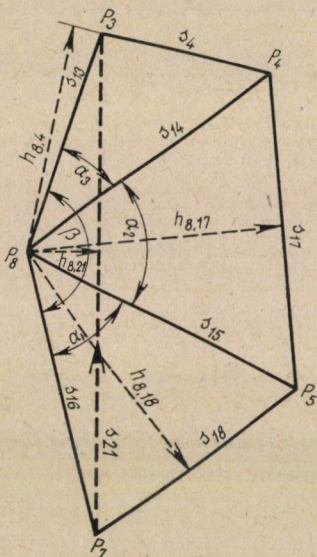
$$\frac{a}{2\Delta_1} \lambda_a - \frac{b\Delta_4}{2\Delta_1 \Delta_3} \lambda_b + \frac{c\Delta_4}{2\Delta_1 \Delta_2} \lambda_c - \frac{d}{2\Delta_2} \lambda_d + \frac{e\Delta_4}{2\Delta_2 \Delta_3} \lambda_e + \frac{f}{2\Delta_3} \lambda_f - l_c = 0. \quad (15b)$$

A (15b) egyenlet megegyezik a (12b) alatt feltüntetett Hubeny-féle összefüggésből származtatott feltételi egyenlettel [9].

Ha most a (15b)-ben levő Δ háromszögterületeket a háromszög megfelelően választott alapja és az ahhoz tartozó háromszögmagasság fél szorzataként fejezzük ki, megkapjuk a hosszálózati négyszög feltételi egyenletének legegyszerűbb Tárczy-Hornoch-féle alakját [12, (3)]:

$$\frac{\lambda_a}{h_{a,1}} - \frac{h_{a,4}}{h_{a,1} h_{b,3}} \lambda_b + \frac{h_{a,4}}{h_{a,1} h_{c,2}} \lambda_c - \frac{\lambda_d}{h_{d,2}} + \frac{h_{d,4}}{d_{d,2} h_{e,3}} \lambda_e + \frac{\lambda_f}{h_{f,3}} - l_c = 0, \quad (15c)$$

amelyben a h értékek az ezek második indexével megadott háromszögnek az első (betű-) indexszel jelölt oldalhoz tartozó magassága. A Tárczy-Hornoch-féle együtthatók alkalmasak grafikus meghatározásra: a négyszög a és d oldalára 2—2, a többi oldalra 1—1, összesen 8 merőleget kell szerkeszteni és azokon 8 magasságot lemérni. Ezekből az együtthatók kiszámítása igen egyszerű.



8. ábra (s_{21} helyett s_{20} írandó)

Megemlítjük még, hogy legutóbb TÁRCZY-HORNOCH felállította a hosszahálózati négyszög algebrai feltételi egyenletét is [13, 14]. Mi az egységes-ség érdekében megtartjuk a (15), ill. (15a) alakot. Ugyanis a (15), ill. (15a) együtthatóinak meghatározásához alkalmazandó grafikus eljárás ugyanaz, mint amelyet általános módszerünknel a többi hosszahálózati alapidom feltételi egyenletének felállításánál amúgy is alkalmaznunk kell.

5.3. Vizsgáljuk meg most az 1. ábrából kiragadott $P_7P_8P_3P_4P_5$ transzverzális rendszert (háromátlós ötszöget) mint kiegyenlítési alapidomot, amelyet a 8. ábrán külön kirajzoltunk. Ennek alapoldalául a 2. pontnak megfelelően a $P_7P_3 = s_{20}$ transzverzálisat választjuk. Most a feltételt következőképpen állapítjuk meg. A $P_7P_8P_3P_7$ zárt sokszögvonal P_7 zárópontjának a P_7P_3 irányú elmozdulása egyenlő legyen az alapoldal s'_{20} mért hosszának és s_{20}° közelítő hosszának különbségével.

Alkalmazzuk a nyomatéki és vetületi tételt a $P_7P_8P_3P_7$ zárt sokszögvonal P_7 zárópontján átmenő P_7P_3 vonatkozási egyenesre (alapoldalra),

$$(v_1 + v_2 + v_3) h_{8,20} + \frac{k_{16,20}}{s'_{16}} \lambda_{16} + \frac{k_{13,20}}{s'_{13}} \lambda_{13} - \lambda_{20} - l'_c = 0. \quad (17)$$

De a (12) alkalmazásával a $P_8P_7P_5$ háromszögből

$$v_1 = \frac{\lambda_{18}}{h_{8,18}} - \frac{k_{16,18}}{s'_{16} h_{8,18}} \lambda_{16} - \frac{k_{15,18}}{s'_{15} h_{8,18}} \lambda_{15}$$

stb.

Ezeket (17)-be helyezve, majd $h_{8,20}$ -szal átosztva, megkapjuk a P_7P_3 transzverzálisra vonatkozó feltételi egyenletet:

$$[c_i \lambda_i]_{i=4, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20} - l_c = 0, \quad (18)$$

amelynek c_i együtthatóit a rajzról lemért h háromszögmagasságokból és k vetületekből, továbbá az s' mérési eredményekből könnyen kiszámíthatjuk. Az állandó pedig

$$l_c = \frac{l'_c}{h_{8,20}} = \frac{s_{20} - s_{20}^0}{h_{8,20}}.$$

5.4. Vizsgáljuk most az 1. ábrán A , 1, 2, 3, 8 és 7 pontokkal meghatározott, transzverzálissal összekapcsolt, négy csatlakozó háromszögből álló alapidomot (transzverzális rendszert), amelyet a 9. ábrán külön kirajzoltunk. Fejezzük ki a transzverzálisra vonatkozó feltételt a 2. pont szerint. Tehát az $AP_1P_2P_3A$ zárt sokszögvonal A zárópontjának az AP_3 alapoldal irányú elmozdulása az s_1, s_2, s_3, s_{21} oldalak $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_{21}$ kis javításának és a β_1, β_2 törésszögek v_{β_1}, v_{β_2} ívmértékben kifejezett, kis változásának együttes hatására legyen egyenlő az alapoldal s'_{21} mért hosszának és a többi oldal s' mért hosszából számított s_{21}^0 közelítő hosszának különbségével. Alkalmazzuk e célból a nyomatéki és vetületi tételt az $AP_1P_2P_3A$ zárt sokszögvonal A zárópontjára, és pedig az AP_3 vonatkozási egyenesre (alapoldalra)

$$(v_1 + v_2 + v_3) h_{1,21} + (v_4 + v_5) h_{2,21} + \lambda_1 \frac{k_{1,21}}{s'_1} + \lambda_2 \frac{k_{2,21}}{s'_2} + \lambda_3 \frac{k_{3,21}}{s'_3} - \lambda_{21} - l_d = 0, \quad (19)$$

amelyben

$$l_d = s'_{21} - s_{21}^0.$$

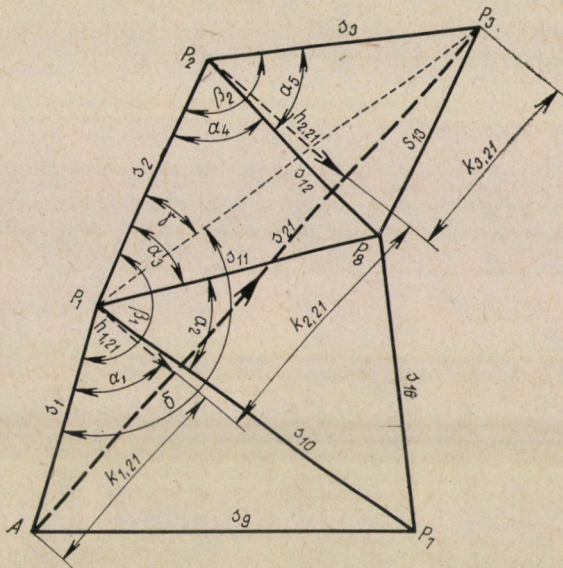
Az s_{21}^0 közelítő érték meghatározásához az s'_2, s'_3 mérési eredményekből és a β_2^0 közelítő értékből kiszámítjuk a P_1P_3 segédoldal közelítő hosszát és a $\gamma^0 = P_2P_1P_3 \sphericalangle$ közelítő szöget, majd a P_1P_3 segédoldal hosszából és a $\delta = P_3P_1A \sphericalangle = \beta_1^0 - \gamma^0$ szögből az S_{21}^0 közelítő értéket.

A (19) összefüggésből ki kell küszöbölni a v szögpotlékokat. Fejezzük ezért ki azokat a (12) alkalmazásával egyenként a megfelelő háromszögből. Így

az AP_1P_7 háromszögből:

$$v_1 = \frac{\lambda_9}{h_{1,9}} - \frac{k_{1,9}}{s'_1 h_{1,9}} \lambda_1 - \frac{k_{10,9}}{s'_{10} h_{1,9}} \lambda_{10} \quad (19a)$$

stb.



9. ábra

amelyeket (19)-be helyezve, megkapjuk az AP_3 transzverzálisra vonatkozó feltételi egyenletet:

$$[d_i \lambda_i]_{i=1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 21} - l_d = 0. \quad (20)$$

s

A (20) egyenlet d_i együtthatóit a hosszálózat, avagy az alapidom alakhelyei vázlatából lemért h és k értékekből, valamint az s' mérési eredményekből számítjuk ki. Az l_d állandót pontosan kell kiszámítani.

Megjegyezzük, hogy HUBENY szerint a 9. ábrán feltüntetett idomnál az AP_3 transzverzálison kívül mérni kell még pl. az AP_8 hosszát is, hogy a feltételi egyenletet, ill. ekkor már két feltételi egyenletet felállíthassuk [9, 112. o., 3. bek.]. TÁRCZY-HORNOCH ehhez azt a figyelemre méltó észrevételt teszi, hogy nincs szükség erre, mert a meg nem mért oldalakat be lehet vinni a kiegyenlítésbe, mint meg nem mért ismeretleneket [12, 408. o.]. Ezt a gondolatot TÁRCZY-HORNOCH később meg is valósította, és felállította a négy csatlakozó háromszög átszeléséből előálló egy fölös méréses hosszálózáti idomra a három feltételi egyenletet, amelyek a mért hosszak ismeretlen javításain kívül tar-

talmazzák a kiegyenlítésbe bevont két nem mért segédoldal számított közelítő értékének javítását mint két meg nem mért ismeretlen. Ugyanakkor rámutattott arra is, hogy: „alkalmazhatjuk ezt az eljárást más és nagyobb alakzatokra is, adott esetben további ismeretlenek bevezetésével [15, 246. o.]”.

Az általunk ismertett eljárás egységesen alkalmazható tetszőleges n számú csatlakozó háromszög átszeléséből előálló idom esetén is, és nem szaporítja — a meg nem mért ismeretleneknek a kiegyenlítésbe való bevonásával — a feltételi egyenletek számát. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a Tárczy-Hornoch-féle feltételi egyenletekből ki lehet küszöbölni a meg nem mért ismeretleneket, és ezáltal a feltételi egyenletek száma 1-re csökkenthető. Ez a kiküszöbölés azonban jelentékeny számítási többletmunkát kíván.

Mielőtt hosszálózatunk további alapidomait vizsgálónk, nézzük meg, hogyan lehetne közvetlenül meghatározni a 9. ábrán feltüntetett P_2, P_8, P_7, P_3 pontok végleges koordinátáit abban az esetben, ha az $AP_1P_2P_3P_8P_7$ transzverzális rendszer nem csatlakoznék további idomokhoz, és az A pont x_A, y_A koordinátáin kívül a P_1 pont x_1, y_1 koordinátái is ismertek volnának. Feltételezzük, hogy már kiszámítottuk a P_2, P_8, P_7 és P_3 pontok közelítő koordinátáit. Ezek pótlékait kell tehát meghatároznunk. Alkalmazzuk a nyomatéki és vetületi tételt e célból az egyetlen P_1P_7 oldalból álló, P_1 kezdőpontú nyílt sokszögvonalon P_7 zárópontján átmenő x és y irányú egyenesre:

$$dx_7 = \frac{x_7^\circ - x_1}{s'_{10}} \lambda_{10} - (y_7^\circ - y_1) v_1$$

$$dy_7 = \frac{y_7^\circ - y_1}{s'_{10}} \lambda_{10} + (x_7^\circ - x_1) v_1,$$

az egyetlen P_1P_8 oldalból álló, P_1 kezdőpontú nyílt sokszögvonalon P_8 pontján átmenő x és y irányú egyenesre:

$$dx_8 = \frac{x_8^\circ - x_1}{s'_{11}} \lambda_{11} - (y_8^\circ - y_1)(v_1 + v_2)$$

$$dy_8 = \frac{y_8^\circ - y_1}{s'_{11}} \lambda_{11} + (x_8^\circ - x_1)(v_1 + v_2),$$

ugyanígy a P_1P_2 oldal P_2 végpontjára:

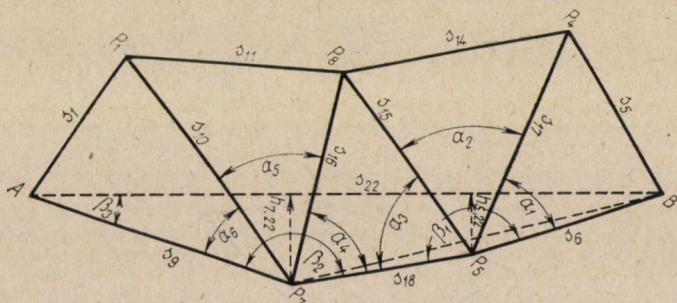
$$dx_2 = \frac{x_2^\circ - x_1}{s'_2} \lambda_2 - (y_2^\circ - y_1)(v_1 + v_2 + v_3)$$

$$dy_2 = \frac{y_2^\circ - y_1}{s'_2} \lambda_2 + (x_2^\circ - x_1)(v_1 + v_2 + v_3),$$

végül a $P_1P_2P_3$ nyílt sokszögvonal P_3 zárópontján átmenő x és y irányú egyenesre:

$$dx_3 = dx_2 + \frac{x_3^\circ - x_2^\circ}{s'_3} \lambda_3 - (y_3^\circ - y_2^\circ) (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5)$$

$$dy_3 = dy_2 + \frac{y_3^\circ - y_2^\circ}{s'_3} \lambda_3 + (x_3^\circ - x_2^\circ) (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5),$$



10. ábra

amely képletekben a v_1, \dots, v_5 ívmértékben kifejezett szögpotlékokat a (19a) szerint számítjuk. Mint látható, a koordinátaotlékok meghatározása nem kíván trigonometriai számítást.

5.5. Az 5.4. pontban tárgyalt AP_3 transzverzálishoz hasonló az 1. ábrán látható AB transzverzális. Két eltérés van. Egyik az, hogy az AB transzverzális nem mért, hanem ismert oldal, azt tehát hibátlannak vehetjük. A másik az, hogy az AB transzverzális nem 4, hanem 5 csatlakozó háromszöget szel át. Az előbbi miatt az $AB = s_{22}$ oldalhossz javítása $\lambda_{22} = 0$. Abban az esetben, ha a más módon meghatározott AB transzverzális nem vesszük hibátlannak, hanem magasabbrendű mérési módszerrel meghatározott, avagy levezetett, nagyobb súlyú valódi vagy fiktív mérési eredménynek tekintjük, célszerű lehet azt is bevinni a kiegyenlítésbe a saját súlyával. A másik eltérés csak azt jelenti, hogy a szögpotlékokat 1-gyel több szögre kell felírni.

A feltételi egyenlet felállításához alkalmazzuk a nyomatéki és vetületi tételt a 10. ábrán külön kirajzolt $AP_1P_3P_4BP_5P_7$ hétszögalapidoiban a BP_5P_7AB zárt sokszögvonal B végpontján átmenő BA vonatkozási egyenesre (alapoldalra). A (19) analógiájára, az előbbiek figyelembevételével:

$$(v_1 + v_2 + v_3) h_{5,22} + (v_4 + v_5 + v_6) h_{7,22} +$$

$$+ \frac{k_{6,22}}{s'_6} \lambda_6 + \frac{k_{18,22}}{s'_{18}} \lambda_{18} + \frac{k_{9,22}}{s'_9} \lambda_9 - \lambda_{22} - l_e = 0, \quad (21)$$

ahol

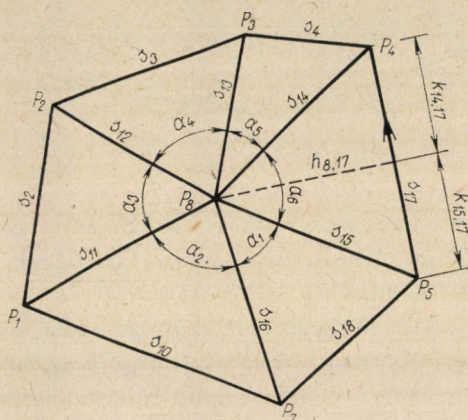
$$l_e = s'_{22} - s_{22}^\circ.$$

Ha az AB hosszat hibátlannak tekintjük, akkor $\lambda_{22} = 0$.

Az s_{22}° közelítő értéket az alapidom mért s' oldalhosszaiból, de az s_{22}' mérési eredmény mellőzésével kell számítani, pl. a BP_7 nem mért segédoldal számításának közvetítésével. Az ívmértékben kifejezett v szögpótlékok indexei a 10. ábrán látható $\alpha_1, \dots, \alpha_6$ szögek indexeinek felelnek meg. A továbbiakban a v_1, \dots, v_6 szögpótlékokat a (12) képlet alkalmazásával a megfelelő háromszögekben fejezzük ki. Így a P_4P_5B háromszögből:

$$v_1 = \frac{\lambda_5}{h_{5,5}} - \frac{k_{6,5}}{s'_6 h_{5,5}} \lambda_6 - \frac{k_{17,5}}{s'_{17} h_{5,5}} \lambda_{17}$$

stb.



11. ábra

Ezeket a (21)-be helyezve, megkapjuk az AB ismert transzverzális feltételi egyenletét:

$$[e_i \lambda_i]_{i=1, 5, 6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 22} - l_e = 0. \quad (22)$$

A (22)-ben $\lambda_{22} = 0$, ha az AB oldalhossz hibátlan.

5.6. Hosszhálózatunk P_8 belső pontjához tartozó centrális rendszer feltételi egyenletének meghatározásához ragadjuk ki az 1. ábráról a $P_1P_2P_3P_4P_5P_7$ hatszöget mint alapidomot, amelyet a 11. ábrán külön kirajzoltunk. Válasszuk ki ebből pl. a $P_5P_8P_4P_5$ zárt sokszögvonalat, és alkalmazzuk a nyomatéki és vetületi tételt a zárt sokszögvonal P_5 zárópontján átmenő P_5P_4 vonatkozási egyenesre (alapoldalra),

$$v_6 h_{8,17} + \frac{k_{15,17}}{s'_{15}} \lambda_{15} + \frac{k_{14,17}}{s'_{14}} \lambda_{14} - \lambda_{17} - l_f = 0, \quad (23)$$

ahol

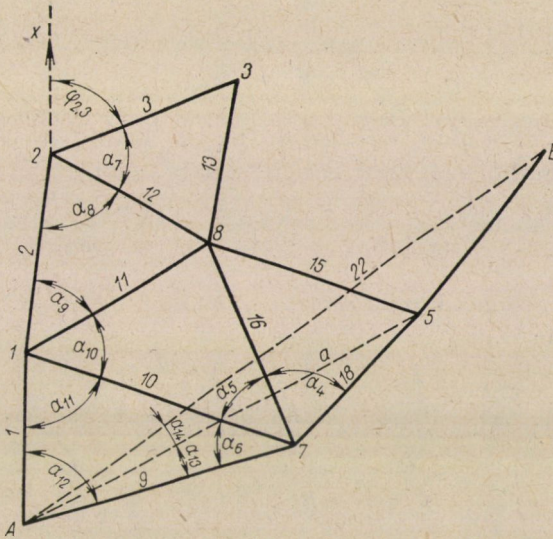
$$l_f = s'_{17} - s_{17}^{\circ}$$

és v_6 az α_6 szög ívmértékben kifejezett pótléka. Az s'_{17} közelítő értéket a centrális alapidomot alkotó s' mérési eredményekből, de az alapoldalra vonatkozó s'_{17} mérési eredmény mellőzésével kell pontosan kiszámítani. Mivel

$$\alpha_6 = 360^\circ - [\alpha_i]_{i=1}^5,$$

ezért

$$v_6 = - [v_i]_{i=1}^5.$$



12. ábra

A v_1, \dots, v_5 szögpótlékokat, a (12) szerint, most is a megfelelő háromszögekből fejezzük ki. Így a $P_8 P_5 P_7$ háromszögből:

$$v_1 = \frac{\lambda_{18}}{h_{8,18}} - \frac{k_{16,18}}{s'_{16} h_{8,18}} \lambda_{16} - \frac{k_{15,18}}{s'_{15} h_{8,18}} \lambda_{15}$$

stb.

.....

amely kifejezéseket (23)-ba helyezve, megkapjuk a P_8 pont centrális rendszerének feltételi egyenletét:

$$[f_i \lambda_i]_{i=2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18} - l_f = 0. \quad (24)$$

5.7. Vizsgáljuk végül a P_2 jelű hálózati pontból kiinduló $(2,3) \cong s_{3j}$ jelű oldal $\varphi_{2,3}$ azimutjára vonatkozó feltételt. Ezt abból a követelményből állapítjuk meg, hogy a $\varphi_{2,3}$ azimutnak egyenlőnek kell lennie azzal az értékkel, amelyet ugyanerre az azimutra az $AB = s_{22}$ jelű oldalnak az A és B végpontjai ismert, hibátlannak vett x_A, y_A, x_B, y_B koordinátáiból számított $\varphi_{A,B}$ azimut-

ból vezethetünk le (12. ábra), vagyis

$$\varphi_{2,3} = \varphi_{A,B} - [\alpha_i]_{i=7}^{12} + [\alpha_i]_{i=13}^{14}.$$

Ebből

$$- [v_i]_{i=7}^{12} + [v_i]_{i=13}^{14} - w_{2,3} - l_g = 0. \quad (25)$$

A (25)-ben $v_{i(i=7, \dots, 14)}$ és $w_{2,3}$ az $\alpha_{i(i=7, \dots, 14)}$ és $\varphi'_{2,3}$ szögek ívmértékben kifejezett kis változásai. Az

$$l_g = \varphi'_{2,3} - \varphi_{2,3}^{\circ}$$

állandóban $\varphi'_{2,3}$ az $s_{2,3}$ oldal mért azimutja, $\varphi_{2,3}^{\circ}$ pedig ennek az azimutnak a $\varphi_{A,B1}$ ismert azimutból számított közelítő értéke, azaz

$$\varphi_{2,3}^{\circ} = \varphi_{A,B} - [\alpha_i^{\circ}]_{i=7}^{12} + [\alpha_i^{\circ}]_{i=13}^{14},$$

amelyben α_i° , az α_i szögek közelítő értékei.

A 12. ábra alapján

$$v_{13} = \frac{\lambda_{18}}{h_{A,18}} - \frac{k_{9,18}}{s'_9 h_{A,18}} \lambda_9 - \frac{k_{a,18}}{s'_{22} h_{A,18}} \lambda_a \quad (26)$$

$$v_{14} = \frac{\lambda_6}{h_{A,6}} - \frac{k_{a,6}}{ah_{A,6}} \lambda_a. \quad (27)$$

De az AP_5P_7 háromszögből a (11) alkalmazásával

$$\lambda_a = (v_4 + v_5 + v_6) h_{7,a} + \frac{k_{9,a}}{s'_9} \lambda_9 + \frac{k_{18,a}}{s'_{18}} \lambda_{18},$$

amelyet (26)-ba és (27)-be helyezve

$$v_{13} = \left(\frac{1}{h_{A,18}} - \frac{k_{a,18} k_{18,a}}{ah_{A,18} s'_{18}} \right) \lambda_{18} = \left(\frac{k_{9,a} k_{a,18}}{as'_9 h_{A,18}} - \frac{k_{9,18}}{s'_9 h_{A,18}} \right) \lambda_9 - \frac{k_{a,18} h_{7,a}}{ah_{A,18}} [v_4 + v_5 + v_6] h_{7,a} \quad (28)$$

$$v_{14} = \frac{\lambda_6}{h_{A,6}} - \frac{k_{a,6} h_{7,a}}{ah_{A,6}} (v_4 + v_5 + v_6) - \frac{k_{a,6} k_{9,a}}{ah_{A,6} s'_9} \lambda_9 - \frac{k_{a,6} k_{18,a}}{ah_{A,6} s'_{18}} \lambda_{18}. \quad (29)$$

Ha a v_4 , v_5 és v_6 szögváltozásokat a megfelelő háromszögekből (12) szerint a λ hosszváltozásokkal fejezzük ki, és ezeket behelyettesítjük (28)-ba és (29)-be, majd a (28) és (29) kifejezéseket, továbbá a $[v_i]_{i=7}^{12}$ szögváltozásoknak ugyancsak a megfelelő háromszögekből (12) szerint meghatározott kifejezéseit (25)-be helyezzük, megkapjuk a $\varphi_{2,3}$ azimut feltételei egyenletét:

$$[g_i \lambda_i]_{i=1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18} + w_{2,3} - l_f = 0. \quad (30)$$

Megjegyezzük, hogy abban az esetben, ha a hálózatnak csak egyetlen, mondjuk az A pontja volna ismert, a $\varphi_{2,3}$ azimut mérése nem volna fölös mérés, mert az egyetlen $\varphi_{2,3}$ azimutot az x_A és y_A koordinátákkal együtt hibátlanak kellene tekintenünk, és a hálózat tájolására kellene felhasználnunk. Egyetlen ismert hálózati pont esetén akkor állíthatunk fel azimutfeltételi egyenletet, vagy egyenleteket, ha legalább $r \geq 2$ oldal azimutját mértük. Ilyenkor $(r-1)$ azimutfeltételi egyenletet írhatunk fel. Ha pl. az $s_{2,3} = s_3$ oldal $\varphi_{2,3}$ azimutján kívül az $s_{A,1} = s_1$ oldal $\varphi_{A,1}$ azimutját is mértük, akkor a $\varphi_{2,3}$ azimutfeltételi egyenlet a 12. ábra alapján felírható

$$\varphi_{A,1} - [a_i]_{i=7}^{11} + 180^\circ = \varphi_{2,3}$$

összefüggésből

$$- [v_i]_{i=7}^{11} + w_{A,1} - w_{2,3} - l_g = 0, \quad (31)$$

ahol az

$$l_g = \varphi'_{2,3} - \varphi_{2,3}^\circ$$

állandóban $\varphi'_{2,3}$ az $s_{2,3}$ oldal mért azimutja, $\varphi_{2,3}^\circ$ pedig ugyanezen azimutnak a $\varphi_{A,1}$ mért azimutból és az α_i közelítő szögekből számított közelítő értéke. A v_i értékeket a (12) szerint a megfelelő háromszögekből kifejezve, kapnók a $\varphi_{2,3}$ azimut feltételi egyenletét:

$$[g_i \lambda_i]_{i=1, 2, 3, 9, 10, 11, 12} + w_{A,1} - w_{2,3} - l_g = 0. \quad (32)$$

6. A kiegyenlítés végrehajtása és a koordináták számítása

Hosszhálózatunkat a (13a), (16), (18), (20), (22), (24) és (30) jelű hét feltételi egyenlet alapján az ismert korrelátamódszer szerint egyenlíthetjük ki. A mérési eredményeket súlyozhatjuk. A hálózati pontok koordinátáinak kiszámítására kétféle módszert alkalmazhatunk. Az egyik az, hogy a λ javításokkal javított s hosszakból újból kiszámítjuk a hálózat — most már végleges — szögeit. Meg kell még határozni az ismert irányszögű AB oldalnak az A vagy B végpontján csatlakozó valamelyik mért oldallal, pl. az $AP_7 = s_9$ oldallal bezárt végleges szögét. E célból számítjuk a 10. ábrán megjelölt BP_7 nem mért segédoldal hosszát az s_6, s_{18} és $\beta_1 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ végleges értékekből, majd a β_3 szöget a végleges s_9, s_{22} hosszakból és a segédoldal kiszámított P_7B hosszából. Az AB transzverzális irányszögének, továbbá a kiszámított β_3 szög és a hálózat végleges szögei ismeretében meghatározhatjuk valamennyi irányszöveget és valamennyi hálózati pont végleges koordinátáit.

A végleges koordináták számításának másik módja az, hogy már az s' mérési eredményekből számítjuk a hálózati pontok x°, y° közelítő koordiná-

táit (ugyanúgy mint a közvetítő mérések módszerénél, vagyis a koordinátakiegyenlítésnél), majd a kiegyenlítés során meghatározott λ hosszjavításokból számítjuk a hálózati pontok x° , y° közelítő koordinátáinak dx , dy pótlékait. Utóbbiakhoz úgy jutunk, hogy előbb kiszámítjuk a hálózat szögei ismert közelítő értékeinek v pótlékait a (12) képlet alkalmazásával. Avégből, hogy az ismert koordinátákkal megadott AB transzverzális ismert irányszögéből meg tudjuk határozni a hálózat többi oldalának w irányszögpótlékait, vagyis hogy a hálózatot tájékozott helyzetbe hozzuk, most is ki kell számítani az AB transzverzális egyik végpontjából kiinduló valamelyik oldal, pl. a 10. ábrán az $AP_7 = s_9$ oldal végleges $\varphi_{A,7}$ irányszögét a P_7B segédoldal közvetítésével. Az $s_{A,7}$ oldal végleges $\varphi_{A,7}$ irányszögének és közelítő $\varphi_{A,7}^\circ$ irányszögének különbsége a $\varphi_{A,7}^\circ$ irányszög pótléka:

$$d\varphi_{A,7} = \varphi_{A,7} - \varphi_{A,7}^\circ,$$

vagy ívmértékben

$$w_{A,7} = \frac{d\varphi_{A,7}}{\rho''}.$$

Ennek felhasználásával és a hálózati szögek v pótlékainak segítségével egyszerűen határozható meg valamennyi s_i oldal w_i irányszögpótléka. Az irányszögpótlékok ismeretében a koordinátapótlékok ugyancsak egyszerűen számíthatók. A P_7 pont koordinátapótlékai:

$$dx_7 = \frac{x_7^\circ - x_A}{s_9'} \lambda_9 - (y_7^\circ - y_A) w_{A,7}$$

$$dy_7 = \frac{y_7^\circ - y_A}{s_9'} \lambda_9 + (x_7^\circ - x_A) w_{A,7},$$

a P_1 pont koordinátapótlékai:

$$dx_1 = \frac{x_1^\circ - x_A}{s_1'} \lambda_1 - (y_1^\circ - y_A) w_{A,1}$$

$$dy_1 = \frac{y_1^\circ - y_A}{s_1'} \lambda_1 + (x_1^\circ - x_A) w_{A,1},$$

a P_2 pont koordinátapótlékai:

$$dx_2 = dx_1 + \frac{x_2^\circ - x_1^\circ}{s_2'} \lambda_2 - (y_2^\circ - y_1^\circ) w_{1,2}$$

$$dy_2 = dy_1 + \frac{y_2^\circ - y_1^\circ}{s_2'} \lambda_2 + (x_2^\circ - x_1^\circ) w_{1,2},$$

a P_3 pont koordinátapótlékai:

$$dx_3 = dx_1 + dx_2 + \frac{x_3^\circ - x_2^\circ}{s_3'} \lambda_3 - (y_3^\circ - y_2^\circ) w_{2,3}$$

$$dy_3 = dy_1 + dy_2 + \frac{y_3^{\circ} - y_2^{\circ}}{s_3'} \lambda_3 + (x_3^{\circ} - x_2^{\circ}) w_{2,3}.$$

Hasonlóképpen számíthatjuk a többi pontok koordinátapótlékait. Ha pl. az AP_7P_5B sokszögvonalon jutunk el az ismert B pontba, akkor

$$dx_B = dx_7 + dx_5 + \frac{x_B - x_5^{\circ}}{s_6'} - (y_B - y_5^{\circ}) w_{3,B} \quad (32)$$

$$dy_3 = dy_7 + dy_5 + \frac{y_B - y_5^{\circ}}{s_6'} + (x_B - x_5^{\circ}) w_{3,B}.$$

Mivel a B pont x_B, y_B koordinátái adottak, a (32)-vel számított dx_B, dy_B koordinátapótlékoknak a számítási élesség határán belül nullának kell lenniök. Ilyen módon tehát annyi ellenőrzést kaphatunk, ahány sokszögvonalon át vezetjük a koordinátapótlékok számítását A pontból B pontba.

7. Vetítés

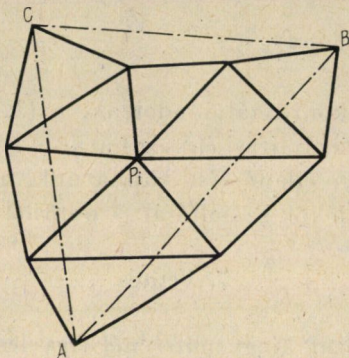
Kiterjedt hosszahálózat kiegyenlítésénél figyelembe kell venni a vetületi torzulásokat. Ennek legegyszerűbb módja, hogy az összes hosszmerési eredményeket redukáljuk az alapfelületre: gömb- vagy ellipszoidfelületre, majd a redukált hosszakat a hossztorzulási tényezők segítségével átszámítjuk a képfelületre. Ügyelni kell arra, hogy az ismert pontok koordinátái ugyanarra a képfelületre vonatkoztatva legyenek megadva, illetve azokat felhasználásuk előtt át kell számítani erre a képfelületre. A hálózati szögek közelítő értékeit és a közelítő koordinátákat is a választott képfelületen számítjuk, s magát a kiegyenlítést is ezen végezzük. Az eredményül kapott végleges hosszak, szögek és koordináták ugyancsak a választott képfelületre vonatkoznak.

El lehet végezni a kiegyenlítést az alapfelületen (gömb- vagy ellipszoidfelületen) is, de ez kívül esik e tanulmány keretein.

8. Alkalmazás hosszmeréses kitöltőhálózatra

Az eddig ismert elektrooptikai és elektromágneses távmérőműszer-típusok általában igen nagy pontosságúak, ezért valószínű, hogy a gyakorlatban nem lesz szükség túl sok fölös mérést alkalmazni. Szó lehet pl. arról is, hogy a kényszerfeltételeket a belső hálózati pontokra mint centrális rendszerekre korlátozzuk, s így diagonálisokat és transzverzálisokat nem mérünk, amint erre már HUBENY is rámutatott [8]. A méretarány biztosítása, egyben a hálózatnak az alappontrendszerbe való beillesztése és betájolása céljából célszerűen három ismert (alap-) pontra építhetjük a hosszahálózatot. Így pl. a 13. ábrán feltüntetett kitöltőhálózatnál, — amely abban tér el az 1. ábrán meg-

adott hálózattól, hogy diagonálisokat, transzverzálisokat, azimutot és szöget nem mértünk, viszont ismertek az A , B és C pontok —, a P_i centrális rendszerre és az AB , AC , BC ismert transzverzálisokra felírható, összesen 4 feltételi egyenlet már biztosítja mind a 18 mért oldalnak a kiegyenlítésbe való bevonását és egyben a hálózatnak az A , B , C alappontrendszerbe való szoros beillesztését. Ilyen és hasonló esetekben előnyös a kiegyenlítést az I. eljárás, vagyis a feltételes mérések módszere szerint, az általunk bemutatott új elv alapján végezni.



13. ábra

Ha ugyanezt a hosszálózatot (13. ábra) a II. eljárás, vagyis a közvetítő mérések módszere szerint egyenlítenők ki, 18 javítási egyenlet kellene felírunk és 14 normálegyenletet megoldanunk. A III. eljárás alkalmazása esetén pedig ugyanígy sok számítási munkát kellene végezni ahhoz, hogy a 14 koordinátapótlékot a II. eljárás 18 javítási egyenletéből kiküszöböljük, és a feltételi egyenletek számát — az I. eljárásnak megfelelően — négyre csökkentjük.

Érdekes összehasonlítani a 13. ábrán feltüntetett hosszmeréses kitöltőhálózat itt tárgyalt kiegyenlítését az ugyanilyen, de szögméréses kitöltőhálózat kiegyenlítésével [16]. Mindkét esetben fel kell állítani — az egyéb feltételi egyenleteken kívül — egy-egy transzverzális egyenletet a három fiktív háromszögoldalra (AB , AC , BC). A 13. ábra szerinti hosszmeréses kitöltőhálózat esetén a három transzverzális egyenlet azonos a (22) egyenletünkkel, a 13. ábrával megegyező szögméréses kitöltőhálózatnál [16, 1. ábra] a transzverzális egyenleteket a $[16, (3')]$ adja. Az előbbi — hibátlan transzverzális feltételezve — 11 mért hossz javítását vonja össze egy egyenletbe, az utóbbi 15 mért szög javítása és egy nem mért közelítő hossz pótléka között ad összefüggést. A két fajta transzverzális egyenlet között fennálló tartalmi eltérés miatt természetesen nem lehet a kettőt kölcsönösen egymásra átalakítani. De nem azonos a két egyenlet felállításának elve sem. Az ismert szögméréses transzverzális egyenlet levezetéséhez a [16] tanulmány a transzverzális két

végpontját összekötő törtvonal szakaszait vetíti a transzverzálisra. A vetített oldalakat a hosszfeltételi egyenlet ismert felállítási módja szerint a kiindulásul vett oldalhossz közelítő értékéből a sinustétel ismételt alkalmazásával fejezi ki. Ezután sorbafejtéssel teszi a vetületi egyenletet lineárisrá. A mi hosszmeréses transzverzális egyenletünk felírásához egyszerűen a nyomatéki és vetületi tételt alkalmaztuk.

Bizonyos hasonlóság azért mutatkozik a két transzverzális egyenlet között. Ez abban áll, hogy mindkét egyenlet együtthatóinak kifejezéseiben megtaláljuk a transzverzális két végpontját összekötő, háromszögoldalakkal álló törtvonal sarokpontjainak a transzverzálisról mért merőleges távolságait és a háromszögoldalnak a transzverzálisra vonatkoztatott vetületeit. Ezen túlmenően az együtthatók kifejezéseik azonban nem azonosak.

Megjegyezzük, hogy a szögméréses kitöltőhálózat fiktív oldalaira vonatkozó [16, (3')] szögméréses transzverzális feltételi egyenlethez is el lehet jutni az általunk alkalmazott elvi módszerrel: a nyomatéki és vetületi tétel alkalmazásával. Ilyen módon egyszerűbben, sorbafejtés nélkül, kapjuk meg a szögméréses transzverzális egyenletet. De elvi módszerünkkel elő tudunk állítani olyan szögméréses transzverzális feltételi egyenletet is, amelyik a [16, (3) és (3')] egyenletei tagjainak számánál 5-tel kevesebb tagot, azaz kevesebb számú szögjavítást tartalmaz. Erről a *Geodézia és Kartográfia* folyóiratban számolunk majd be.

9. Alkalmazás kiterjedtebb hosszmeréses hálózatra

Mutassuk be még az eljárásnak nagyobb hosszmeréses hálózatra való alkalmazását, pl. a 14. ábrán megadott egyszerű háromszögméretűn. Mértük valamennyi háromszögoldal hosszát (összesen 80 oldal s_j hosszát), és ismerjük a P_0 kezdőpont x_0, y_0 koordinátáit, valamint a $P_{n-1} P_0$ oldal $\varphi_{n-1,0}$ irányszögét (azimutját). A fölös mérések f száma, mivel $p = 2n = 40$ hálózati pontunk van,

$$f = S - 2p + 3 = 3.$$

A felírható 3 koszorúfeltételi egyenletet legegyszerűbben következőképpen nyerhetjük. Írjuk fel a háromszögméretű $n = 20$ belső oldala által alkotott $P_0 \dots, P_i \dots, P_n = P_0$ zárt sokszögvonalra az ismert három feltételt: a szög- és a két koordinátafeltételt.

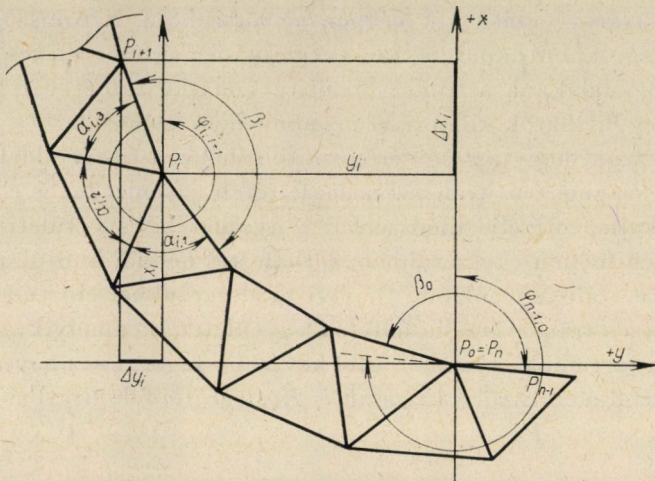
A szögfeltételt az a követelmény adja, hogy a $P_{n-1} P_0$ oldalnak a $\beta_0, \dots, \beta_i, \dots, \beta_{n-1}$ törésszögekből számított irányszöge tartozik egyenlő lenni a $P_{n-1} P_0$ oldal ismert $\varphi_{n-1,0}$ irányszögével, vagy ami ugyanazt jelenti, a koszorú belső szögeinek összege egyenlő legyen $k \cdot 180^\circ$ -kal, ahol $k = (n - 2)$. Ehhez képest

$$[\beta_1^\circ + v_{\beta i}] - k \cdot 180^\circ = 0, \quad (33)$$

ahol β_i^o a zárt sokszögvonal belső törésszögeinek az s' mérési eredményekből számított közelítő értékei és $v_{\beta i}$ ezek ismeretlen pótlékai. De

$$\beta_i + v_{\beta i} = 360^\circ - (\alpha_{i1}^o + \alpha_{i2}^o + \alpha_{i3}^o + v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}), \quad (34)$$

ahol $\alpha_{i,1}^o$, $\alpha_{i,2}^o$ és $\alpha_{i,3}^o$ a közös P_i csúcsú hálózati szögek közelítő értékei, amelyeket egyenként az őket tartalmazó egy-egy háromszög oldalainak mért



14. ábra

s' hosszaiából számíthatunk ki, és $v_{i,1}$, $v_{i,2}$, $v_{i,3}$ e szögek ismeretlen pótlékai. A (34)-et (33)-ba helyezve,

$$- [\alpha_{i,1}^o + \alpha_{i,2}^o + \alpha_{i,3}^o] - [v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}] + K 180^\circ. \quad (35)$$

Fejezzük ki a $v_{i,1}$, $v_{i,2}$, $v_{i,3}$ szögpótlékokat (12) szerint a megfelelő háromszögekből az oldalak λ javításaival, és helyezzük ezeket a kifejezéseket (35)-be. Ekként megkapjuk a szögfeltételi egyenletet:

$$- [a_j \lambda_j] - l_a = 0, \quad (36)$$

ahol

$$l_a = K 180^\circ - [\alpha_{i,1}^o + \alpha_{i,2}^o + \alpha_{i,3}^o].$$

A (36)-ban a j index a hálózat összes oldalaira terjed ki, K egész szám.

Az x és y irányra vonatkoztatott koordinátafeltételt megkapjuk, ha a nyomatéki és vetületi tétel segítségével kifejezzük azt a követelményt, hogy a $P_0, \dots, P_i, \dots, P_n$ zárt sokszögvonal $P_n = P_0$ végpontjának x és y irányú

elmozdulása az oldalhosszak λ_i javításainak és a törésszögek $v_{\beta i} = v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}$ változásainak együttes hatására nulla tartozik lenni:

$$\begin{aligned} \left[\lambda_i \frac{\Delta x_i}{s'_i} \right] + [v_{\beta i} y_i] - l_b &= 0 \\ \left[\lambda_i \frac{\Delta y_i}{s'_i} \right] - [v_{\beta i} x_i] - l_c &= 0, \end{aligned} \quad (37)$$

ahol

$$\begin{aligned} l_b &= [s'_i \cos \varphi_{i,t+1}^\circ] \\ l_c &= [s'_i \sin \varphi_{i,t+1}^\circ] \\ \varphi_{i,t+1}^\circ &= \varphi_{n-1,0} - [\alpha_{i,1}^\circ + \alpha_{i,2}^\circ + \alpha_{i,3}^\circ] \pm k 180^\circ. \end{aligned}$$

Helyezzük (37)-be a

$$v_{\beta i} = - [v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}]$$

kifejezéseket:

$$\begin{aligned} \left[\lambda_i \frac{\Delta x_i}{s'_i} \right] - [(v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}) y_i] - l_b & \\ \left[\lambda_i \frac{\Delta y_i}{s'_i} \right] + [(v_{i,1} + v_{i,2} + v_{i,3}) x_i] - l_c &. \end{aligned} \quad (38)$$

Végül, ha a $v_{i,1}$, $v_{i,2}$, $v_{i,3}$ szögpotlékok (12) szerint meghatározott — a szögfeltételi egyenlet felírása során már felhasznált — kifejezéseit (38)-ba helyezzük, megkapjuk a két koordinátafeltételi egyenletet:

$$[b_j \lambda_j] - l_b = 0 \quad (39)$$

$$[c_j \lambda_j] - l_c = 0, \quad (40)$$

amelyek ugyancsak tartalmazzák valamennyi oldal (hossz) keresett λ javítását.

A kiegyenlítést a (36), (39) és (40) feltételi egyenletek alapján a szokásos módon végezhetjük. Ha egyes háromszögdalakat mint alapoldalakat, magasabb rendű méréssel mértünk, és ezért a kiegyenlítés során hibátlannak tekinthetjük, az eltérés csak az, hogy az ezekre vonatkozó tagok a (36), (39) és (40) egyenletekből kiesnek.

Kiegyenlíthetjük a 14. ábrán adott háromszökoszorút a 2. eljárással (koordinátakiegyenlítéssel) is. Ehhez 80 javítási egyenletet, s ezekből 80 normálegyenletet kell felírni és megoldani. Egy-egy javítási egyenlet felírása óval egyszerűbb az 1. eljárás egy-egy feltételi egyenletének felírásánál, de

a 2. eljárás valamennyi, összesen 80 javítási egyenletének felírása már nem egyszerűbb az 1. eljárás mindössze 3 normálegyenleténél. Több nagyságrenddel nagyobb ugyanakkor a 2. eljárás 80 normálegyenletének megoldásához szükséges számítási munka, mint amennyi az 1. eljárás 3 normálegyenletének megoldásához kell. Az 1. eljárás itt tehát gazdaságosabb a 2. eljárásnál. Az I. táblázatban adtuk meg a számítás végrehajtásához szükséges számítási

I. táblázat

A 14. ábrán feltüntetett hosszsméréses háromszöghozsorú kiegyenlítésének számítási munkaszükséglete az 1. és 2. eljárás alkalmazása esetén

Eljárás	Számítási feladat	Számítási műveletek száma		
		szorzás, osztás	összeadás, kivonás	összesen
1.	a) 3 feltételi egyenlet 240 együtthatójának számítása	580	340	920
	b) 3 normálegyenlet 9 együtthatójának számítása	240	231	471
	c) 3 normálegyenlet megoldása (korreláták számítása)	18	10	28
	d) Hosszjavítások számítása a 3 korrelátából	240	160	400
	e) Koordinátapótlékok számítása	260	240	500
	Összesen	1338	981	2 319
	Ebből az előkészítő és utólagos számítás (a + b + d + e)	1320	971	2 291
2.	a) 80 javítási egyenlet 320 együtthatójának számítása	320	—	320
	b) 80 normálegyenlet 320 együtthatójának számítása	1280	910	2 190
	c) 80 normálegyenlet megoldása (koordináta pótlékok számítása)	7319	5925	13 244
	Összesen	8919	6835	15 754
	Ebből előkészítő számítás (a + b)	1600	910	2 710

Megjegyzés. A műveletek számai meghatározásának módszerét és a végeredmények megbízhatóságának a műveletek számától függő csökkenését későbbi tanulmányban fogjuk ismertetni.

műveletek kb. számait a 14. ábra szerinti háromszöghozsorúnak az 1. és 2. eljárás szerint végzett kiegyenlítése esetén (a normálegyenletek megoldásához a Gauss-féle kiküszöbölő módszer alkalmazását feltételezve). A táblázat adatai szerint a fejlesztett 1. eljárás előkészítő és utólagos számítási munkája, amelyet nem gazdaságos elektronikus számítógépre programozni, kb. 20%-kal kisebb a 2. eljárás előkészítő számításának munkaszükségleténél. A 2. eljárás normálegyenletei megoldásához végzendő számítási műveletek száma jó két nagyságrenddel nagyobb az 1. eljárás normálegyenleteinek megoldásával szemben. Ezt a körülményt az elektronikus számítógép használata esetén sem szabad teljesen figyelmen kívül hagyni, mert a számítás végeredményeinek megbízhatósága az elektronikus számítógép használatánál is csökken — az

egyed számítási műveletek során fellépő kikerekítési hibák halmozódása következtében — a számítási műveletek számának növekedésével. E kérdés tüzetesebb vizsgálata fontos, különösen igen sok ismeretlenű normálegyenlet-rendszerek esetén, de kívül esik e tanulmány keretein.

IRODALOM

1. TÁRCZY-HORNOCH A.: Hosszhálózati négyszögek kiegyenlítése koordinátákkal a feltételes mérések módszere szerint, *Geod. és Kart.* 1963.
2. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Ausgleichung der Einrechnungszüge, *Bánya- és Kohómérnöki Osztály Közleményei*, Sopron 1953.
3. HAZAY I.: Geodéziai Kézikönyv II. kötet, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1957.
4. FIALOVSKY L.: Sokszögvonal záróponi koordinátáinak, záróoldalának és záróoldalirányának középhibája. *Geod. és Kart.* 1964.
5. FIALOVSKY L.: A sokszögelés kiegyenlítésének módszerei és azok értékelése, *MTA VI. Oszt. Közl.* 31 (1962).
6. FIALOVSKY L.: A sokszögelés kiegyenlítésének módszerei és azok értékelése II. rész, *MTA VI. Oszt. Közl.* 34 (1964).
7. FIALOVSKY, L.: Ausgleichung von beitseitig angeschlossenen Polygonzügen grosser Länge, *Allg. Verm. Nachr.*, 1964.
8. HAMMER, F.: Zur Ausgleichung von Streckennetzen, *Ztschf. f. Verm.*, 1911.
9. HUBENY, K.: Ausgleichung von Dreiecksnetzen mit direkt gemessener Seiten, *Österr. Ztschf. f. Verm.* 1950.
10. HOVÁNYI L.: A kiegyenlítés szempontjából legkedvezőbb feltételi egyenlet megállapítása a tiszta hosszmeréses diagonális rendszerben, *MTA VI. Oszt. Közl.* 24. (1959).
11. TÁRCZY-HORNOCH A.: További észrevételek a hosszhálózatos geodéziai négyszögeknek a legkisebb négyzetek szerinti kiegyenlítéséhez, *MTA VI. Oszt. Közl.* 30 (1963).
12. TÁRCZY-HORNOCH A.: Über die Ausgleichung von Streckennetzen, *Acta Techn. Hung.*, VII.
13. TÁRCZY-HORNOCH A.: A hosszhálózati négyszögek kiegyenlítése algebrai függvények segítségével, *Geod. és Kart.* 1964.
14. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Ausgleichung der Streckenvierecke mit Hilfe von algebraischen Funktionen, *Ztschf. f. Verm.*, 1964.
15. TÁRCZY-HORNOCH A.: A meg nem mért ismeretlenű feltételes mérések kiegyenlítésének felhasználási lehetőségeiről, *Geod. és Kart.* 1963.
16. HŐNYI E.: Kitéltőhálózatunk kiegyenlítésének részletes ismertetése, *Geod. és Kart.*, 1959.

A KÜLFEJTÉSEK ALAPVETŐ PARAMÉTEREIRŐL

KOVÁCS FERENC

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. november 12-én]

A tanulmány röviden utal a külfejtések paramétereivel foglalkozó irodalomra, majd javaslatot tesz három alapvető paraméterre. A három paraméter megválasztásának helyességét indokolja. Az önköltség és a termelési kapacitás, valamint a lehordási tényező közötti összefüggést statisztikai adatok felhasználásával vizsgálja. A külfejtések kapacitásának jellemző mutatószámaként a megmozgatott összes tömeg mennyiségének alkalmazását javasolja, a mélyművelésű bányák paramétereit között szereplő időegység alatt termelt hasznos ásvány mennyiségével szemben.

Az elkövetkezendő időben hazánk külfejtéses bányászata jelentősen fejlődni fog. A tervek szerint 1980-ban már külfejtéssel fogjuk termelni az összes széntermelés 40%-át. Bauxittermelésünk ugrásszerű növelésében szintén jelentős szerep jut a külfejtéseknek. Az új művelési mód gazdasági jelentőségének növekedésével párhuzamosan annak elméleti kérdéseivel is foglalkozni kell.

A külfejtések alapvető paramétereivel a szovjet irodalomban részletesen foglalkozik [2, 3, 4, 5, 6]. FIDELEV A. Sz. a [2] alatt idézett cikkében a külfejtések alapvető paramétereinek a következőket jelöli meg: a külfejtés határait, a fejtés rendszerét és a feltárás módját. A [3, 4, 6] tanulmányok szerzői a külfejtések termelési kapacitását jelölik meg az egyik főparaméterként. A külfejtési mező ésszerű méreteinek meghatározásával az [5] cikk foglalkozik.

A mélyművelésű bányauzemek számára részletesen kidolgozott alapvető paraméterek analógiájára [1] írjuk fel a külfejtések három főparaméterét:

1. A főárok (vezérárok) vagy főárkok helye
2. A külfejtési mező kiterjedése (dőlés- és csapásirányban)
1. A külfejtés termelési kapacitása

A mélyművelésű bányák szállítóaknájának szerepét a külfejtésekben a feltárás módjától függően a főárok vagy főárkok veszik át. A főárkokban történik ugyanis a fejtés szállítószintjeiről a hasznos termék és a lehordott meddő egy részének, esetenként teljes mennyiségének kiszállítása a fejtési térből. A főárok helyét analitikai számításokkal azon feltétel alapján határozhatjuk meg, hogy a vele összefüggő fajlagos költségek értéke minimális legyen. A feltárás módját és a tervezett fejtési rendszer sajátosságait természetesen a főárok helyének kijelölésekor döntő tényezőként kell figyelembe venni. Lehetséges azonban olyan fejtési rendszer — például szállítóhid alkalmazása,

belső hányóra történő szállítás — ahol a főárok nem telepíthető a számításokkal meghatározott optimális helyre.

A külfejtési mező méreteit is célszerűen a csapás-, illetőleg dőlésirányú kiterjedésével jellemezhetjük, minthogy a fejtés homloka csapásirányú, a homlok haladási iránya pedig a dőlésiránnyal egyezik meg.

A mező méreteinek meghatározásakor egymástól lényegesen eltérő két esetet kell megkülönböztetni. Az első esetben a lehordandó fedőrétegek vastagsága állandó, a másodikban változik.

Az első esetben az előfordulás jellemzőinek, a fajlagos külfejtési és mélyművelési költségek figyelembevételével a kritikus mélység értékét kell meghatározni. Ha az előfordulás fedőrétgvastagsága kisebb mint a számított mélység, akkor az előfordulás külfejtéssel való kitermelése gazdaságosabb. Ezek után a mező méreteivel összefüggő költségek elemzése alapján határozzuk meg az optimális méreteket.

A második esetben a legcélszerűbb mélység meghatározása a külfejtési mező dőlésirányú méretét is rögzíti. Természetesen, ez fordítva is igaz, azaz az optimális dőlésmenti kiterjedés jelen esetben a külfejtés kritikus mélységét adja.

A kritikus mélység számítása a hasznos termék és a meddőlehordás fajlagos költségei alapján történik. Ezen költségek a termelési kapacitás függvényében azonban lényeges változást mutatnak. A számításokban ezért nem hanyagolható el, hogy a felhasznált fajlagos költségek mekkora termelési kapacitáshoz tartoznak. A kritikus külfejtési mélység számításával foglalkozó különböző módszerek [7] ezt a kérdést nem világítják meg kellőképpen. A fajlagos költségeknél nem jelölik meg, hogy milyen kapacitáshoz tartoznak.

Az alábbiakban a fentebb említett kérdéseket a Szovjetunió 33 vasércet termelő külfejtése adatainak felhasználásával vizsgáljuk. Az 1. ábra szemlélteti az érc k önköltségének [Rub/t] változását a q_0 érctermelés [10^6 t/év] függvényében. A pontthalmaz szétválasztása nélkül a változás tendenciája nem látható világosan. A μ lehordási tényező [t/t] nagysága alapján két csoportot állítottunk fel oly módon, hogy mindkettőbe közel azonos számú pont essék. A pontok szétválasztása $\mu = 2$ -nél történt. A szétválasztás után mindkét csoporton belül egyértelművé válik az önköltség változása a termelés függvényében. A tele körökkel jelölt pontoknál $\mu > 2$, az üres karikáknál $\mu < 2$. A pontok közé másodfokú kiegyenlítő parabolákat illesztettünk. A kiegyenlítő parabolák egyenletét a k irányú eltérések négyzetösszegének minimuma alapján számítottuk. A kapcsolat szorosságának jellemzésére a korrelációs indexet számítottuk.

Az 1 jelű parabola egyenlete: /

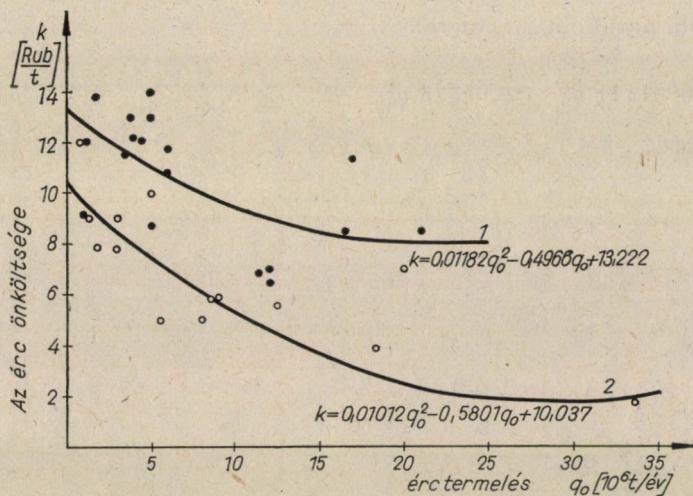
$$k = 0,01182 q_0^2 - 0,4966 q_0 + 13,222 ,$$

$$I = 0,6597 .$$

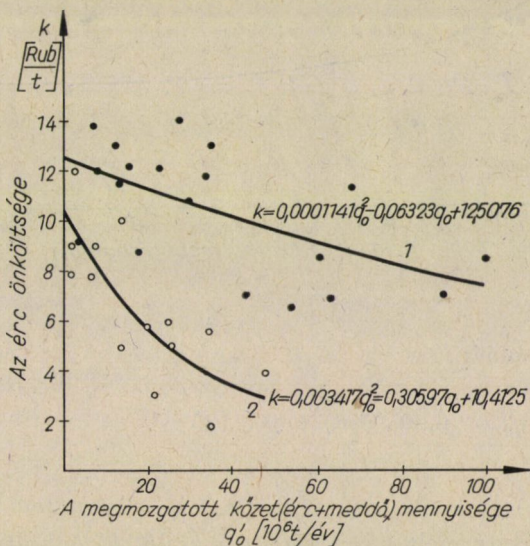
A 2 jelű paraboláé:

$$k = 0,01012 q_0^2 - 0,5801 q_0 + 10,037,$$

$$I = 0,8488.$$



1. ábra



2. ábra

Az ábráról leolvasható, hogy a termelés és a lehordási tényező nagysága milyen hatással van a termelt érc önköltségének alakulására.

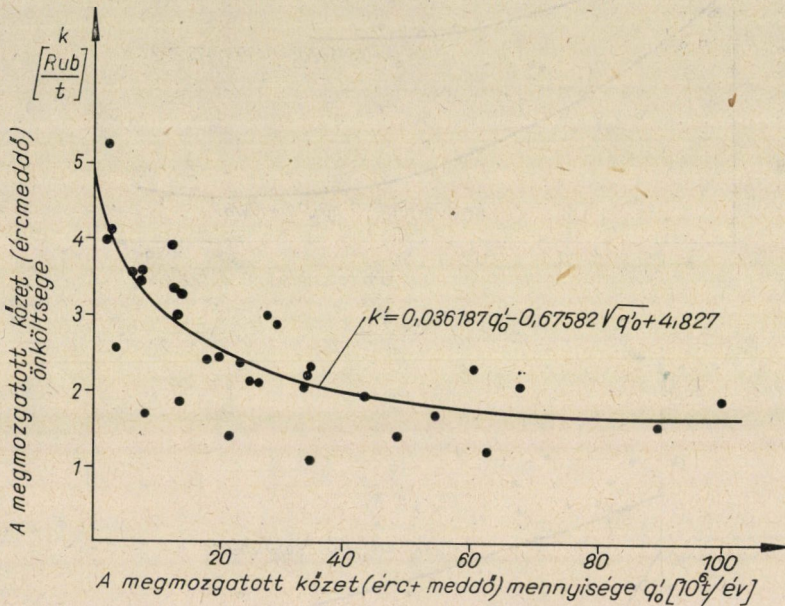
A 2. ábrán az összes kitermelt kőzet (érc + meddő) q'_0 mennyiségének $[10^6 \text{ t/év}]$ függvényében ábrázoltuk az érc önköltségének változását. A jelölé-

sek az 1. ábra jelöléseivel egyezők, azonban a 2. ábrán q_0 helyett mindenütt q'_0 olvasandó. A pontok közé itt is másodfokú parabolákat iktattunk, amelyek jellege azonos az 1. ábrán látható parabolák lefutásával és a lehordási tényező nagysága szerinti szétválasztás is hasonló eredményt hozott.

Az 1 jelű parabola egyenlete:

$$k = 0,0001141 q_0'^2 - 0,06323 q_0' + 12,5076 ,$$

$$I = 0,6022 .$$



3. ábra

A 2 jelű paraboláé:

$$k = 0,003417 q_0'^2 - 0,30597 q_0' + 10,4125 ,$$

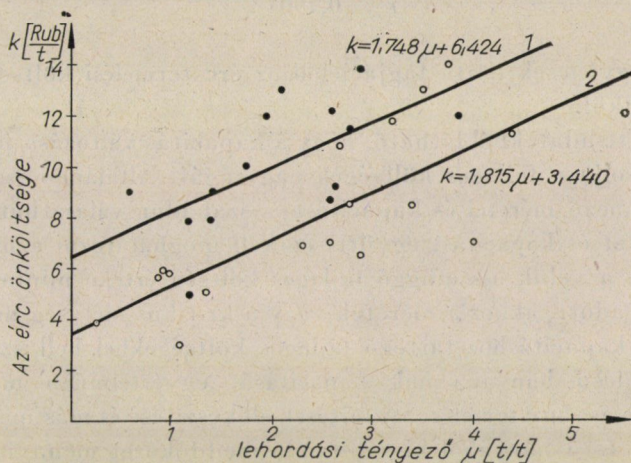
$$I = 0,7759 .$$

A 3. ábrán a kitermelt kőzet (érc + meddő) k' önköltségének [Rub/t] változását a kitermelt kőzet mennyiségének (q'_0) függvényében ábrázoltuk. Az adatokat tartalmazó irodalomban [4] ez az önköltség szerepel ilyen formában, ahol az érc termelésének költségét azonosnak veszik a meddőlehordás költségével, mivel az előfordulásoknál a kísérő- és takarókőzetek szilárdsága az érc szilárdságával közel azonos. Ez esetben a hasznos termék (érc) teljes önköltsége a $k = k'(1 + \mu)$ képletből számítható, amely általában (szén,

ásványok) külfejtéses termelése esetében a

$$k = k'' + \mu k',$$

képlettel számítható, ahol k'' a hasznos ásvány termelési költsége a meddő-lehordási költség nélkül. A 3. ábrára felrakott fajlagos költség lényegében



4. ábra

tehát a meddőlehordás költségét jelenti. A pontthalmaz lehordási tényező szerinti szétválasztásának jelen esetben nincs értelme. Ez, miként az ábráról látszik is, ez esetben nem is lehetséges. A számított kiegyenlítő parabola egyenlete:

$$k' = 0,036187 q_0' - 0,67582 \sqrt{q_0'} + 4,827,$$

$$I = 0,7526 .$$

A kapacitás növekedésével a fajlagos lehordási költség az érc önköltségének változásához hasonlóan csökken.

A 4. ábrán a termelt érc önköltségét a lehordási tényező függvényében ábráztuk. A pontok szétválasztása itt az évenként kitermelt kőzet mennyiségének (q_0') alapján történt. A $20 \cdot 10^6$ t/év határ felett üres körrel, alatta pedig kitöltött körrel jelöltük a pontokat. A kiegyenlítő egyeneseket a k irányú eltérések négyzetösszegének minimuma alapján számítottuk. Az ábráról leolvasható, hogy az önköltség a lehordási tényező függvényében nagyjából lineárisan változik és nagyobb kapacitásokhoz szemmel élesen különválasztható kisebb önköltségek tartoznak. Az 1 egyenes egyenlete

$$k = 1,748 \mu + 6,424 ,$$

a korrelációs együttható pedig: $r = 0,6274$.

A 2 egyenes egyenlete

$$k = 1,815 \mu + 3,440 ,$$

a korrelációs együttható pedig:

$$r = 0,7904 .$$

A kiegyenlítő egyenesek tiszta tagja jelöli az érc termelési költségét a lehordási költség nélkül.

Az elemzett adatokból látható, hogy a kapacitás változása jelentős mértékben befolyásolja a fajlagos költségek nagyságát. Általános esetben tehát, ha a külfejtési mező méretei és kapacitása is szabadon választható, a legkedvezőbb méreteket és kapacitást együttesen kell meghatározni azon feltételből kiindulva, hogy a velük összefüggő fajlagos költség értéke minimális legyen. Ha a kapacitás adott, akkor a méretek vagy a kritikus mélység meghatározásakor az adott kapacitáshoz tartozó fajlagos költségekkel kell számolni.

Mélyművelésű bányüzemek kapacitását egyértelműen meghatározza az üzem hasznos ásvány temelése. A fejtések előkészítése és más mellékmunkák során kitermelt és a bányából kiszállítandó meddőközet mennyisége sokszor elhanyagolható, de kedvezőtlen esetekben sem haladja meg a hasznos termék 10—15%-át. Alapvetően más a helyzet külfejtések esetében. A hasznos termék mennyisége csak egy részét teszi ki a mozgatandó összes kőzetnek. A vizsgált 33 külfejtési esetben a lehordási tényezőnek az egyes külfejtések termelési mennyisége szerint súlyozott átlaga 2,72. Gyakran találunk olyan külfejtéseket is, ahol a lehordási tényező a fenti érték 3—4-szerese. A lehordandó meddőközet jövesztése, rakodása és szállítása ugyanolyan berendezést, energiát és munkaerőt igényel, mint a hasznos ásvány kitermelése. Egy adott q_0 kapacitású üzem beruházási költsége, munkaslétszáma stb. lényegesen eltérő lesz különböző lehordási tényezők mellett. A külfejtéses üzem nagyságát tehát nem jellemzi egyértelműen csak a hasznos ásvány termelt mennyisége. Ezért a külfejtések termelési kapacitását a kitermelt összes termék (hasznos ásvány + meddő) időegységre (év, nap) eső mennyiségével célszerűbb jellemezni. A lehordási tényező a külfejtés termelési idejének minden szakaszában adott, ezért a q'_0 kapacitás egyértelműen meghatározza az időegységre eső hasznos ásvány kitermelt mennyiségét is:

$$q_0 = \frac{q'_0}{1 + \mu} .$$

Meredek telepeket művelő külfejtések esetében különösen indokolt a q'_0 bevezetése, hiszen állandó telepvastagság mellett, ha a hasznos ásvány

termelt mennyisége állandó is, a lehordandó meddő vastagságának rohamos növekedésével mindig újabb és újabb szinteket kell kiképezni, ami új beruházást, létszámnövelést stb. követel, ezeket a változásokat pedig a q_0 értéke nem tükrözi.

Az elmondottak alapján tehát az látszik célszerűnek, hogy a külfejtéses üzem termelési volumenét a q'_0 jellemezze. A legkedvezőbb paraméterek meghatározásakor a hasznos termék fajlagos termelési költségét a mező méreteinek és a q'_0 függvényében kell felírni. Ha a külfejtés méretei adottak, akkor a függvény független változója q'_0 , amelynek optimális értéke a hasznos termék fajlagos termelési költségének minimumánál van.

E tanulmányban röviden csak a külfejtések alapvető paramétereiről és azok legkedvezőbb értékének meghatározásáról szóltunk, nem tekintettük feladatunknak, hogy a másodrendű paraméterek (szintek és osztószintek magassága, a pászták szélessége) szerepét is megvilágítsuk.

IRODALOM

1. ZAMBÓ János: Bányászati telepítések analitikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1960.
2. Фиделев, А. С.: Расчетные методы при проектировании карьеров. Техника и технология открытых горных работ. Углетехиздат Москва 1959.
3. Капустин, Н. Г.: Обоснование производственной мощности карьера. Техника и технология открытых горных работ. Углетехиздат, Москва 1959.
4. Арсентьев, А. И.: Определение производительности и границ карьеров. Госгортехиздат, 1961.
5. Кмитовенко, А. Т., Русский, И. И., Новичков, С. И.: Определение рациональных размеров карьерного поля. Изв. Высш. Учеб. Завед. Горный Журнал, 1961. № 9.
6. Скрипка, Л. В., Раймыслов, Ю. С.: К вопросу определения производственной мощности углеразрезов на Итатском месторождении. Уголь, 1958. № 1.
7. PANTÓ Dénes: Külfejtés és mélyművelés gazdaságos határa. Bányászati Kutató Intézet I-II-63-2/a számú kutatási részjelentése.

A KÜLFEJTÉS TERMELÉSI KAPACITÁSÁNAK ÉS MÉRETEINEK EGYÜTTES MEGHATÁROZÁSA ÁLLANDÓ FEDŐRÉTEGVASTAGSÁG ESETÉBEN

KOVÁCS FERENC

NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1964. november 12-én]

A tanulmány a külfejtések paramétereinek együttes meghatározásával foglalkozik. A paraméterek függvényében felírja a beruházási, az állandó jellegű üzemi és a mozgatás és energiavesztés költségét. Az egyenletrendszer grafikus úton oldja meg. A beruházási költségek egyenletét és az egy napra eső állandó jellegű üzemi költség értékét szövet külfejtések adatainak felhasználásával határozza meg. A számítások közben a devizaátszámítási kulcs meghatározásának egy lehetőségét is megvilágítja.

Az [5] tanulmányban adott kapacitás mellett határoztuk meg a külfejtési mező méreteit. Ha az üzem termelését nem rögzíti valamely fogyasztó szénigénye, akkor a kapacitást is a méretekkel együtt célszerű meghatározni.

Tételezzünk fel egy közel szintes előfordulást állandó telep- és takarórétegvastagsággal. Az előfordulás dőlésmenti kiterjedése legyen B [m], amelyet adottnak tekintünk. A termelt szenet az O osztályozó berendezéshez szállítjuk és így az [5] cikk feladatához hasonlóan az osztályozó B' átszerelési távolságát és a mező A csapásmenti kiterjedését számítjuk a q_0 [t/nap] termelési kapacitás mellett.

Az 1. ábrán vázolt külfejtésnél a szén és a meddő szállítása is gumiszalaggal történik. A külfejtés üzeme párhuzamos, ami azt jelenti, hogy a homlok önmagával párhuzamosan halad előre. A szalagszállítás előnyeiként említhető, hogy folyamatos üzeme biztosítja a jövesztőgépek jó kihasználását, nagy a termelékenysége, a mozgatandó holt teher a hasznos teherhez viszonyítva igen kicsi, nagy magasságkülönbségeket rövid úton győz le, a szalag tetszőleges helyén végezhető az ürités és külső vagy belső hányóra való szállításhoz egyaránt alkalmas.

A méretekkel és a kapacitással összefüggő költségek elemzése során külön vizsgáljuk a beruházási és üzemi költségeket [1].

A beruházási költségek összege három fő részből tevődik össze. Az első költségrész, melyet K_{b1} -el jelölünk, a q_0 -tól függő beruházási költség. Ez a tervezés, a szociális, igazgatási és kulturális építkezések, az előzetes víztelenítés, a jövesztő-, rakodó- és szállítógépek beszerzési költségeit foglalja magában. Ez a költség [6] alapján így írható fel:

$$K_{b1} = a_1 q_0^2 \text{ [Ft]}. \quad (1)$$

A beruházási költség második összetevője a nyitóárok kialakításának kiadásait tartalmazza, amely a következő alakban írható:

$$K_{b2} = K_{bn} + cA \quad [\text{Ft}], \quad (2)$$

ahol

K_{bn} = a külfejtés végrézsüiből eltávolítandó meddő lehordási költsége:

$$K_{bn} = h^2 \cdot \gamma \cdot k_n (\cot \varrho_3 + \cot \varrho_4) \left[h (\cot \varrho_1 + \cot \varrho_2) + \frac{D}{2} \right] \quad [\text{Ft}].$$

$$c = h \cdot \gamma \cdot k_n \left[D + \frac{h}{2} (\cot \varrho_1 + \cot \varrho_2) \right] \quad [\text{Ft/m}],$$

h = a széntelep és takaróréteg összvastagsága [m],

D = a nyitóárok fenekének szélessége [m],

γ = a fedőréteg átlagos térfogatsúlya [t/m^3],

k_n = a nyitóárokból eltávolítandó meddő lehordásának fajlagos költsége [Ft/t].

$\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3$ és ϱ_4 az 1. ábrán látható I, II, III és IV metszet átlagos rézsűszöge.

A harmadik rész az osztályozó építési, szerelési és az átépítésnél szükséges új berendezéseinek beszerzési költsége. Az osztályozó beruházási költsége a kapacitás függvényében:

$$K_{b3} = a_2 q_0^v \quad [\text{Ft}]. \quad (3)$$

Az (1) és (3) képletben szereplő r kitevő a gyakorlatban különböző is lehet. A beruházások összege ezek után:

$$K_b = K_{b1} + K_{b2} + K_{b3} = a_1 q_0^v + K_{bn} + cA + a_2 q_0^v \quad [\text{Ft}]. \quad (4)$$

Az egy tonna szénre eső fajlagos beruházási költség

$$k_b = \frac{a_1 q_0^v + K_{bn} + cA}{AB Q_0} + \frac{a_2 q_0^v}{A B' Q_0} \quad [\text{Ft/t}], \quad (5)$$

ahol Q_0 = az 1 m^2 -ről kitermelhető ásványvagyon [t/m^2].

Az üzemi költségek elemzése során csak azokat a költségeket vesszük számításba, amelyek fajlagos értéke a termelési kapacitástól vagy a mező méreteitől függ.

A q_0 -tól függ az egy napra eső állandó jellegű üzemi költség fajlagos értéke, amely az alábbi összefüggéssel fejezhető ki:

$$k_a = \frac{K_n}{q_0} \quad [\text{Ft/t}],$$

ahol K_n = az egy napra eső állandó jellegű üzemi költség [Ft/nap].

A mozgás és mozgatás költségei közül csak a szállítás és az energiavesztés költségével számolunk az [5] tanulmányban részletesen levezetett összefüggések alapján. A mozgás és mozgatás egy tonnára eső költsége:

$$k_m = b_1 \cdot A + b_2 \cdot B' + b_3 \text{ [Ft/t]}.$$

A fajlagos üzemi költség összege:

$$k_{\bar{u}} = \frac{K_n}{q_0} + b_1 A + b_2 B' + b_3 \text{ [Ft/t]}. \quad (6)$$

A fajlagos beruházási és üzemi költségek összege az (5) és (6) kifejezésből:

$$k = \frac{a_1 q_0^r + K_{bn}}{A B Q_0} + \frac{c}{B Q_0} + \frac{a_2 q_0^v}{A B' Q_0} + \frac{K_n}{q_0} + b_1 A + b_2 B' + b_3. \quad (7)$$

Az optimális paraméterek értékét szélsőértékszámítással határozzuk meg:

$$\frac{\partial k}{\partial q_0} = \frac{a_1 \cdot v \cdot q_0^{r-1}}{A B Q_0} + \frac{a_2 \cdot v \cdot q_0^{v-1}}{A B' Q_0} - \frac{K_n}{q_0^2} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial k}{\partial A} = -\frac{a_1 q_0^r}{A^2 B Q_0} - \frac{K_{bn}}{A^2 B Q_0} - \frac{a_2 q_0^v}{A^2 B' Q_0} + b_1 = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial k}{\partial B'} = -\frac{a_2 q_0^v}{A B'^2 Q_0} + b_2 = 0. \quad (10)$$

Vezessünk be egyszerűsítő jelöléseket:

n

$$c_1 = \frac{a_1 \cdot v}{B Q_0}; \quad c_2 = \frac{a_2 \cdot v}{Q_0}; \quad c_3 = \frac{a_1}{B Q_0}; \quad c_4 = \frac{K_{bn}}{B Q_0}; \quad c_5 = \frac{a_2}{Q_0};$$

A (8), (9) és (10) egyenletek az egyszerűsítés és rendezés után:

$$(c_1 B' + c_2) q_0^{r+1} = K_n A B', \quad (11)$$

$$(c_3 B' + c_5) q_0^r + c_4 B' = b_1 A^2 B' \quad (12)$$

$$c_5 q_0^v = b_2 A B'^2 \quad (13)$$

A (13) egyenletből A kifejezhető:

$$A = \frac{c_5 \cdot q_0^v}{b_2 \cdot B'^2} \quad (14)$$

Az A értékét helyettesítsük be a (11) és (12) egyenletekbe:

$$(c_1 B' + c_2) q_0^{v+1} = K_n \frac{c_5 \cdot q_0^v}{b_2 \cdot B'}, \quad (15)$$

$$(c_3 B' + c_5) q_0^v + c_4 \cdot B' = b_1 \frac{c_5^2 \cdot q_0^2}{b_2^2 \cdot B'^3}. \quad (16)$$

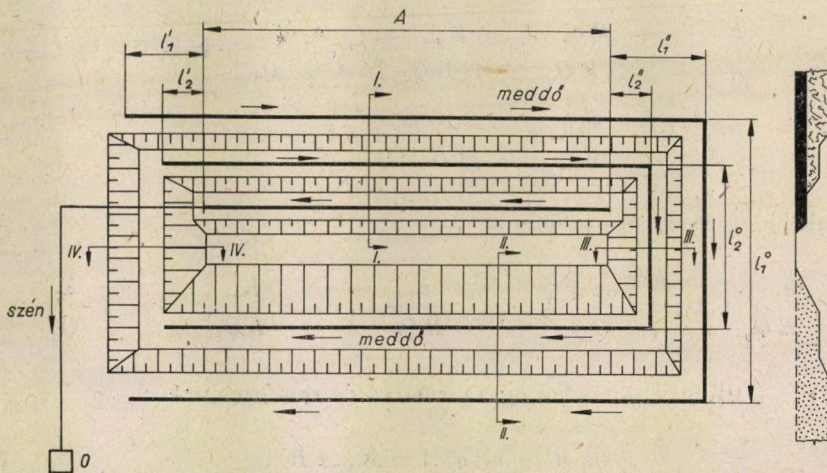
A (15) egyenletből a B' a q_0 függvényében, a (16) egyenletből pedig a q_0 kifejezhető a B' függvényében:

$$B' = \varphi(q_0) = \frac{1}{2} \left(-\frac{c_2}{c_1} \pm \sqrt{\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 + \frac{4 \cdot K_n \cdot c_5}{c_1 \cdot b_2 \cdot q_0}} \right), \quad (17)$$

$$q_0 = \psi(B') =$$

$$= \sqrt[2]{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{b_2^2 \cdot c_3}{b_1 \cdot c_5^2} B'^3 + \frac{b_2^2}{b_1 c_5} B'^4 \right) \pm \sqrt{\left(\frac{b_2^2 c_3}{b_1 c_5^2} B'^4 + \frac{b_2^2}{b_1 c_5} B'^3 \right)^2 + \frac{4 \cdot c_4 \cdot b_2^2 B'^4}{b_1 \cdot c_5^2}} \right]} \quad (18)$$

A $\varphi(q_0)$ és $\psi(B')$ görbéket egy B' és q_0 tengelyű derékszögű koordinátarendszerben ábrázolva, a két görbe metszéspontja adja a B' és q_0 optimális értékeit.



1. ábra

A B'_{opt} és q_{0opt} értékeket a (14) egyenletbe helyettesítve, az A_{opt} értékét kapjuk.

A továbbiakban vizsgáljuk a kérdést egy szám példa segítségével. A szám adatok felvételekor részletesen kell elemezni a beruházási költség egyenletét és az egy napra eső állandó jellegű üzemi költség meghatározását.

A [6] alatt ismertetett elv szerint szovjet adatokból határozzuk meg a beruházási költség egyenletét. Az 1. táblázat tartalmazza 51 szovjet szénkülféjtés kapacitását és beruházási költségét [2, 3, 4, 7]. A 2. ábrára raktuk fel az adatokat és a számított egyenletet. A görbe egyenlete:

$$K_b = a q_0^n = 142,37 q_0^{0,761263} \quad [10^6 \text{ rub}] .$$

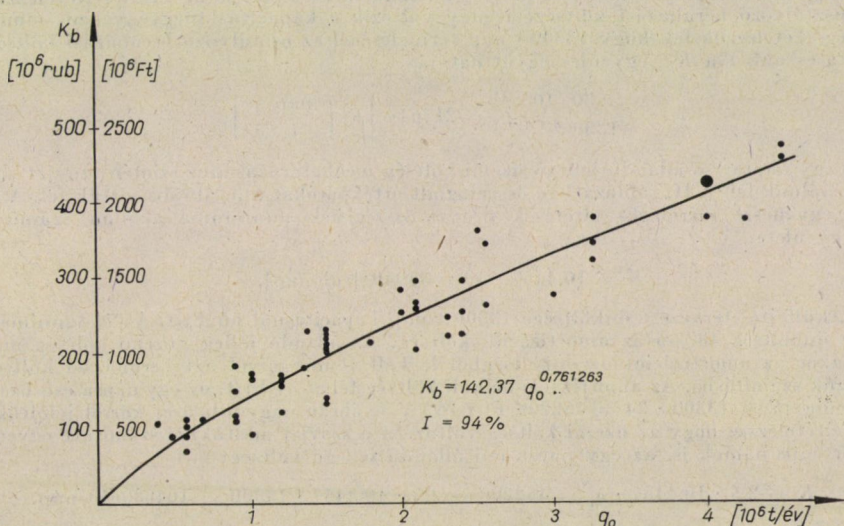
A korrelációs index:

$$I = 0,9388 \cong 94\% .$$

I. táblázat

Szovjet szénkülféjtések beruházási adatai

	q_0 [10^6 t/év]	K_b [10^6 rub]		q_0 [10^6 t/év]	K_b [10^6 rub]		q_0 [10^6 t/év]	K_b [10^6 rub]
1	0,4	108	18	1,2	171,5	35	2,1	296,1
2	0,5	89	19	1,35	178,9	36	2,3	222
3	0,6	72,1	20	1,35	227,7	37	2,3	247,5
4	0,6	89,4	21	1,5	133,6	38	2,4	223
5	0,6	104	22	1,5	139,6	39	2,4	254
6	0,6	113	23	1,5	199	40	2,4	295
7	0,7	110	24	1,5	201	41	2,5	360
8	0,9	110	25	1,5	204	42	2,55	260,1
9	0,9	116	26	1,5	210	43	2,55	345
10	0,9	150	27	1,5	214	44	3,0	277
11	0,9	183,6	28	1,5	232	45	3,25	321,4
12	1,0	90,5	29	1,8	263	46	3,25	343,8
13	1,0	166,7	30	2,0	252	47	3,25	377,6
14	1,0	173,4	31	2,0	282	48	4,0	376
15	1,2	122	32	2,1	203,7	49	4,25	374
16	1,2	158	33	2,1	260	50	4,5	455
17	1,2	162	34	2,1	264	51	4,5	472



2. ábra

Ismert a Visonta I. külfejtés tervezett $4 \cdot 10^6$ t/év kapacitásához tartozó beruházási költség, amely $2125 \cdot 10^6$ Ft [7]. Ennek az adatnak megfelelő pontot a 2. ábrán nagy körrel jelöltük. A szovjet adatokból nyert kitevővel olyan egyenletet számítunk, amely átmegey a Visonta I. külfejtés beruházási költségét jelölő ponton. A kapacitást t/nap dimenzióban helyettesítve, kapjuk:

$$a_1 = \frac{2125 \cdot 10^6}{13300^{0,761263}} = 1541900 \left[\text{Ft} \left(\frac{\text{nap}}{\text{t}} \right)^{0,761263} \right].$$

II. táblázat

Az egy napra eső üzemi költség szovjet szénkülfejtéseknél

	$\left[10^3 \frac{q_0}{\text{nap}} \right]$	$\left[10^3 \frac{\text{rub}}{\text{nap}} \right]$		$\left[10^3 \frac{q_0}{\text{nap}} \right]$	$\left[10^3 \frac{\text{rub}}{\text{nap}} \right]$		$\left[10^3 \frac{q_0}{\text{nap}} \right]$	$\left[10^3 \frac{\text{rub}}{\text{nap}} \right]$
1	1,67	43,09	9	2,50	73,63	17	5,83	83,07
2	1,67	49,60	10	2,50	89,80	18	5,83	104,12
3	1,67	55,95	11	4,16	70,60	19	5,83	113,69
4	2,50	47,25	12	4,16	82,53	20	8,33	118,75
5	2,50	51,86	13	4,16	83,66	21	13,33	131,60
6	2,50	56,75	14	4,16	87,90	22	13,33	170,53
7	2,50	59,38	15	4,16	96,26	23	13,33	180,93
8	2,50	62,20	16	4,16	96,97			

A felhasználható egyenlet:

$$K_{b_1} = 1541900 \cdot q_0^{0,761263} \quad [\text{Ft}].$$

A rubelben számított egyenletből a $4 \cdot 10^6$ t/év kapacitásnak megfelelő beruházási költség $409,1 \cdot 10^6$ rub. Így számítható egy Ft/rub átszámítási kulcs:

$$e_1 = \frac{2125}{409,1} = 5,19 \quad [\text{Ft/rub}].$$

A K_{b_3} egyenlet meghatározásához nem áll rendelkezésünkre adat, ezért feltételezzük, hogy az osztályozó beruházási költsége is úgy változik a kapacitás függvényében, mint a K_{b_1} költség. Tétélezzük fel, hogy 13300 t/nap termelésénél az osztályozó beruházási költsége $30 \cdot 10^6$ Ft és akkor a K_{b_3} egyenlet együtthatója:

$$a_2 = \frac{30 \cdot 10^6}{13300^{0,761263}} = 21767 \left[\text{Ft} \left(\frac{\text{nap}}{\text{t}} \right)^{0,761263} \right].$$

Az egy napra eső állandó jellegű üzemi költség meghatározásához szintén szovjet adatokat használunk fel. A II. táblázatban összefoglalt értékpárokat a 3. ábrába vittük fel. A ki-egyenlítő egyenesre merőleges eltérések négyzetösszegének minimuma alapján számított egyenes egyenlete:

$$K = 10,4457 \cdot q_0 + 35949 \quad [\text{rub/nap}].$$

Visonta I. külfejtés tervezett önköltsége 13300 t/nap kapacitásnál 66 Ft/t. A [7] tanulmány szerint az önköltség 48% -a az amortizációs költség. Az állandó jellegű üzemi költség meghatározásakor az amortizációt az önköltségből le kell vonni, mivel azt beruházási költségként vesszük számításba. Az amortizáció nélküli költség tehát 34 Ft/t, az egy napra eső üzemi költség pedig: $K = 13300 \cdot 34 = 452200$ Ft/nap. A 3. ábrán nagyobb üres körrel jelöltük e pontot. Feltételezve, hogy az üzemi költség változása a szovjet adatokból számított egyenes szerint történik nálunk is, az egy napra eső állandó jellegű költség:

$$K_n = K - 2,5 \cdot 10,4457 \cdot q_0 = 452200 - 2,5 \cdot 10,4457 \cdot 13300 = 104880 \quad \text{Ft/nap}.$$

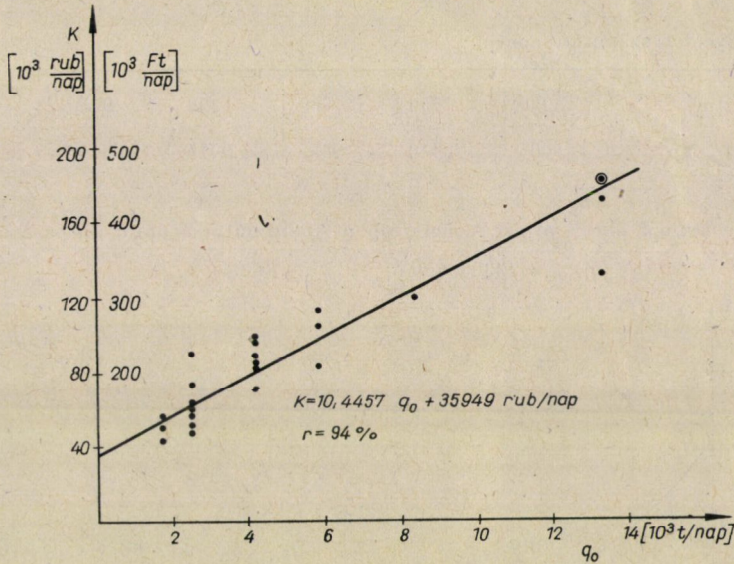
A 2,5-es szorzó a megváltozott léptéket veszi számításba.

A szovjet adatok a 66 Ft/t tervezett önköltségének felelnek meg, tehát az amortizációt

is magukban foglalják, ezért itt is lehetőség nyílik a Ft/rub átszámítási kulcs képzésére:

$$e_2 = \frac{13300 \cdot 66}{174876,8} = 5,02 \text{ [Ft/rub].}$$

A kapott két átszámítási kulcs jó egyezést mutat. A szovjet adatok régi rubelben vannak adva. Ezek szerint tehát a hivatalos 2,93 Ft/rub átszámítási kulcs a bányászat sajátos viszonyai között a fenti érték körül van. E két adatból általánosítani természetesen nem szabad, lényegesen több magyar adat birtokában lehetne megnyugtató átszámítási kulcsot keresni.



3. ábra

A számításokhoz az alábbi adatokat vegyük fel:

$$a_1 = 1541900 \text{ Ft} \left(\frac{\text{nap}}{\text{t}} \right)^{\nu}, \quad a_2 = 21767 \text{ Ft} \left(\frac{\text{nap}}{\text{t}} \right)^{\nu}, \quad \nu = 0,761263$$

$$Q_0 = 15 \text{ t/m}^2, \quad B = 5500 \text{ m}, \quad \gamma = 2,2 \text{ t/m}^3, \quad h = 45 \text{ m}, \quad D = 30 \text{ m}, \quad K_n = 104880 \text{ Ft},$$

$$k_n = 15 \text{ Ft/t}, \quad \cot \varrho_1 = 2,747, \quad \cot \varrho_2 = \cot \varrho_4 = 3,732, \quad \cot \varrho_3 = 2,144,$$

$$K_{bn} = 45^2 \cdot 2,2 \cdot 15 (2,144 + 3,732) [45 (2,747 + 3,732) + 15] \cong 120 \cdot 10^6 \text{ Ft},$$

$$c = 45 \cdot 2,2 \cdot 15 [30 + 22,5 (2,747 + 3,732)] = 261000 \text{ Ft/m},$$

$$c_1 = \frac{1541900 \cdot 0,761263}{5500 \cdot 15} = 14,23, \quad c_3 = \frac{1541900}{5500 \cdot 15} = 18,69,$$

$$c_2 = \frac{21767 \cdot 0,761263}{15} = 1104,69, \quad c_4 = \frac{120 \cdot 10^6}{5500 \cdot 15} = 1454,54,$$

$$c_5 = \frac{21767}{14} = 1451,13, \quad b_1 = 0,004 \text{ Ft/tm}, \quad b_2 = 0,001 \text{ Ft/tm}, \quad b_3 = 6 \text{ Ft/t},$$

$$\frac{c}{B} Q_0 = \frac{261000}{5500 \cdot 15} = 3,16 \text{ Ft/t}.$$

A (17) egyenlethez számított pontok:

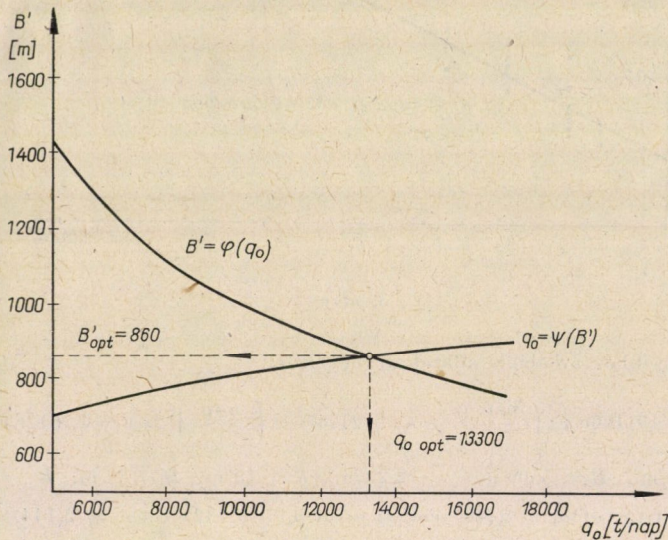
q_0 [t/nap]	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
B' [m]	1 424	1 297	1 198	1 118	1 052	996
q_0 [t/nap]	11 000	12 000	13 000	14 000	15 000	16 000
B' [m]	948	907	870	837	807	780

A (18) egyenlet számított pontjai:

B' [m]	700	750	800	850	900
q_0 [t/nap]	5005	6940	9455	12 716	16 846

A számított görbéket a 4. ábrán látjuk. A metszéspont koordinátái az optimális paraméterek:

$$q_{0\text{opt}} = 13300 \text{ t/nap}, \quad B'_{\text{opt}} = 860 \text{ m}$$



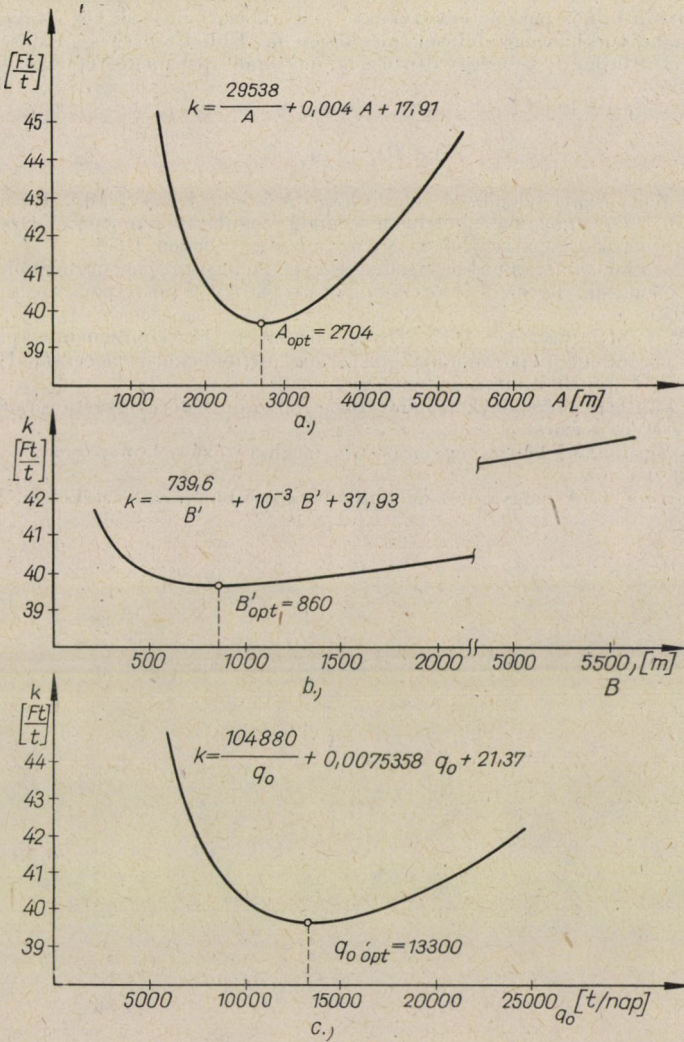
4. ábra

A (14) egyenletből kapjuk az optimális csapásmenti méretet:

$$A_{\text{opt}} = \frac{1451,13 \cdot 13300^{0,761263}}{0,001 \cdot 860^2} = 2704 \text{ m}$$

A fajlagos költség értéke optimális paraméterek esetén:

$$k_{\text{min}} = \frac{1541900 \cdot 13300^{0,761263} + 120 \cdot 10^6}{2704 \cdot 5500 \cdot 15} + \frac{261000}{5500 \cdot 15} + \frac{21767 \cdot 13300^{0,761263}}{2704 \cdot 860 \cdot 15} + \frac{104880}{13300} + 0,004 \cdot 2704 + 0,001 \cdot 860 + 6,00 = 39,65 \text{ Ft/t.}$$



5. ábra

Az 5. ábra mutatja a fajlagos költség változását az egyes paraméterek függvényében. Az optimális méretekhez tartozó szénvagyon:

$$Q = A_{opt} B Q_0 = 2704 \cdot 5500 \cdot 15 = 223,08 \cdot 10^6 \text{ t.}$$

A külfejtés élettartama:

$$n = \frac{Q}{350 \cdot q_0} = \frac{223,08 \cdot 10^6}{350 \cdot 13300} = 48 \text{ év}$$

Az osztályozót 920 méterenként szereljük át, az egyes átépítések közötti időszak tehát 8 évnek adódik. A megtakarítás, ami a hatszori átszerelés eredménye:

$$\Delta K = Q [k_{(B' = 5500)} - k_{min}] = 223,08 \cdot 10^6 (43,56 - 39,65) = 872 \cdot 10^6 \text{ Ft}$$

A számított optimális paraméter értékektől a gyakorlatban bizonyos eltávolodás megengedhető, ha azt műszaki megfontolások megkövetelik. Ebből lényeges gazdasági hátrány nem adódik, mivel a fajlagos költség változása az optimális paraméter értékek környezetében nem számottevő.

IRODALOM

1. ZAMBÓ János: Bányászati telepítések analitikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1960.
2. Капустин, Н. Г.: Обоснование производственной мощности карьера. Техника и технология открытых горных работ. Углетехиздат, Москва 1959.
3. Волков, Г. М.: Экономическая эффективность увеличения производственной мощности угольных разрезов. Техника и технология открытых горных работ. Углетехиздат, Москва 1959.
4. Новожилов, М. Г., Шалиманов, И. П., Тартаковский, Б. Н.: Применение транспортно-отвалных мостов на бурогольных разрезах днепровского бассейна. Изв. Выш. Учеб. Завед. Горный Журнал, 1960. № 11.
5. Kovács F.: A külfejtés méreteinek meghatározása állandó fedőrétegvastagság és termelési kapacitás esetén. Kézirat.
6. Kovács F.: A beruházási költség egyenletének meghatározása külfejtéseknél. *Bányászati Lapok*, (1964) 11. sz.
7. Szerzői Munkacsoport: A magyarországi külfejtéses szénbányászat értékelése. Tanulmány 1962.

A KAVITÁCIÓS ÁRAMLÁS NÉHÁNY TULAJDONSÁGÁNAK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

VARGA JÓZSEF
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

és

SEBESTYÉN GYULA
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

[Beérkezett 1965. április 9-én]

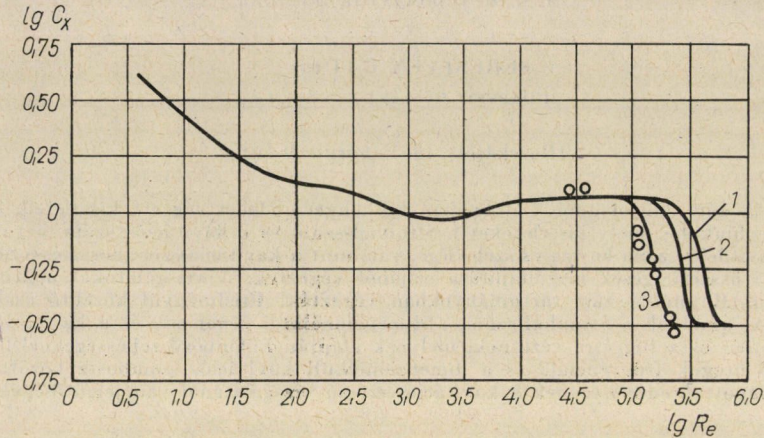
Szerzők zárt körfolyamú csatornában körhengermodellel végzett kísérleteik eredményeiről számolnak be, mely kísérleteket a Strouhal-szám és a kavitációs szám, a kavitációs szám és a kavitációs zóna hossza és szélessége, valamint a kavitációs zónahossz és a Strouhal-szám közötti összefüggések megállapítása céljából végeztek. A vizsgálatokat a kritikus és szuperkritikus Reynolds-szám tartományokban végezték. Eredményül közelítő összefüggéseket kapnak, amelyek a Strouhal-szám, a dimenzió nélküli zónahossz és a kavitációs szám közötti egyetlen összefüggésre vezetnek, melynek alapján különböző sebességeknél felrajzolják a leváló üregek frekvenciája és a dimenzió nélküli kavitációs zónahossz közötti összefüggést. A kapott eredményeknek a kavitációs erózió vizsgálatánál van jelentőségük.

I. Bevezetés

A kavitációs erózió léptékhatásának tisztázása érdekében körhengermodellekkel végzett kísérletek [1–3] alapján a kavitációs erózió mértéke és a modellről leváló üregek frekvenciája között összefüggés volt megállapítható. A hengerről leváló üregek frekvenciája a Strouhal-számmal jellemezhető, amelyre vonatkozóan csupán kavitációmentes áramlásban mért adatok állnak rendelkezésre [4, 5]. Előbbi körülmények kívánatosá tették a kavitációs áramlás további kísérleti vizsgálatát néhány, a kavitációs erózió szempontjából alapvetőnek tűnő összefüggés megállapítása végett. Ilyenek a Strouhal-szám és a kavitációs szám, a kavitációs szám és a kavitációs zóna hossza és szélessége, valamint a kavitációs zónahossz és a Strouhal-szám közötti összefüggések. Ezek megvizsgálásának elsősorban a kritikus és a szuperkritikus Reynolds-szám tartományokban van jelentősége. A kritikus Reynolds-szám tartomány alatt, kavitációmentes áramlásnál, az ellenállástényező gyors csökkenésének kezdetétől a minimális érték eléréséig tartó szakaszt, ill. a két határ közti Reynolds-szám tartományt értjük. Ennek megfelelően a szuperkritikus Reynolds-szám tartományt az előbbi kritikus Reynolds-szám tartomány felső határánál nagyobb Reynolds-számok alkotják.

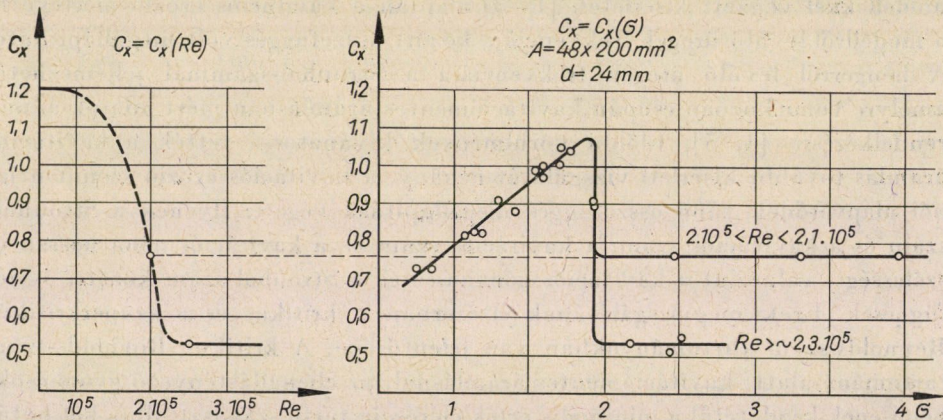
Ismeretes, hogy a kritikus Reynolds-szám tartományban a körhenger ellenállástényezője hirtelen csökken. Az ellenállástényező értékének ez a csökkenése $Re = 10^5$ érték körül kezdődik. Ebben a vonatkozásban az irodalmi adatok egységesnek mondhatók [6, 419. o.]. A kritikus Reynolds-szám tartomány felső határának — és ezzel a szuperkritikus tartomány kezdetének —

kijelölése már nem ilyen egyértelmű a modell érdekességének és az áramlás turbulenciájának befolyása miatt. GOLDSTEIN [6, 423. o.] szerint a kritikus tartomány $10^5 < Re < 2,5 \cdot 10^5$. Ezt KONSZTANTYINOV [7] közleményéből



1. ábra. Az ellenállástényező (C_x) a Reynolds-szám (Re) függvényében KONSZTANTYINOV közleménye alapján

1 Göttingeni mérések (levegőre); 2 EISNER mérései (vízre); 3 NPL mérések (levegőre). A bejelölt pontok a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Mechanikai Intézete mérései.



2. ábra. Az ellenállástényező (C_x) változása a Reynolds-szám függvényében kavitációmentes áramlásban (baloldalon) és az ellenállástényező (C_x) változása a kavitációs szám (σ) függvényében (jobboldali ábra) $d = 24$ mm-es körhengernél

átvett 1. ábra is alátámasztja. Az elvégzett méréseink is igazolják, hogy az ellenállástényező éles csökkenése $Re = 10^5$ értéknél kezdődik és $Re < 2,5 \cdot 10^5$ értéknél végződik. A kavitációs áramlásban a kritikus Reynolds-szám tartomány felső határa jól megállapítható, ha az ellenállástényező változását a kavitációs szám függvényében határozzuk meg. Ilyen összefüggést mutat be

a 2. ábra $d = 24$ mm átmérőjű körhengerrel 48×200 mm² méretű mérőtérben végzett mérések alapján. Az ellenállástényező legkisebb értékét $Re \approx 2,3 \cdot 10^5$ értéknél éri el. Ennél nagyobb Reynolds-számoknál az ellenállástényező értéke közel állandó. A görbe hirtelen eső szakaszától jobbra az ellenállástényező $2 \cdot 10^5 < Re < 2,1 \cdot 10^5$ esetben is állandó értékű, de az előbbi értéknél nagyobb és megfelel az ábra bal oldalán a Reynolds-szám függvényében felrajzolt ellenállástényező élesen csökkenő szakaszához tartozó értékek. Példaképpen az ábrán összetartozó pontpárok vannak feltüntetve.

II. Kísérleti berendezés

A kísérleteket zárt körfolyamú csatornába épített 48×200 mm² méretű mérőtérben vízáramba helyezett $d = 12, 24, 36$ és 48 mm átmérőjű körhenger modellekkel (egyes vizsgálatoknál még $d = 60$ mm átmérőjű modellel kiegészítve) végeztük. A mérőtér horizontális elrendezésű, amelyben az áramlás irányára merőlegesen elhelyezett körhengerek ugyancsak a vízszintes síkban

I. táblázat

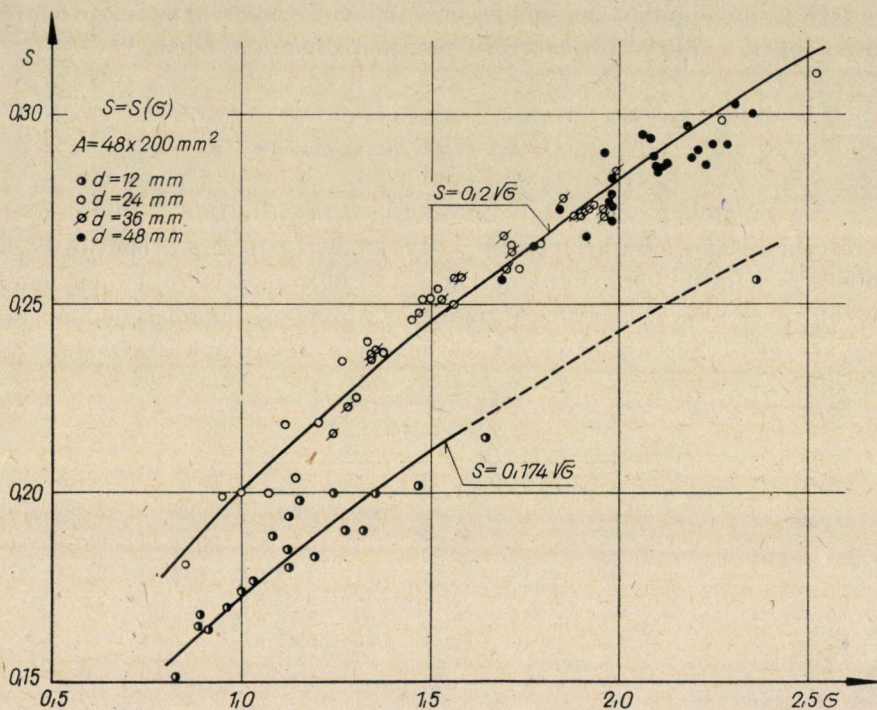
Körhenger átmérője, mm	Reynolds-szám tartomány
12	$0,86 \div 1,59 \cdot 10^5$
24	$2,12 \div 3,59 \cdot 10^5$
36	$2,69 \div 5,12 \cdot 10^5$
48	$3,28 \div 6,87 \cdot 10^5$

feküdtek. A mérőberendezés részletesebb ismertetése korábbi közleményekben [8, 9] található. A kísérleteket az I. táblázat szerinti Reynolds-szám tartományokban végeztük.

Tekintve, hogy az ellenállástényező legkisebb értéke a $d = 24$ mm átmérőjű körhengermodellel végzett kísérleteknél GOLDSTEIN előbbi adataival egyezően $Re \approx 2,3 \cdot 10^5$ -nél mutatkozott (2. ábra) és $d = 48$ mm átmérőjű körhengermodellnél ez az érték $Re < 2,5 \cdot 10^5$ -nél volt, megállapítható, hogy a $d = 24$ mm és ennél nagyobb átmérőjű körhengermodellekkel elvégzett kísérletek a kritikus Reynolds-szám feletti szuperkritikus tartományban történtek. A $d = 12$ mm átmérőjű körhengermodellel elvégzett mérések viszont a kritikus Reynolds-szám tartományba estek.

III. A Strouhal-szám és a kavitációs szám összefüggése

A körhengerről leváló üregek frekvenciájának többféle módszerrel történő meghatározása alapján, mely méréseket $d = 12, 24, 36$ és 48 mm átmérőjű körhengermodellekkel végeztük különböző kavitációs számok mellett, meghatározható volt a Strouhal-szám és a kavitációs szám közötti összefüggés.



3. ábra. A Strouhal-szám (S) a kavitációs szám (σ) függvényében

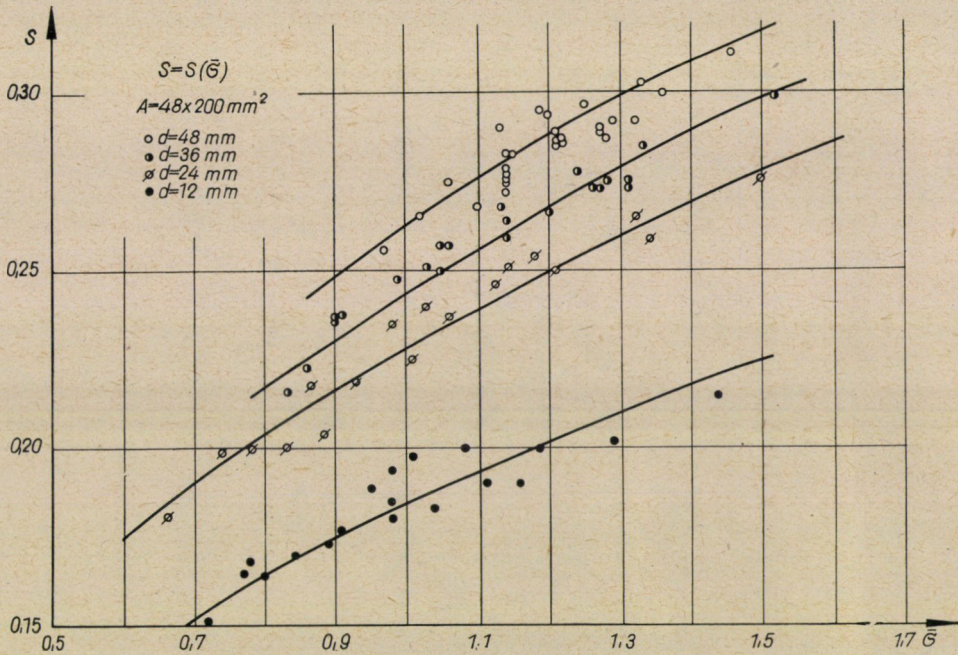
A frekvencia mérésnek részletesebb ismertetése korábbi közleményben [10] található.

A zavartalan áramlás sebességével kiszámított Strouhal-számok értékeit a zavartalan áramlás sebességével kiszámított kavitációs szám függvényében a 3. ábra tünteti fel. A $d = 24, 36$ és 48 mm átmérőjű körhenger modellel nyert kísérleti eredmények egyetlen $S = 0,2\sqrt{\sigma}$ összefüggéssel felrajzolt görbén helyezkednek el. A $d = 12$ mm átmérőjű modellel végzett mérések eredményei azonban már egy másik $S = 0,174\sqrt{\sigma}$ összefüggésnek megfelelő görbén jelentkeznek. Utóbbi mérések a kritikus Reynolds-szám tartományon belül, míg előbbieket a szuperkritikus Reynolds-szám tartományban történtek és ennek megfelelően az áramlási viszonyok is különbözőek voltak.

Abban az esetben, ha a kavitációs számot a körhenger által szűkített szelvénybeni $\bar{v} = k \times v_{\infty}$ sebességgel számítjuk ki és az előbbi módon (zavar-

talán áramlás sebességével) számított Strouhal-szám értékeket ennek a $\bar{\sigma}$ jelölt kavitációs számnak a függvényében ábrázoljuk, mindegyik modellátmérőre külön-külön görbét kapunk (4. ábra). Ebben az ábrában a szelvényeszkülés hatása jelentkezik, míg a 3. ábra alapján a falhatás ítéhető meg, ami nem jelentős.

Ha a Strouhal-számot is a szűkített szelvénybeni sebességgel számítjuk ki és az így nyert \bar{S} Strouhal-szám értékeket a szűkített szelvénybeni sebesség-

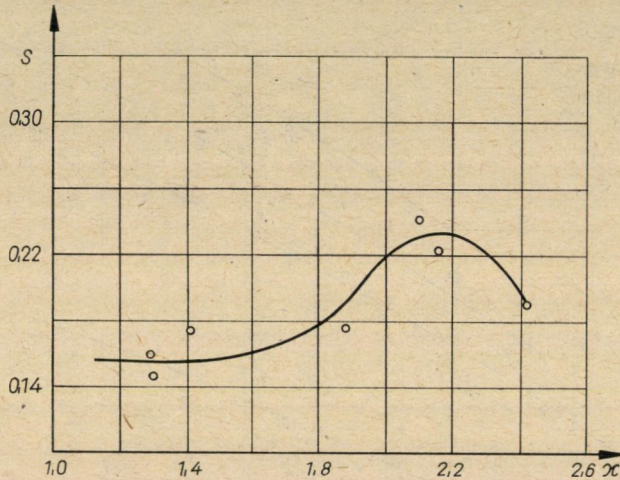


4. ábra. A Strouhal-szám (S) a szűkített keresztmetszetbeni sebességgel számított kavitációs szám ($\bar{\sigma}$) függvényében

gel számított $\bar{\sigma}$ kavitációs szám függvényében ábrázoljuk, ismét a 3. ábrán bemutatott görbékhez jutunk. A $\bar{\sigma} = \sigma/k^2$ és $S = 0,2 \sqrt{\sigma}$ összefüggések alapján ui. könnyen belátható, hogy az $\bar{S} = 0,2 \sqrt{\bar{\sigma}}$.

A 3. ábrában bemutatott eredményeket összevetve más szerzők (RELF és SIMMONS [4], ITAYA és YASUDA [5]) kavitációmentes áramlásban mért eredményeivel, megállapítható, hogy a Strouhal-szám értékei kavitációmentes és kavitációs áramlásban különböznek. Kavitációmentes áramlásban a Strouhal-szám csak a Reynolds-számtól függ, míg kavitációs áramlásban elsősorban a kavitációs számtól függ. Kavitációs áramlásban a Reynolds-szám befolyása abban nyilvánul meg, hogy a kritikus Reynolds-szám tartományon belül és a superkritikus Reynolds-szám tartományban különböző Strouhal-szám értékek adódnak.

A vonatkozó irodalomban egyedül SHALNEV [11] utalt a Strouhal-szám és a kavitációs szám kapcsolatára. Az általa közölt diagramban (5. ábra) csak kisszámú mérési pont van bejelölve és így azok alapján egyértelmű összefüggés felrajzolása nem lehetséges. Az ábrában a Strouhal-szám változását bemutató görbének csúcserképe van. A szerző egyéb közleményeiből [12] megállapítható, hogy a közölt diagram $d = 12$ mm átmérőjű körhengermodellel $Re = 1,09 \cdot 10^5$ kritikus Reynolds-szám tartományban végzett mérések alapján készült. A diagramban jelölt Strouhal-szám értékeket a zavartalan áramlás

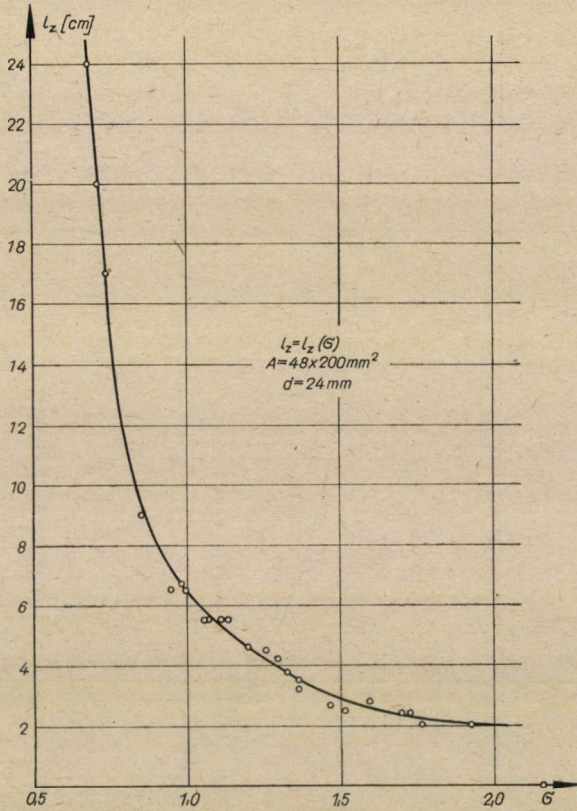


5. ábra. A Strouhal-szám (S) változása a kavitációs szám (κ) függvényében SHALNEV közlése alapján

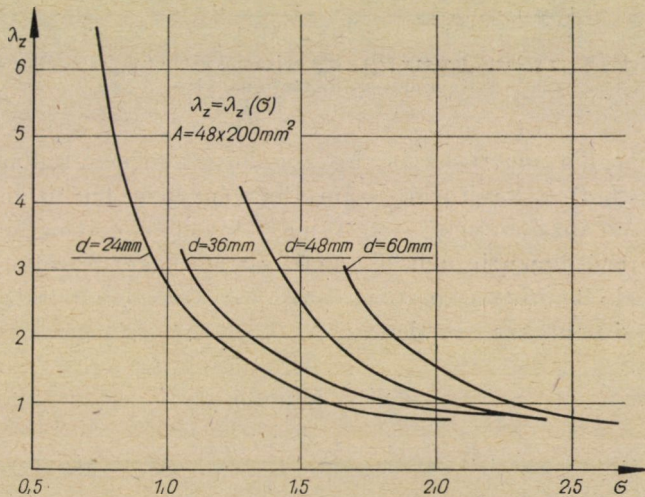
sebességére átszámítva, azok többsége jól egyezik a 3. ábrában a $d = 12$ mm átmérőjű hengernél kapott értékekkel. A görbe utolsó pontja ($\kappa = 2,4$ -nél) a kavitációmentes áramlásnak megfelelő Strouhal-szám értéket ad. Mindez azt valószínűsíti, hogy a mért értékek ugyan helyesek, de a mérési pontokra nem ilyen jellegű görbét kell berajzolni.

IV. A kavitációs szám és a kavitációs zónahossz közötti összefüggés

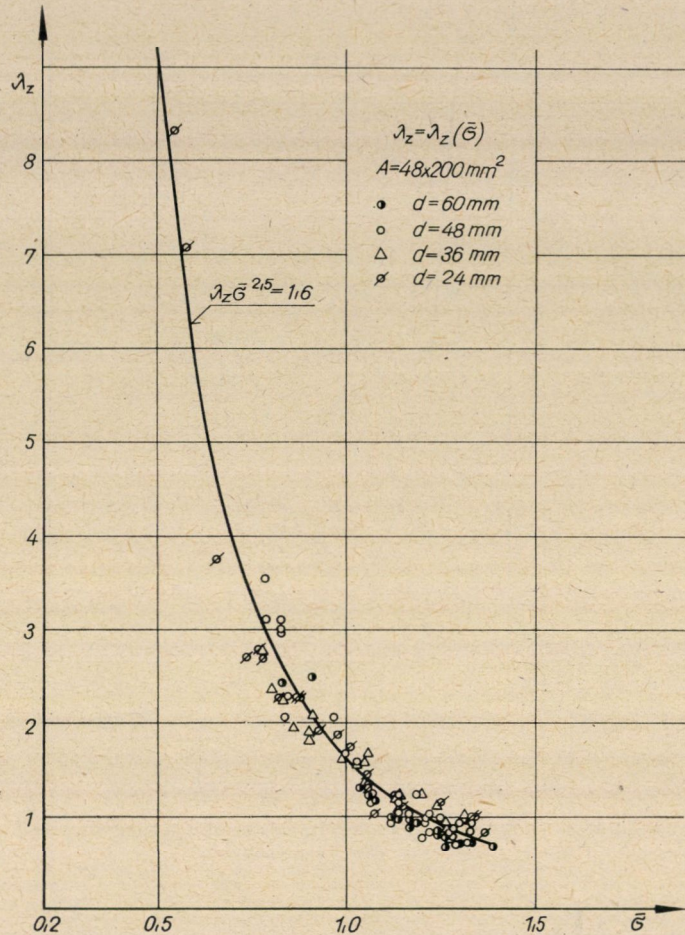
SILBERMAN és SONG [13] arra a következtetésre jutottak, hogy „Cavity length appears to be a unique function of cavitation number regardless of whether the cavity is natural or ventilated”. Ezt a megállapítást ötféle ($d = 12 \div 60$) átmérőjű körhengermodellel végzett méréseink alátámasztják. A henger középvonalától mért kavitációs zónahosszt (l_2) a kavitációs szám függvényében ábrázolva a mérési pontok jól meghatározott görbéket adnak. Példaképpen egy ilyen görbét a 6. ábra mutat be. A különböző átmérőjű



6. ábra. A kavitációs zóna hossza (l_z) a kavitációs szám (σ) függvényében, $d = 24$ mm henger-
átmérőnél



7. ábra. A kavitációs zóna relatív hossza (λ_z) a kavitációs szám (σ) függvényében, különböző
átmérőjű hengermodelleknél

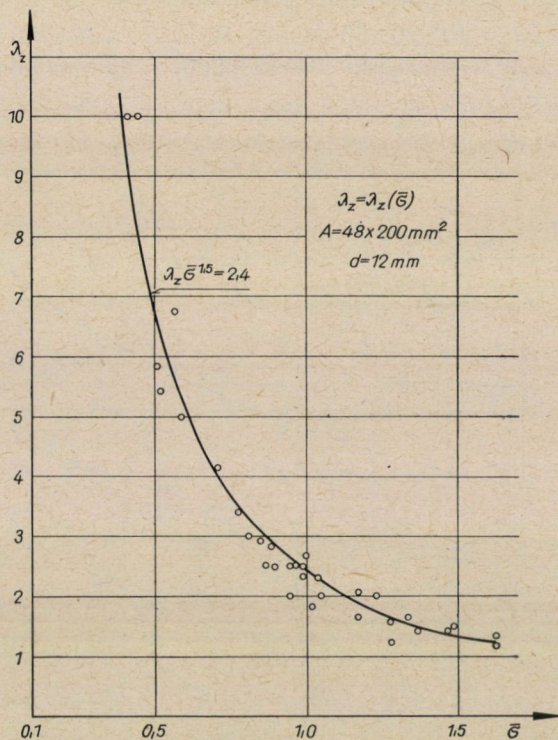


8. ábra. A kavitációs zóna relatív hossza (λ_z) a $\bar{\sigma}$ kavitációs szám függvényében a szuperkritikus Reynolds-szám tartományban

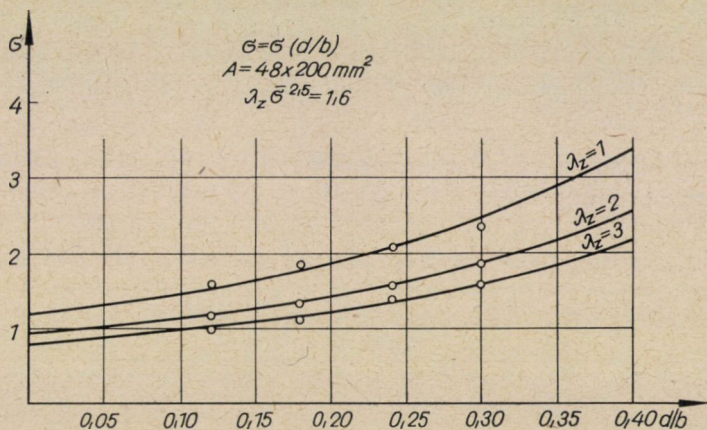
modellekkel meghatározott kavitációs zónahossz értékeket dimenzió nélküli alakban ($\lambda_z = l_z/d$) a kavitációs szám függvényében felrajzolva a 7. ábra mutatja be. Az ábrában feltüntetett négy különböző átmérőjű körhengermodellhez tartozó dimenzió nélküli zónahossz értékeket a szűkített szelvénybeni sebességgel számított $\bar{\sigma}$ kavitációs szám függvényében felrajzolva (8. ábra) az összes mérési pontokra egyetlen

$$\lambda_z \bar{\sigma}^n = \text{állandó}$$

egyenlettel leírható empirikus görbe fektethető. A 8. ábrában feltüntetett görbe szuperkritikus Reynolds-szám tartományban végrehajtott kísérletek eredménye, ahol a kitevő értéke $n = 2,5$, az állandó értéke $C = 1,6$. A 12 mm

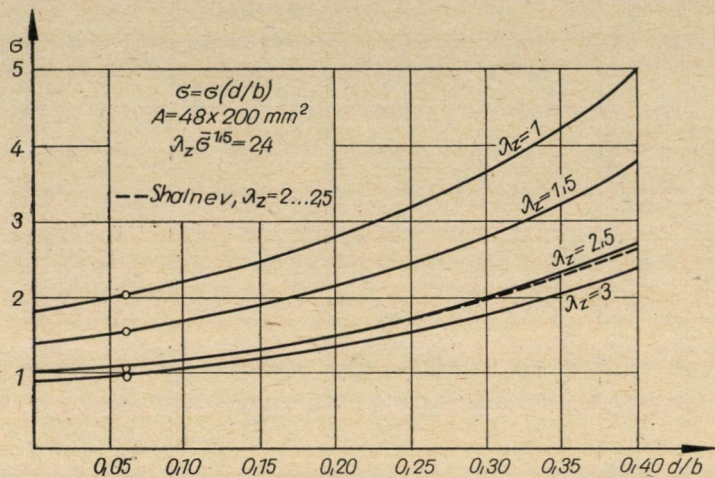


9. ábra. A kavitációs zóna relatív hossza (λ_z) a $\bar{\sigma}$ kavitációs szám függvényében a kritikus Reynolds-szám tartományban



10. ábra. A kavitációs szám (σ) kapcsolata a hengerátmérő-szelvénymagasság hányadosával (d/b), különböző relatív kavitációs zónahosszaknál (λ_z) a szuperkritikus Reynolds-szám tartományban

átmérőjű körhengermodellel $Re = 0,6 \dots 1,5 \cdot 10^5$ tartományban végzett mérések eredményeit a 9. ábra tünteti fel, ahol $n = 1,5$ és $C = 2,4$. KON-SZTANTYINOV [7] $d = 5, 10, 20, 30, 40$ és 50 mm átmérőjű körhengerekkel végzett kísérleteinek eredményeit hasonlóképpen feldolgozva, ugyancsak külön görbéken fekszenek a szuperkritikus és a kritikus Reynolds-szám tartományba eső mérési pontok. SONG és SILBERMAN [14] 6'' és 12'' átmérőjű



11. ábra. A $\sigma = \sigma(d/b)$ λ_z függvény a kritikus Reynolds-szám tartományban

szabadsugárban $d = 1/4''$ -os körhengerrel $20 \dots 50$ láb/s sebességgel $Re < 1,5 \cdot 10^5$ tartományban végzett kísérleteik során kapott eredmények $n = 1,5$ és $C = 1,8$ értékekkel elégitik ki az előbbi összefüggést.

Különböző dimenzió nélküli zónahosszaknál a d/b , azaz a hengerátmérő és a mérőszelvénymagasság viszonzyszámának függvényében felrajzolva a kavitációs szám értékeket, a 10. ábrában bemutatott összefüggést kapjuk a szuperkritikus tartományra vonatkozóan. Ugyanezt a kritikus Reynolds-szám tartományban a 11. ábra mutatja be. Az ábrába szaggatott vonallal berajzoltuk SHALNEV [12] ugyanilyen összefüggést ábrázoló diagramjából a $\lambda_z = 2 \dots 2,5$ -nek megfelelő görbét, ami méréseinkkel jó egyezést mutat.

V. A Strouhal-szám és a kavitációs zónahossz összefüggése

A bemutatott kísérleti eredmények alapján a szuperkritikus Reynolds-szám tartományban az

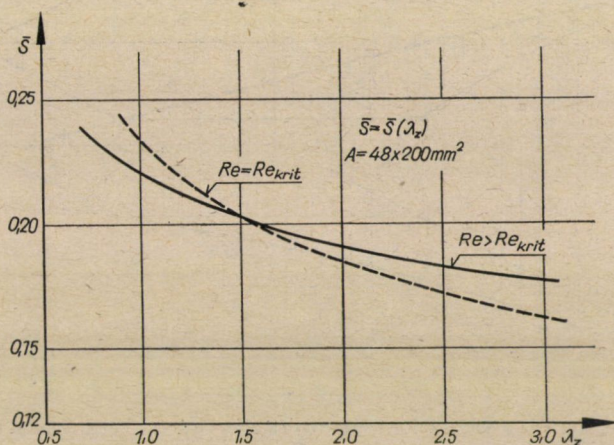
$$\bar{S} = 0,2 \bar{\sigma}^{1/5},$$

valamint

$$\lambda_z \bar{\sigma}^5 = 1,6$$

egyenletekkel jellemezhető a Strouhal-szám és kavitációs szám, ill. a dimenzió nélküli zónahossz és a kavitációs szám összefüggése. A két egyenletből a Strouhal-szám és a dimenzió nélküli zónahossz között

$$\bar{S} \lambda_z^{\frac{1}{5}} = 0,22$$



12. ábra. A szűkített keresztmetszetbeni sebességgel számított Strouhal-szám (\bar{S}) a kavitációs zóna relatív hosszának (λ_z) függvényében, a kritikus és szuperkritikus Reynolds-szám tartományban

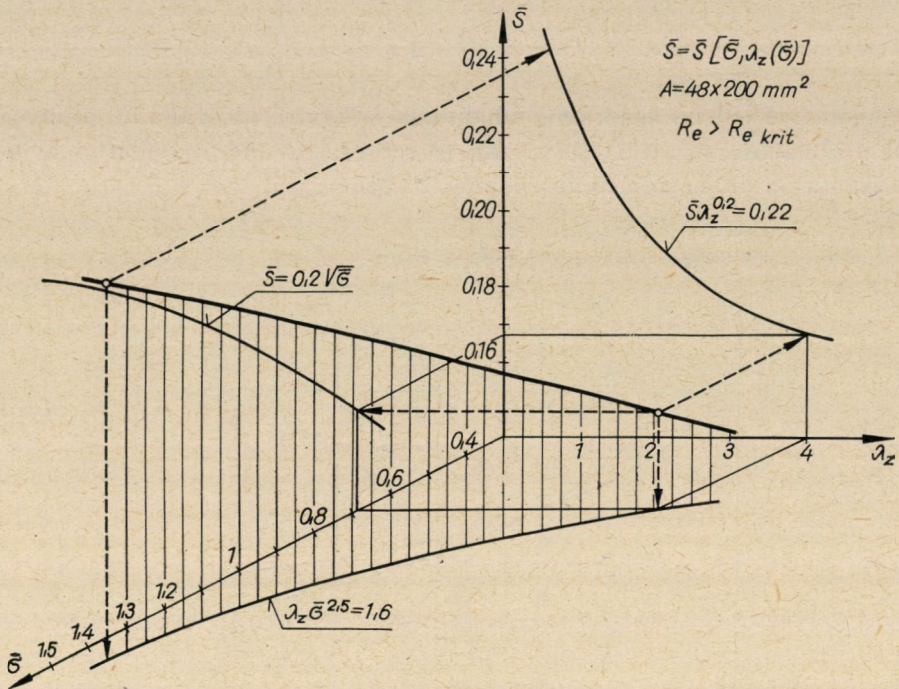
összefüggés adódik (12. ábra, teljes vonallal berajzolt görbe). A kritikus Reynolds-szám tartományban

$$\bar{S} \lambda_z^{\frac{1}{2}} = 0,233$$

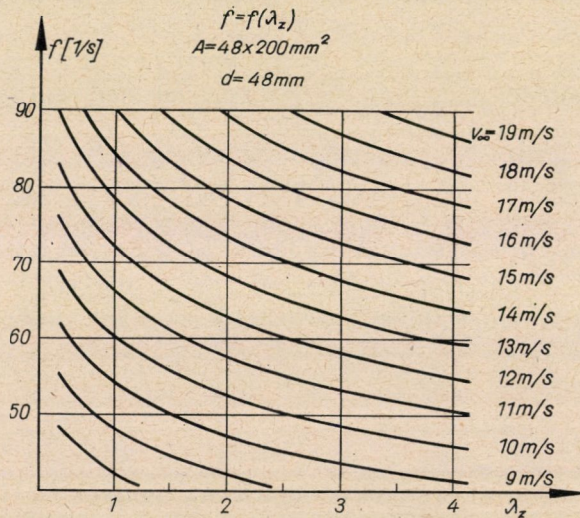
egyenlettel közelítő összefüggés adódott (12. ábra, szaggatott vonallal berajzolt görbe). Ezek az empirikus összefüggések, amelyek az $\bar{S} - \bar{\sigma}$, $\lambda_z - \bar{\sigma}$ és $\bar{S} - \lambda_z$ közötti kapcsolatokat érzékeltetik az előbbi összefüggésekből adódó

$$\bar{S} = \frac{\lambda_z \bar{\sigma}^3}{8}$$

térgörbének előbbi síkokra eső vetületeiként foghatók fel (13. ábra). Az eddigi összefüggések módot adnak arra, hogy különböző sebességeknél a leváló üregek frekvenciája és a dimenzió nélküli kavitációs zónahossz közötti összefüggést is felrajzoljuk (14. ábra).



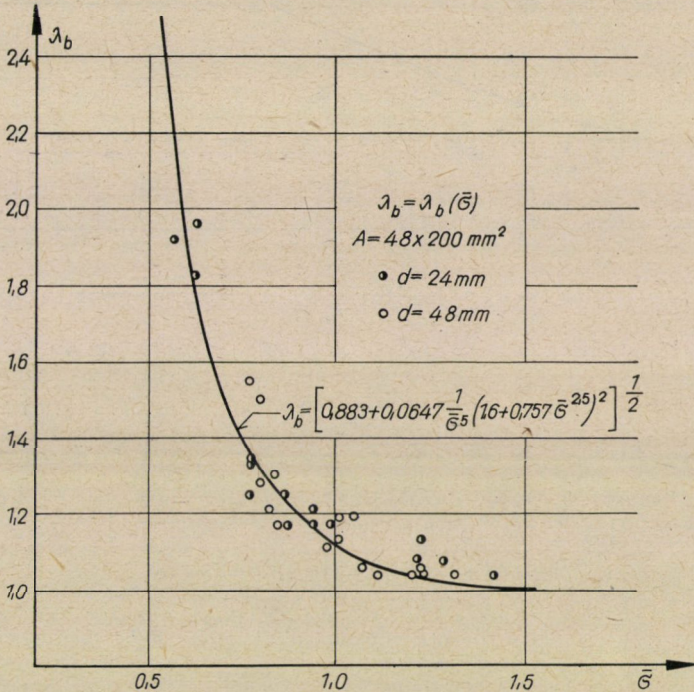
13. ábra. A Strouhal-szám (\bar{S}) a kavitációs szám ($\bar{\sigma}$) és a kavitációs zóna relatív hosszának (λ_z) kapcsolata



14. ábra. A körhengerről leváló üregek frekvenciája (f) a kavitációs zóna relatív hosszának (λ_z) függvényében, $d = 48 \text{ mm}$ -es körhenger esetén, különböző áramlási sebességeknél

VI. A kavitációs zóna szélessége és a kavitációs szám összefüggése

A kavitációs zóna szélessége éppen úgy egyedül a kavitációs szám függvénye, mint a kavitációs zóna hosszúsága, és a kavitációs állapot jellemzésére elvileg ugyanúgy alkalmas. A kavitációs zóna szélességének kísérleti úton való

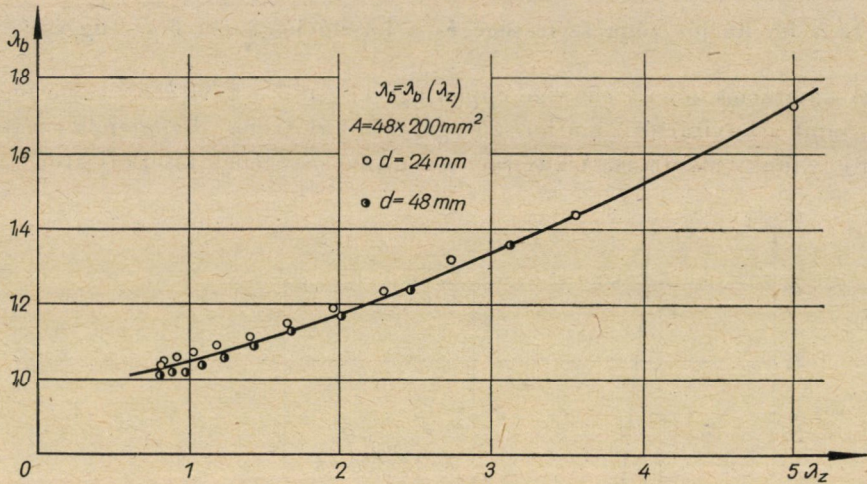


15. ábra. A kavitációs zóna relatív szélessége (λ_b) a kavitációs szám ($\bar{\sigma}$) függvényében

mérése már kevésbé pontosan valósítható meg. A dimenzió nélküli kavitációs zónaszélesség (λ_b) a $\bar{\sigma}$ kavitációs szám függvényében való változását a 15. ábra szemlélteti $d = 24$ és $d = 48$ mm átmérőjű körhengermodelleknél. A λ_b változását a λ_z függvényében előbbi modellekre vonatkozóan, a superkritikus tartományban a 16. ábra mutatja be. A diagramon látható görbe

$$\lambda_b = [0.883 + 0.0647 (\lambda_z + 0.757)^2]^{\frac{1}{2}}$$

egyenlettel írható le, amely egyenletben λ_b és λ_z egy ellipszis főtengelyét képezik. λ_b és $\bar{\sigma}$ között hasonló kapcsolat írható fel, mint amelyet λ_z és $\bar{\sigma}$ között az előbbieken már bemutattunk.



16. ábra. A kavitációs zóna relatív szélességének (λ_b) és relatív hosszának (λ_z) függvénykapcsolata

IRODALOM

1. VARGA, J. — ШАЛЬНЕВ, К. К. — ЧЕРНЯВСКИЙ, Б. А.: О методе исследования масштабного эффекта кавитационной эрозии. *ПМТФ* (1963), № 3.
2. VARGA, J. — SEBESTYÉN, GY. — SHALNEV, K. K. — CSERNAVSZKIJ, B. A.: Untersuchung des Skaleneffektes der Kavitationserosion. *Acta Techn. Hung.*
3. VARGA, J. — SEBESTYÉN, GY.: Observations on Cavitation Velocity Damage Exponent in a Flowing System. *Periodica Polytechnica* 8 (1964), No. 3.
4. RELF, E. F. — SIMMONS, L. F. G.: The Frequency of the Eddies Generated by the Motion of Circular Cylinders through a Fluid. *R. and M.* (1924), No. 917.
5. ITAYA, S. — YASUDA, Y.: Experiments on Strouhal's Number. *Bulletin of JSME* 4 (1961), No. 14.
6. GOLDSTEIN, S.: Modern Developments in Fluid Dynamics. Oxford 1938.
7. КОНСТАНТИНОВ, В. А.: Влияние числа Рейнольдса на отрывное обтекание. *Изв. АН. СССР. ОТН.* (1946), № 10.
8. FÁY, CS.: A Vízgépek Tanszékének kavitációs csatornája. *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 22 (1958), 1—3.
9. VARGA, J. — SEBESTYÉN, GY.: Beiträge zur Hydrodynamik der Kavitationserosion und des Skaleneffektes. *Mitt. der Konf. für Wasserkraftmaschinen, Timisoara* 1964.
10. VARGA, J. — SEBESTYÉN, GY.: Determination of the Frequencies of Wakes shedding from Circular Cylinders. *Acta Techn. Hung.*
11. SHALNEV, K. K.: Experimental Study of the Intensity of Erosion due to Cavitation. *Proc. of a Symp. held at the NPL.* 1955. sept.
12. ШАЛЬНЕВ, К. К.: Структура области кавитации. *Изв. АН. СССР. ОТН.* (1954), № 5.
13. SILBERMAN, E. — SONG, C. S.: Instability of Ventilated Cavities. *Journ. of Ship. Res.* (1961), jún.
14. SILBERMAN, E. — SONG, C. S.: Instability of Ventilated Cavities. *St. A. F. Hydr. Lab. Techn. Paper No 29.* B.

ELJÁRÁS CIKKELYES HÉJAK SZÁMÍTÁSÁRA

CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
MTA ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI MUNKAKÖZÖSSÉGE, BUDAPEST

[Beérkezett 1965. július 9-én]

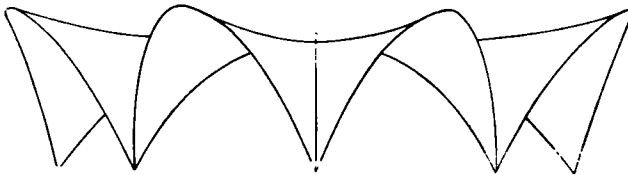
A dolgozat azonos alakú elemekből összetett oly héjakkal foglalkozik, melyek héj-elemei kétoldalt bordákra támaszkodnak, homlokoldalukon viszont teljesen szabadok. A héj-elemek teljesen szabad homlokoldalán a peremvonal alaprajzi vetülete parabola. Utóbbi belülről tekintve konvex is, konkáv is lehet, sőt egyenesvonalúvá is elfajulhat.

A dolgozat a szabadperemű cikkelyes héjak tervezésére a membránelmélet szokásos feltevésein alapuló inverz eljárást mutat be. Adott teher- és adott feszültségfüggvényből indul ki, s a héj alakját leíró alakfüggvényt tekinti ismeretlennek. Utóbbi a különböző egyszerű terhelési esetekben a feladat differenciálegyenletének segítségével határozza meg. Ezen egyenlet homogén és inhomogén alakjához tartozó partikuláris megoldások megfelelő kombinációja révén lehetőség nyílik különféle egyszerűen számítható héjalakok előállítására.

Az ismertett eljárás gyakorlati alkalmazását számpélda világítja meg.

1. Bevezetés

A modern héjépítészet szívesen alkalmaz centrális csarnokok lefedésére azonos alakú cikkelyekből összetett többszörösen szimmetrikus elrendezésű héjakat. Ezek cikkelyei kétoldalt osztóbordák közvetítésével kapcsolódnak egymáshoz, homlokoldalukon pedig teljesen szabadok (1. ábra). A cikkelyek közti osztóbordák egy szabályos sokszög sarokpontjaiból ágaznak ki.



1. ábra. Cikkelyes héj

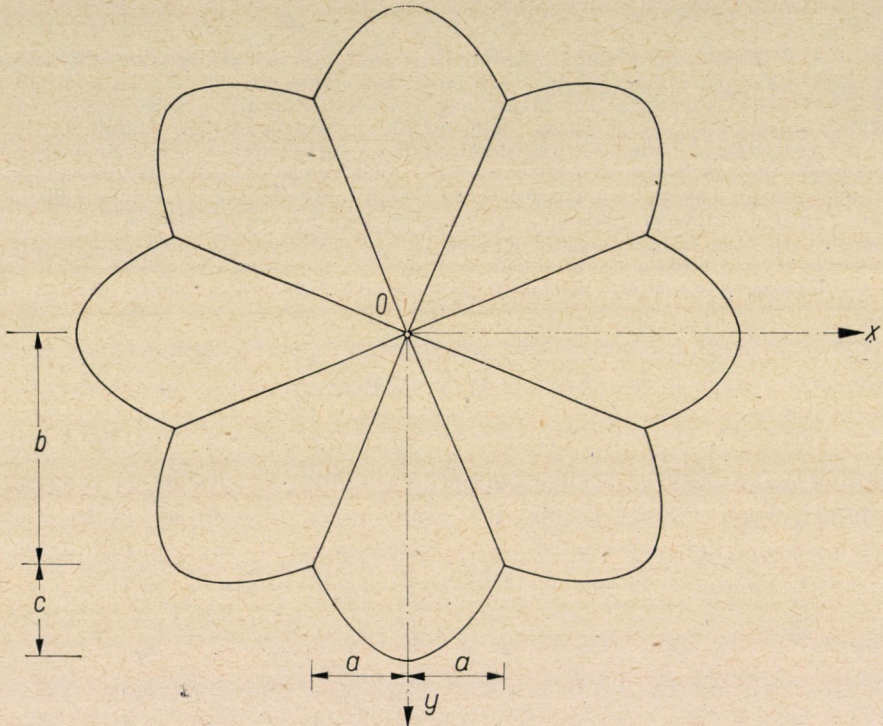
A szabadperemű cikkelyes héjak számítása egyes kivételesen egyszerű esetektől [1, 2] eltérően általában körülményes. Ezért a tervező mérnök pontosabb eljárás hiányában numerikus módszerekhez [3, 4] kénytelen folyamodni, s vállalni kénytelen az ezekkel kapcsolatos bizonytalanságokat és kényelmetlenségeket.

A közvetlen számító eljárásokkal szemben az alábbiak a feladat megoldására *inverz* módszert alkalmaznak. Az ismertendő eljárás a héj terhelését

kifejező *teherfüggvényt*, valamint a héj feszültségi állapotát leíró *feszültségfüggvényt* tekinti adottnak, s a héj alakját meghatározó *alakfüggvényt* kezeli ismeretlenként.

2. Alapismeretek

Fejtegetéseinket a héjak membránelméletének szokásos feltevéseire alapozzuk. A héjcikkelyeknek az osztóbordákhoz való csatlakozásánál fellépő



2. ábra. Cikkelyes héj alaprajza

alakváltozási kényszereket figyelmen kívül hagyjuk. A tárgyalások az alaki stabilitás kérdésére nem terjednek ki.

Az $O(x, y, z)$ derékszögű koordinátarendszer kezdőpontját a héj középfelületének középpontjában vesszük fel, s a tengelyeket úgy helyezzük el, hogy a pozitív z tengelyág függőleges helyzetbe kerüljön, s lefelé irányuljon. A pozitív y tengelyágot viszont akként jelöljük ki, hogy annak alaprajzi vetülete a vizsgálandó héjcikkely alaprajzának szimmetriatengelyébe essék (2. ábra).

A vizsgált héjcikkely alaprajzi idomát kétoldalt egy-egy sugárirányú egyenes, a szabad homlokoldalon pedig parabolaív határolja. Az alaprajzi

parabolaív egyenlete az ábrán alkalmazott betűjelzéssel

$$y + c \frac{x^2}{a^2} - b - c = 0.$$

Az alaprajzi parabolaív c ívmagasságát akkor tekintjük pozitívnak, ha — miként a 2. ábrán is — a parabolaív az O pontból tekintve homorú.

A vizsgálandó héjcikkelyen függőleges oly megoszló teherrendszert veszünk számításba, mely a szóban forgó héjcikkely függőleges szimmetriásíkjára nézve szimmetrikus elrendezésű. A terheknek az alaprajz vetületi területére vonatkoztatott fajlagos értékét a

$$g = g(x, y) \quad (1)$$

teherfüggvénnyel fejezzük ki. A hég alakját a

$$z = z(x, y) \quad (2)$$

alakfüggvénnyel, feszültségi állapotát pedig az

$$F = F(x, y) \quad (3)$$

feszültségfüggvénnyel jellemezzük. E három függvény közt, mint ismeretes, a Pucher-féle

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 z}{\partial x \cdot \partial y} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + g = 0 \quad (4)$$

differenciálegyenlet állapít meg kapcsolatot. Az utóbbi által a hég szabad peremén teljesítendő kerületi feltételek [5]

$$F = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial y} = 0. \quad (5)$$

3. A feladat differenciálegyenletének megoldása

Kitűzött feladatunk megoldásához feszültségfüggvényként az

$$F = -\frac{Ka^2}{2} \left(y + \frac{cx^2}{a^2} - b - c \right)^2 \quad (6)$$

kifejezést vezetjük be, melyben a K értéket egyelőre határozatlan paraméternek tekintjük. A választott feszültségfüggvény — egyszerű számítással igazolhatóan — pontosan megfelel az (5) kerületi feltételeknek.

A (6) feszültségfüggvény esetében

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} &= -K \left(2cy + \frac{6c^2 x^2}{a^2} - 2bc - 2c^2 \right), \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y} &= -K \cdot 2cx, \\ \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} &= -K \cdot a^2,\end{aligned}\quad (7)$$

úgyhogy a (4) differenciálegyenlet a következő alakban írható:

$$a^2 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - 4cx \frac{\partial^2 z}{\partial x \cdot \partial y} + \left(2cy + \frac{6c^2 x^2}{a^2} - 2bc - 2c^2 \right) \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - \frac{g}{K} = 0. \quad (8)$$

A fenti differenciálegyenlet homogén, illetve inhomogén alakjának az alkalmazások szempontjából szóba jövő néhány egyszerű megoldását az alábbiakban ismertetjük.

3.1. Inhomogén megoldások

A (8) jelű inhomogén differenciálegyenlet partikuláris megoldását csupán két egyszerű terhelési esetre mutatjuk be.

1. eset. Legyen a héj alakfüggvénye

$$z = \frac{a}{\lambda} \left(\cosh \frac{\lambda x}{a} - 1 \right), \quad \lambda = \text{const} \quad (9)$$

alakú, s állapítsuk meg, hogy ennek az alakfüggvénynek minő terhelési eset felel meg. Evégett helyettesítsük be a (9) kifejezést a (8) differenciálegyenletbe, s oldjuk azt meg a terhelési tagra. Ekként eljárva, azt találjuk, hogy a (9) alakfüggvénynek megfelelő teherfüggvény:

$$g = Ka \lambda \cosh \frac{\lambda x}{a}. \quad (10)$$

Ha a fordított utat követnők, vagyis ha a (10) terhelésfüggvényből indulnánk ki, alakfüggvényként a homogén differenciálegyenlet végtelen sok megoldásának megfelelően végtelen sok megoldást kapnánk.

Általában, ha a terhelésfüggvény

$$g = g_0 \cosh \frac{\lambda x}{a}, \quad g_0 = \text{const} \quad (11)$$

alakú, a végtelen sok lehetséges megoldás egyike

$$z = \frac{a}{\lambda} \left(\cosh \frac{\lambda x}{a} - 1 \right), \quad (12)$$

ahol

$$\lambda = \frac{g_0}{Ka}. \quad (12a)$$

2. eset. Legyen most a héj alakfüggvénye

$$z = \sum_m \sum_n C_{mn} \frac{x^m y^n}{a^m b^n} \quad (13)$$

alakú, ahol a C_{mn} együtthatók határozatlan állandók, az m és n értékek pedig egész számok:

$$m = 0, 2, 4, \dots; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Célunk a C_{mn} együtthatókat úgy megállapítani, hogy a (13) alakfüggvénynek megfelelő teherrendszer

$$g = g_{mn} \frac{x^m y^n}{a^m b^n}, \quad g_{mn} = \text{const} \quad (14)$$

alakú legyen. Evégett — a határozatlan együtthatók módszerét alkalmazva — a (13) alattiakat be kell helyettesítenünk a (8) differenciálegyenletbe, azt a terhelési tagra meg kell oldanunk, s fel kell írunk azt a feltételt, hogy az így nyert kifejezésnek x és y bármely értékénél a (14) alattival kell egyeznie.

A fent vázolt számítás a (13) kifejezésben szereplő együtthatókra végtelen sok értékrendszert ad, hiszen minden megoldás, a homogén differenciálegyenlet partikuláris megoldásaival összetéve, szintén megoldása az inhomogén differenciálegyenletnek. A szóban forgó megoldások közül egyes egyszerű terhelési eseteknek megfelelő megoldásokat az I. táblázatban gyűjtöttünk össze.

3.2. Homogén megoldások

A (8) jelű inhomogén differenciálegyenlet homogén részének, vagyis a változó együtthatós

$$a^2 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - 4cx \frac{\partial^2 z}{\partial x \cdot \partial y} + \left(2cy + \frac{6c^2 x^2}{a^2} - 2bc - 2c^2 \right) \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad (15)$$

differenciálegyenletnek végtelen sok partikuláris megoldása van. Ezek közül a legegyszerűbbek a következők.

1. eset. Induljunk ki a határozatlan együtthatós

$$z = A_1 \frac{y^2}{b^2} + B_1 \frac{x^2}{a^2} + C_1 \frac{x^2 y}{a^2 b} + D_1 \frac{x^4}{a^4} \quad (16)$$

I. Táblázat

N°	g	z
1	g_{00}	$\frac{g_{00}}{K} \frac{1}{1.2} \frac{x^2}{a^2}$
2	$g_{20} \frac{x^2}{a^2}$	$\frac{g_{20}}{K} \frac{1}{3.4} \frac{x^4}{a^4}$
3	$g_{40} \frac{x^4}{a^4}$	$\frac{g_{40}}{K} \frac{1}{5.6} \frac{x^6}{a^6}$
4	$g_{60} \frac{x^6}{a^6}$	$\frac{g_{60}}{K} \frac{1}{7.8} \frac{x^8}{a^8}$
5	$g_{01} \frac{y}{b}$	$\frac{g_{01}}{K} \frac{1}{1.2} \left(\frac{x^2 y}{a^2 b} + \frac{8}{3.4} \frac{c}{b} \frac{x^4}{a^4} \right)$
6	$g_{21} \frac{x^2 y}{a^2 b}$	$\frac{g_{21}}{K} \frac{1}{3.4} \left(\frac{x^4 y}{a^4 b} + \frac{16}{5.6} \frac{c}{b} \frac{x^6}{a^6} \right)$
7	$g_{41} \frac{x^4 y}{a^4 b}$	$\frac{g_{41}}{K} \frac{1}{5.6} \left(\frac{x^6 y}{a^6 b} + \frac{24}{7.8} \frac{c}{b} \frac{x^8}{a^8} \right)$
8	$g_{61} \frac{x^6 y}{a^6 b}$	$\frac{g_{61}}{K} \frac{1}{7.8} \left(\frac{x^8 y}{a^8 b} + \frac{32}{9.10} \frac{c}{b} \frac{x^{10}}{a^{10}} \right)$
9	$g_{02} \frac{y^2}{b^2}$	$\frac{g_{02}}{K} \frac{1}{1.2} \left[\frac{x^2 y^2}{a^2 b^2} + \frac{4}{3.4} \frac{c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^4}{a^4} + \frac{4.3}{3.4} \frac{c}{b} \frac{x^4 y}{a^4 b} + \frac{4.3}{3.5.6} \frac{c^2}{b^2} \frac{x^6}{a^6} \right]$
10	$g_{22} \frac{x^2 y^2}{a^2 b^2}$	$\frac{g_{22}}{K} \frac{1}{3.4} \left[\frac{x^4 y^2}{a^4 b^2} + \frac{4}{5.6} \frac{c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^6}{a^6} + \frac{4.7}{5.6} \frac{c}{b} \frac{x^6 y}{a^6 b} + \frac{4.13}{5.7.8} \frac{c^2}{b^2} \frac{x^8}{a^8} \right]$
11	$g_{42} \frac{x^4 y^2}{a^4 b^2}$	$\frac{g_{42}}{K} \frac{1}{5.6} \left[\frac{x^6 y^2}{a^6 b^2} + \frac{4}{7.8} \frac{c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^8}{a^8} + \frac{4.11}{7.8} \frac{c}{b} \frac{x^8 y}{a^8 b} + \frac{4.23}{7.9.10} \frac{c^2}{b^2} \frac{x^{10}}{a^{10}} \right]$
12	$g_{62} \frac{x^6 y^2}{a^6 b^2}$	$\frac{g_{62}}{K} \frac{1}{7.8} \left[\frac{x^8 y^2}{a^8 b^2} + \frac{4}{9.10} \frac{c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^{10}}{a^{10}} + \frac{4.15}{9.10} \frac{c}{b} \frac{x^{10} y}{a^{10} b} + \frac{4.33}{9.11.12} \frac{c^2}{b^2} \frac{x^{12}}{a^{12}} \right]$

alakfüggvényből, s helyettesítsük azt be a (15) differenciálegyenletbe. Ekként eljárva, azt találjuk, hogy az így nyert egyenletben az A_1 , B_1 , C_1 , D_1 együtthatók nem függetlenek egymástól, mert a szóban forgó egyenlet bármely x és y érték esetében csak akkor teljesezhetnek, ha

$$B_1 = \frac{2c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) A_1,$$

$$C_1 = -\frac{2c}{b} A_1,$$

$$D_1 = -\frac{7}{3} \frac{c^2}{b^2} A_1.$$

Ezen összefüggések figyelembevételével a (15) homogén differenciálegyenlet

egyik partikuláris megoldásaként az alábbi kifejezéshez juthatunk:

$$z = A_1 \left[\frac{y^2}{b^2} + \frac{2c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^2}{a^2} - \frac{2c}{b} \cdot \frac{x^2 y}{a^2 b} - \frac{7c^2}{3b^2} \cdot \frac{x^4}{a^4} \right]$$

2. eset. Válasszuk most alakfüggvényként a határozatlan együtthatós

$$z = A_2 \frac{y^3}{b^3} + B_2 \frac{x^2 y}{a^2 b} + C_2 \frac{x^2 y^2}{a^2 b^2} + D_2 \frac{x^4}{a^4} + E_2 \frac{x^4 y}{a^4 b} + F_2 \frac{x^6}{y^6} \quad (17)$$

kifejezést, egyebekben pedig járjunk el ugyanúgy, mint az 1. esetben. Ily módon a (15) homogén differenciálegyenlet egy másik partikuláris megoldásaként a következő kifejezést állíthatjuk elő:

$$z_2 = A_2 \left[\frac{y^3}{b^3} + \frac{6c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^2 y}{a^2 b} - \frac{6c}{b} \cdot \frac{x^2 y^2}{a^2 b^2} + \frac{2c^2}{b^2} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^4}{a^4} - \frac{9c^2}{b^2} \frac{x^4 y}{a^4 b} - \frac{12c^3}{5b^3} \frac{x^6}{a^6} \right] \quad (18)$$

4. A héjalak meghatározása

A héj tervezése során először is felvázoljuk az elképzelt héjalakot, majd e vázlatból leolvassuk a héj alakjára jellemző h és h' magassági méreteket (3. ábra). Ezután a héj terhelési állapotának jellemzésére egy alkalmas

$$g^* = g^*(x, y)$$

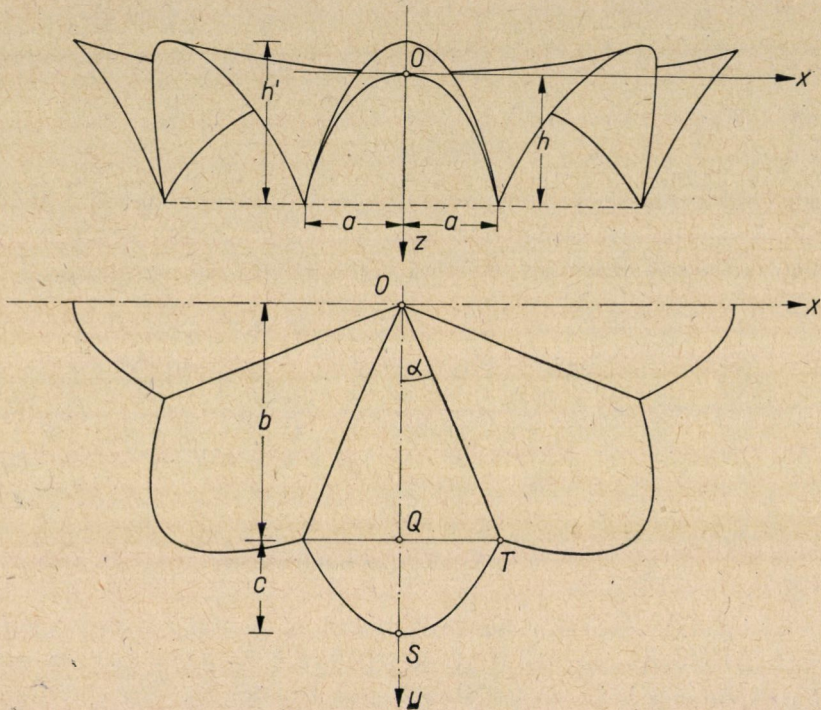
közelítő teherfüggvényt szerkesztünk. A gyakorlatban előforduló esetekben a héj falvastagsága állandó szokott lenni, a középfelület y irányú görbülete pedig általában lényegesen kisebb, mint az x irányú görbület. Ilyen esetekben közelítő teherfüggvényként a

$$g^* = g_0 \cosh \frac{\lambda x}{b} \quad (19)$$

függvényt célszerű választani, ahol g_0 a héj tetőponti fajlagos terhét jelenti, λ pedig egy, a későbbiekben meghatározandó paraméter. Egyéb esetekben a (12) alatti teherfüggvényt egy az eset körülményeihez képest alkalmasan választott polinommal célszerű kiegészíteni.

A közelítő teherfüggvény felvétele után a hég alakfüggvényét kell meghatározni. Az alakfüggvényt a teherfüggvény egyes tagjának megfelelő tagokból kell összerakni, de az így nyert kifejezést ki kell még egészíteni a homogén differenciálegyenlet egy vagy több partikuláris megoldásával.

Ha közelítő teherfüggvényként a (19) alatti kifejezést fogadjuk el, s az ennek megfelelő (12) alatti inhomogén megoldást a homogén differenciál-



3. ábra. A tervezendő hég vázlata

egyenletnek csak egy megoldásával — a (16) alatti megoldással — egészítjük ki, alakfüggvényként a következő kifejezést kapjuk:

$$z = \frac{a}{\lambda} \left(\cosh \lambda \frac{x}{a} - 1 \right) + A_1 \left[\frac{y^2}{b^2} + \frac{2c}{b} \left(1 + \frac{c}{b} \right) \frac{x^2}{a^2} - \frac{2c}{b} \cdot \frac{x^2 y}{a^2 b} - \frac{7c^2}{3b^2} \cdot \frac{x^4}{a^4} \right]. \quad (20)$$

Természetesen, amennyiben a közelítő teherfüggvény képlete a (19) alatti kifejezésen kívül további tehertagokat is tartalmaz, az alakfüggvény is több tagból fog állani. Ilyenkor e további tagok meghatározására célszerűen felhasználhatók az I. táblázatban közölt képletek.

A gyakorlatban általában elégséges lesz a héj alakfüggvényeül az aránylag egyszerű (20) kifejezést használni, de előzőleg természetesen, az A_1 és K paramétereket az adott esetnek megfelelően kell meghatározni.

Először az A_1 paramétert számítjuk ki, felírván azt a feltételt, hogy a héjalaprajz S jelű pontjában (3. ábra) a középfelület z ordinátájának a héj vázlatából leolvasható $(h - h')$ értékkel kell egyeznie:

$$A_1 \left(1 + \frac{c}{b} \right)^2 = h - h'.$$

Innen

$$A_1 = - \frac{h' - h}{(1 + c/b)^2}. \quad (21)$$

Ezután a λ paraméter értékét állapítjuk meg. Evégett azt a feltételt kell felírunk, hogy a héjalaprajz T -jelű pontjában (3. ábra) a középfelület z ordinátájának a héj vázlatrajzából lemérhető h értékkel kell egyeznie:

$$\frac{a}{\lambda} (\cosh \lambda - 1) + A_1 \left(1 + 2 \frac{c^2}{b^2} - \frac{7}{3} \frac{c^2}{b^2} \right) = h. \quad (22)$$

Ha ide az A_1 paraméter (20) alatti értékét behelyettesítjük, némi rendezés után az

$$\frac{1}{\lambda} (\cosh \lambda - 1) = \frac{h}{a} + \frac{h' - h}{a} \cdot \frac{1 - (c^2/b^2)/3}{(1 + c/b)^2} \quad (23)$$

transzcendens egyenlethez jutunk, ahol a (12a) képlet szerint

$$\lambda = \frac{g_0}{Ka}. \quad (24)$$

Ebből a transzcendens egyenlethez λ értéke könnyűszerrel meghatározható, s ha ez már ismeretes, akkor a K paraméter is számítható:

$$K = \frac{g_0}{\lambda a}. \quad (25)$$

Ezzel a héj alakját kifejező (20) függvény teljesen határozottá vált, s így a középfelület z ordinátája a vizsgált héjcikkely minden pontjában megállapítható.

De a K tényezőt ismerve, az eddig határozatlan (6) feszültségfüggvény is teljesen határozottá lett, s ez lehetőséget nyújt arra, hogy a héj redukált feszítő erőit meghatározzuk. E célra az ismert

$$n_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}, \quad n_{xy} = - \frac{\partial^2 F}{\partial x \cdot \partial y}, \quad n_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \quad (26)$$

képleteket használhatjuk fel. Ezek szerint

$$\begin{aligned} n_x &= -Ka^2, \\ n_{xy} &= 2Kac \frac{x}{a}, \\ n_y &= -2Kbc \left(\frac{y}{b} + \frac{3c}{b} \cdot \frac{x^2}{a^2} - 1 - \frac{c}{b} \right). \end{aligned} \quad (27)$$

Ezzel feladatunkat lényegében véve megoldottuk, de — ellenőrzésképpen — célszerű megvizsgálni, hogy a számítás alapjául elfogadott közelítő teherrendszer nem tér-e el lényegesen a hég tényleges terheitől. Ha ez az összehasonlítás azt mutatná, hogy az eltérés számottevő, akkor a számítást a most már pontosabban ismert teherrendszerrel mint közelítő teherrendszerrel meg kellene ismételni. A számításnak ily módon való megisméltése azonban a gyakorlati esetekben általában mellőzhető.

5. Számpélda

Alkalmazzuk a fentiekben ismertetett számító eljárást a 4. ábrán feltüntetett cikkelyes hégjra, ahol

$$b = 15,0 \text{ m}, \quad a = (\sqrt{2} - 1)b = 6,213 \text{ m}, \quad c = 6,0 \text{ m}$$

$$h = 8,0 \text{ m}, \quad h' = 10,0 \text{ m},$$

és

$$g^* = g_0 \cosh \frac{\lambda x}{a}, \quad g_0 = \text{const.}$$

A fenti értékkel számolva, a (21) képlet szerint

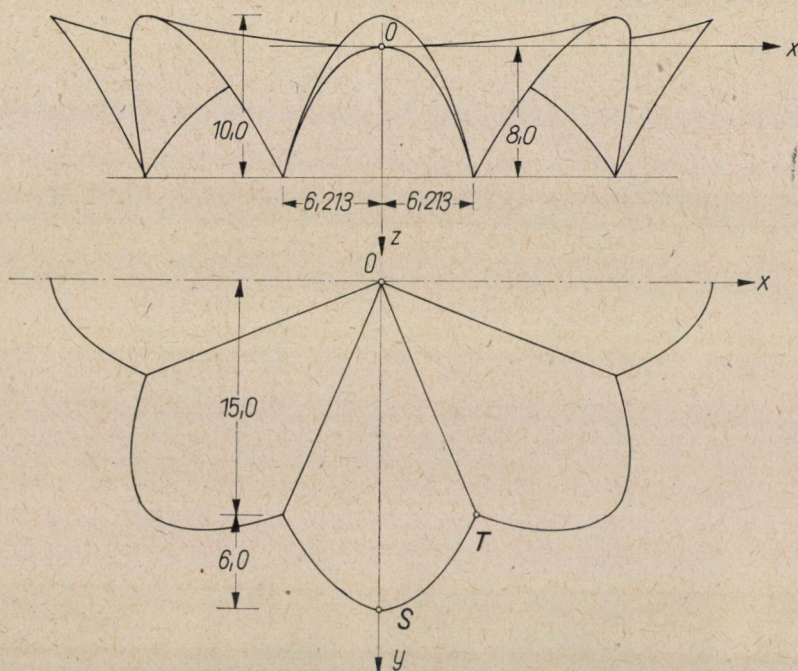
$$A_1 = - \frac{10,0 - 8,0}{(1 + 0,4)^2} = -1,020 \text{ m},$$

a (23) képlet szerint pedig

$$\frac{1}{\lambda} (\cosh \lambda - 1) = \frac{8,0}{6,213} + \frac{10,0 - 8,0}{6,213} \cdot \frac{1 - 0,16/3}{(1 + 0,4)^2}.$$

Innen

$$\lambda = 2,054.$$



4. ábra. Számpélda

Ezek után a (19) alattiak figyelembevételével a vizsgált héjcikkely középfelületének egyenlete már felírható:

$$z = 3,308 \cosh \left(1,878 \frac{x}{a} - 1 \right) - 2,047 \left[\frac{y^2}{b^2} + 1,172 \frac{x^2}{a^2} + 0,828 \frac{x^2 y}{a^2 b} - 0,400 \frac{x^4}{a^4} \right].$$

A héjalak meghatározásával kitűzött feladatunkat megoldottuk, hátra van azonban a számítás pontosságának ellenőrzése. Evégett meg kell határoznunk a hég tényleges terhét, ami az adott esetben a

$$g = g_0 \sqrt{1 + (\partial z / \partial x)^2 + (\partial z / \partial y)^2}$$

képlet szerint történhetik.

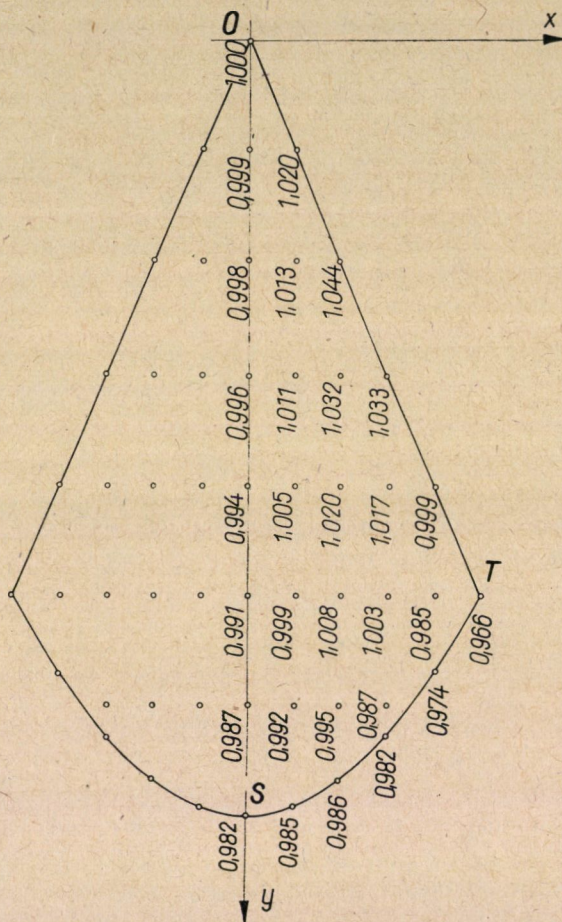
E tényleges teherrel szemben a számításba vett közelítő teherérték

$$g^* = g_0 \cosh \frac{\lambda x}{a}$$

Az eltérés mértékének megítélésére a héjalaprajz egyes pontjaiban kiszámítottuk

$$g^*/g$$

hányados értékét, s az eredményül nyert értékeket az 5. ábrába bejegyeztük. Mint látható a g^*/g hányados értéke általában nem tér el számottevően az egy-



5. ábra. A g^*/g hányados értéke a héjalaprajz különböző pontjaiban

ségtől. A maximális eltérés lényegesen kisebb, mint a hég készítemi pontatlansága folytán lehetséges súlyeltérés.

Végezetül ideiktatjuk a redukált feszítőerőknek a (25)–(26) alattiak figyelembevételével számított képleteit:

$$n_x = -896 \text{ kp/m,}$$

$$n_{xy} = +1752 \frac{x}{a} \text{ kp/m,}$$

$$n_y = -4231 \left(\frac{y}{b} + 1,2 \frac{x^2}{a^2} - 1,4 \right) \text{ kg/m.}$$

Mint a fentiekből látható, az alaprajz O jelű pontjában

$$n_x = -896 \text{ kp/m, } n_{xy} = 0, \quad n_y = +5924 \text{ kp/m,}$$

Az S pontban

$$n_x = -896 \text{ kp/m, } n_{xy} = 0, \quad n_y = 0,$$

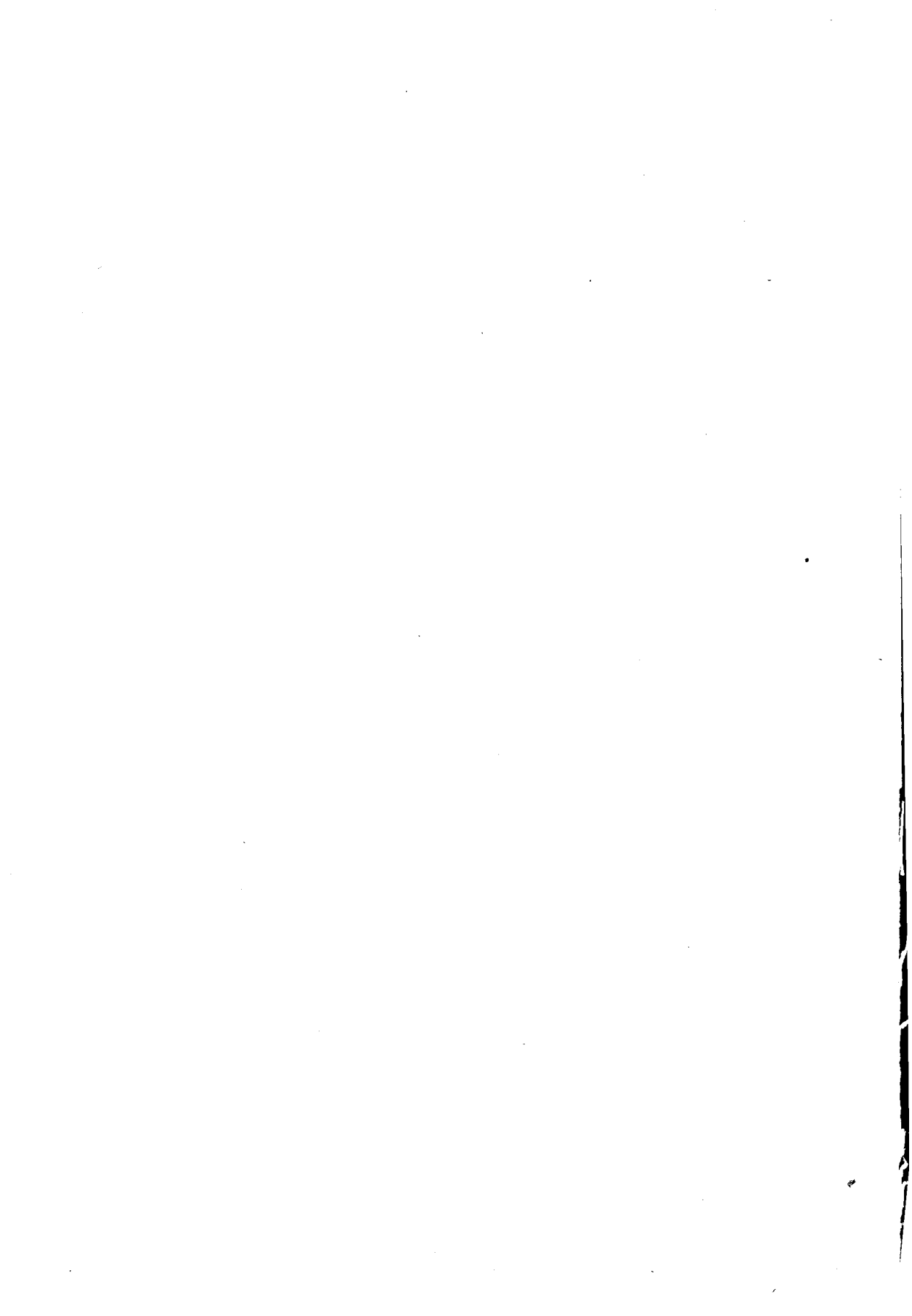
a T pontban pedig

$$n_x = -896 \text{ kp/m, } n_{xy} = +1752 \text{ kp/m, } \quad n_y = -3385 \text{ kp/m.}$$

Mindezek az értékek aránylag igen csekélyek.

IRODALOM

1. SZMODITS, K.: Hyperbolic Paraboloidal Shell over Polygon Plan *Acta Technica Hung.* 49 (1964), 83–89.
2. CSONKA, P.: Sectorial Shells Consisting of Elements Formed According to a Surface of Second Order, Constructed over a Polygonal Plan-Form. *IASS Bulletin*, Nr. 19. (1964) 53–57.
3. CANDELA, F.: General Formulas for Membrane Stresses in Hyperbolic Paraboloidal Shells. *Journal of the American Concrete Institut* (1960), No. V. 32, 253–371.
4. CSONKA, P.: Calculation of Polygonal Shells Consisting of Translational Sectors Perfectly Free at their External Edge. *IASS Bulletin* No. 15 (1963), 41–51.
5. CSONKA, P.: Membrane Shells with Perfectly Free Edges. *Acta Techn, Hung.* 40 (1962), 151–167.



FUCHS TIVADAR HELYE A MAGYAR FÖLDTANBAN

VADÁSZ ELEMÉR

AKADÉMIKUS

Dr. FUCHS Károly kiváló matematikus, fizikus és geodéta nagy értékű tudományos hagyatékát ismertető közlemény (Bendefy László: F u c h s Károly kézirati hagyatéka — *M. T. A. Műszaki Tud. Osztályának Közleményei* 33. [1964]) kiegészítésül tudománytörténeti tekintetben vázoljuk a régi szepességi származású család Földünk minden részében szét-szóródott jeles nemzedékeinek tudományművelő és műszaki tevékenységét. Főként Károly nevelő bátyjának, a Bécsben működött F u c h s Tivadar professzornak, a Természettörténeti Múzeum Föld- és Őslénytára igazgatójának az ausztriai földtan—öslénytan fejlesztése körüli érdemeit, valamint Magyarország fiatal harmadkori rétegtanára vonatkozó alapvető munkásságát ismertetjük. Az utóbbiak alapján a jeles humanista osztrák világpolgárt, régi magyar származása szerint, a magyar földtan történetének egyik nagy úttörőjeként tiszteljük.

A közelmúltban FUCHS Károly kiváló magyar matematika-fizika szakos tanárnak „a fotogrammetria egyik legkiemelkedőbb úttörőjének” a Magyar Tudományos Akadémiába került nagy értékű kézirati hagyatéka ismertetésében, BENDEFY László figyelemreméltó tudománytörténeti adatokat tárt fel a régi szepességi származású FUCHS-család két évszázadra visszamenő múltjából [1]. Ebből a klasszikus családból származott FUCHS Tivadar geológus, az egykori világhírű bécsi földtani iskola enciklopédikus tudású úttörője, akinek tudományos tevékenysége sok alapvető rétegtani—öslénytani felismeréssel kapcsolódik a magyar föld földtani megismeréséhez. Neve gyakran található a századvégi magyar földtani szakirodalomban, mindmáig terjedően a korszerű újraértékelő vitákban is. Életét és működését, hűséges tanítványa, követője és hivatali utódja tömören jellemezte [2]. Magyar vonatkozásai nélkül. Nem lesz érdektelen talán az utóbbiakról egyet-mást rögzíteni, részben néhai KOCH Antal professzor egykori kortársi szóbeli közlése, részben a most előkerült adatok alapján.

FUCHS Tivadar geológus, a régiek szerint „hazánkfia” — Eperjesen (Presov) született 1842-ben. Iskoláit is Eperjesen végezte. Meghalt Bécs közepén (Steinach am Brenner-ben) 1925-ben. Az említett régi felvidéki luteránus családból, iparosok, lelkészek és jeles természettudósok kerültek ki. Egyik nagybátyja Bécsben gyógyszerész-doktor, majd Selmechányán bányamérnöki oklevéllel, Selmecen, később Belgrádban működött. Értékes bányaföldtani és ércgenetikai tudományos munkássága alapján a bécsi tudományos akadémia tagja volt. Édesatyja FUCHS Albert Lőcsén született, Pozsonyban lelkészi oklevéllel, bécsi és göttingeni tanulmányok után Eperjesen, majd Pozsonyban

matematika-fizika tanár, liceumi igazgató. Innen eredt FUCHS Tivadar pozsonyi származásának téves adata.

FUCHS Tivadar további tanulmányait Bécsben végezte, kezdetben orvostanhallgató, majd a természettudományokra térve át, a növénytan, ásványtan, kőzettan és földtan (Suess E.) szakokon 1864-ben a bécsi „K. K. Hofmineralien Cabinet” asszisztense, részt vett annak „Hofmuseum”-má fejlesztésében, korát meghaladó gyűjtemény szervezésében, új múzeumi épületének tervezésében. Végül a földtan-öslénytani osztály igazgatója. Nem térünk ki sokoldalú munkásságának részleteire, bár azok, véleményünk szerint, tudománytörténeti tekintetben kellően földolgozva még nincsenek. Hangyaszorgalmú, magános, végtelen szerény, aprólékos munkás létére, az akkori nagy kérdések új irányát kijelölő haladó-úttörő volt. LYELL szellemében vizsgálta a mai tengeri, s különösen a mélytengeri üledékek kifejlődését, s alkalmazta az egykori tengeri üledékek összehasonlítására. DARWIN irányát követve, fejlődéstani alaksorokat jelölt meg. Az üledékek kifejlődési módjának, anyagának részletvizsgálatával WALTHER J. üledékképződési és rétegtan-öslénytani, illetve őslélettudományi — paleoaktuológiai módszerének előfutára. Laza kőzetek mozgásában fölismerte a belső erőktől függő orokinetikus és a külső erővel létesült morfokinetikus különbségeket. A tudományos földtani kutatás akkori irányát példásan kiteljesítő utazó-gyűjtő volt; aki Európa minden részén gyűjtött anyagát elsősorban aprólékos muzeális szempontból dolgozta fel, gondos összehasonlítással rendszerezve. Utazásaiban fölismerte a nyelvismeret nélkülözhetetlenségét, egyben a sokféle nyelv terhét, nehézségeit, s a tudományos érintkezésben egy közös nyelv használatának kívánalmát. Ezért előharcosa volt az eszperantónak. Utazásain megdöbbenéssel tapasztalta a népek természetismeretekben való elmaradottságát, különösen Keleten. Létrehozta a keleti népek természet-tudományos fejlesztését elősegítő társadalmi egyesületet. Kiváló tanító-oktató-nevelő; tevékenyen részt vett a főiskolai és középiskolai reform-munkálatokban. Haladó szellemű világpolgár létére, maradéktalan híve volt az osztrák elnyomó habsburgi politikának, s zúgolódás nélkül viselte az osztrák Lueger-féle katolikus reakció reá is ható hátráltatásait. A vallási ellentétek érzékelhetők voltak az akkori földtani viták személyes vonatkozásaiban, a Reichsanstalt-Egyetem, vagy a Reichsanstalt-Hofmuseum tagjai között. Ennek a vallási türelmetlenségnek hullámai átcsaptak Magyarországra is, s fokozódtak a fékevesztett német fasizmussal, az egyoldalú antiszemitizmusban és leplezetlen fajgyűlöletben. FUCHS Tivadar „hazánkfia”, a politikai hullámveréstől mentes szelid bölcsességű, haladó szellemű o s z t r á k k á lett, s mindvégig az is maradt.

Pályája első felében nagyon sok közvetlen kapcsolata volt a magyar földtannal. Magyar nyelvismerete alapján rendszeresen ismertette, sőt németre fordította az 1869-ben fölállított Állami Magyar Földtani Intézet kiadványaiban megjelent földtani tanulmányokat. E közvetítésen kívül azonban klasszi-

kus értékű alaptanulmányokban foglalkozott magyarországi fiatal harmadidőszaki faunalelőhelyek faunisztikai és rétegtani összehasonlító vizsgálatával, Dunántúli pannóniai lelőhelyekkel. Nevéhez fűződik a felsőoligocén katti emeletének megállapítása, a kasszeli alapfaunával azonosított törökbálinti faunabesorolással. Összehasonlító módon vizsgálta az Erdélyi medence harmadkori képződményeit, KOCH Antal rétegtani csoportosítása nyomán. Igazolta a zsilvölgyi rétegek korát is.

FUCHS Tivadar széles körű munkássága, enciklopédikus természettudományos ismeretekkel, a földtani dialektikus materialista szemléletével eljutott a szocialista humánvilág nézeti magaslatára is. Érdemes fölfigyelni erre, egykori jegyzeteiből, FUCHS Rezső, Vácon élő unokaöccse, ny. tanár útján hozzánk juttatott alábbi aforizmákból.

„Die Devise der neuen Zeit ist:
Arbeit und Studium,
Assoziation und Organisation,
Gerechtigkeit und Humanität.“

*

Der Staat.

Jeder Staat muss eine grosse Produktionsgenossenschaft sein
Jeder Staat muss eine grosse Handelsgesellschaft sein
Jeder Staat muss eine grosse Versicherungsanstalt sein
Jeder Staat muss ein grosses Sanitätsinstitut sein
Jeder Staat muss ein grosses Rechtsinstitut sein
Jeder Staat muss eine grosse Erziehungsanstalt sein.“
„Die Arbeiterschaft ist ein Kind der Industrie
Die Industrie ist ein Kind der Technik
Die Technik ist ein Kind der Wissenschaft und Kunst.
Wissenschaft und Kunst sind die treibenden Kräfte der
menschlichen Gesellschaft.“

„Was ist Kultur?

Kultur ist alles in der menschlichen Gesellschaft, was den Menschen nicht von der Natur zum Leben mitgegeben ist, was der Mensch erst erwerben, was er lernen muss.

Das Erste, was ein Kind lernt, ist die Sprache; die Sprache ist daher auch die Grundlage, die Seele und die Trägerin der gesamten Kultur.“

FUCHS Tivadar elszármazott tőlünk: osztrák világpolgárrá lett. Földtani munkásságával hozzánk tartozik, emberi magatartását magunkévá tesszük.

IRODALOM

1. BENDEFY L.: Fuchs Károly kézirati hagyatéka. MTA VI. Oszt. Közl. 33. (1964).
2. SCHAFFER, F. X.: Theodor Fuchs. Sein Leben und Werk. Mitt. d. geol. Gesellsch., Wien, 18. (1925). Annalen d. Naturhist. Mus. Wien, 41, (1927).

A TARTALMI KIVONATOK (SZINOPSZISOK) SZERKESZTÉSÉRŐL

Az ISCU A. B. (International Council of Scientific Unions Abstract Board) tudományos szervezet összeállította és közzétette azokat a szabályokat, melyeket a tudományos dolgozatok szerzőinek és a szakfolyóiratok szerkesztőinek a dolgozatok tartalmi kivonataival (szinopszisaival) kapcsolatban követniük kell. E szabályokat, főként a szakdolgozatok szerzői által betartandó rendelkezéseket, az alábbiakban kivonatatosan ismertetjük.

A tartalmi kivonat hivatalos megnevezése: *szinopszis*. Ezen kifejezésen valamely tudományos értekezésnek a szerző által készített összefoglalása értendő, amely magával az értekezéssel egyidejűleg kerül közzétételre.

A szinopszis célja nemcsak az, hogy azon folyóirat olvasóinak kényelmét és céljait szolgálja, amelyben közzétételre kerül, hanem az is, hogy csökkentse a kivonatközlő (dokumentációs) folyóiratok költségráfordítását, és gyorsítsa munkájuk elvégzését. Ezáltal lehetővé válik a tudományos szakterületű információs szolgálat általános fejlődése és javulása.

A szinopszishoz fel kell ölelnie az értekezés tartalmának és végkövetkeztetéseinek rövid és ténybeli összefoglalását, továbbá fel kell hívnia a figyelmet az értekezésben foglalt minden új adatra, egyben megjelölve azok jelentőségét. A szinopszishoz lehetőséget kell nyújtania az elfoglalt olvasó részére ahhoz, hogy az olvasó az értekezés címének pusztá elolvasása alapján kapott tájékoztatáson túlmenően képes legyen elbírálni, vajon érdeklie őt a kérdéses értekezés.

A szinopszisban inkább teljes mondatokat kell alkalmazni, mintsem merő címfel-sorolást. Az értekezés szerzőjére való bármely hivatkozást harmadik személyben kell megfogalmazni. Inkább szabványos kifejezéseket kell használni, mintsem egyéni, különleges kifejezéseket. A szükségtelen szóösszevonásokat, tömörítéseket el kell kerülni. Abból a fel-tételezésből kell kiindulni, hogy az olvasó rendelkezik bizonyos ismeretekkel az illető tárgy-körben, de az értekezést nem olvasta. A szinopszishoz éppen ezért önmagában is érthetőnek kell lennie, az értekezés áttekintésének szükségessége nélkül. (Igy például nem szabad a szinopszisban a szövegben szereplő fejezetek vagy ábrák számaira hivatkozni.)

Tekintettel arra, hogy az értekezés címét általában úgy szokták elolvasni, mintha az magának a szinopszishoz is része volna, a szinopszisban kerülni kell a cím megismétlését. Amennyiben azonban a cím nem eléggé jellemző a tartalomra, a bevezető mondatnak meg kell jelölnie a taglalt tárgyköröket. Általában az a helyes eljárás, ha a szinopszis nyomban a kezdetén világosan megjelöli a kutatások tárgyát.

Olykor célszerű, ha a szinopszis a tárgykör kezelésének módjára is utal, mint például: „rövid”, „kimerítő”, „elméleti” stb. kifejezésekkel.

A szinopszishoz utalni kell az újonnan észlelt tényekre, a kísérleti eredményekre vagy az érvelések végkövetkeztetéseire, és — amennyiben lehetséges — fel kell hívnia a figyelmet a cikkben tárgyalt eljárás, berendezés, technológia stb. lényeges részleteire.

A szinopszishoz tartalmaznia kell az esetleges új vegyületek, ásványfajták stb. neveit és az esetleges új numerikus adatokat, például fizikai állandókat is, amennyiben erre nem nyílik lehetőség, fel kell hívnia a figyelmet az említett vonatkozásokra. Lényeges az, hogy említés történjen a cikkben közölt új adatokra és megfigyelésekre még abban az esetben is, ha azok közül egyesek az értekezésben az értekezés fő célja mellett csak mellékesen, közbevető-leg kerülnek ismertetésre. Ilyen jellegű tájékoztatás híján az illető adatok esetleg rejtve maradnak, noha ténylegesen értékes, használható adatokról van szó.

Amennyiben a szinopszisban kísérleti eredmények közlésére kerül sor, utalni kell az alkalmazott kísérleti módszerekre. Az új módszereket illetően közölni kell az alapvető elvet, az alkalmazási területet és a pontossági fokot.

Amennyiben a szinopszis keretében valamely korábbi munkára való hivatkozás szükséges, a hivatkozásnak ugyanabban a formában kell történnie, mint magában az értekezésben; ellenkező esetben mellőzni kell a hivatkozásokat.

A tudományos folyóiratok idézése legyen egybehangzó azon folyóirat általános gyakorlatával, amelynek részére az értekezést írták. (A Nemzetközi Tudományos Dokumentációelemzési Konferencia elfogadásra ajánlotta a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet azon javaslatát, hogy a folyóiratok neveit a *World List of Scientific Periodicals* című összeállításban közölt módon kell rövidíteni.)

A szinopszisnak a lehető legtömörebbnek kell lennie. Csupán kivételes esetekben szabad meghaladnia a kétszáz szavas terjedelmet.

A Szerkesztőség

KÖNYVSZEMLE

W. Grossmann:

GEODÄTISCHE RECHNUNG UND ABBILDUNGEN IN DER LANDES-VERMESSUNG

Második bővített kiadás. Konrad Wittwer Kiadó, Stuttgart, 1964. 260 old. 77 ábra és 12 számtábla.

Nem könnyű feladat mindössze 260 oldalon annyit és olyan kitűnően adni, mint amennyit ebben a könyvben közölt a szerző. A könyv a következő fejezeteket tartalmazza:

1. A földi ellipszoid geometriai tulajdonságai.
2. Ellipszoidikus számítások és a gömb síkvetületei.
3. A forgási ellipszoid geodéziai vonala.
4. Földrajzi koordináták az ellipszoidon.
5. Derékszögű koordináták az ellipszoidon és ezeknek ordinátahű síkvetülete.
6. A földi ellipszoid Gauss-féle síkbafejthető konform vetülete.
7. A többi konform vetület áttekintése.
8. A német országos felmérések.

A felsorolásból következik, hogy a könyv a matematikai geodézia problémáit foglalja magában, és így helyes és következetes volt a szerző eljárása, hogy közvetlen mérés technikai problémákkal nem foglalkozott. Az első kiadás óta felvett új fejezetek, mint az ellipszoidi háromszögek tárgyalása, a geodéziai főfeladatoknak a megoldása nagy távolságok esetében stb., valamint az a körülmény, hogy a logaritmikus számítások helyett a számológépekkel való megoldások előtérbe kerültek, csak növelik ennek a kiváló könyvnek használhatóságát. Szívesen láttuk volna HAZAY vizsgálatainak eredményeit a könyvben, még akkor is, ha ezáltal a terjedelme megnövekedett volna. A biztosra vehető következő kiadásokban talán erre is sor kerülhet.

Összefoglalóan: GROSSMANN új könyve a nemzetközi geodéziai irodalomnak komoly gazdagodását jelenti, és éppen olyan fontos és sokat használt kézikönyve lesz, mint GROSSMANN „Kiegyenlítőszámítás”-a.

Dr. Tárcey-Hornoch Antal

Biczók, I.

CONCRETE CORROSION — CONCRETE PROTECTION

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964. 543 oldal, 128 ábra, 6 táblázat.

Az angol nyelvű könyv a beton korróziójának és a korrózió elleni védelemnek a kérdéseit foglalja össze öt fejezetben, gazdag tapasztalatokra támaszkodva és a legújabb kutatások eredményeit figyelembe véve.

Az *első fejezet* a beton alapanyagainak korrózióval szembeni érzékenységét elemzi a vegyi átalakulások tükrében. A cementek tulajdonságainak és az agresszív környezet jellemzőinek ismeretében egyértelműen megállapítható a legmegfelelőbb cement- és betonösszetétel, mellyel a korróziós veszély csökkenthető, illetve elkerülhető.

A *második fejezet* a talajvíz és a talaj agresszív hatását ismerteti a mérnöki hidrológia és az elektrokémia elemeinek alkalmazásával, és összefoglalja a különböző külföldi és hazai szabályzatok előírásait az agresszív talajban vagy talajvízben épített alapok tervezésére és kivitelezésére vonatkozóan.

A *harmadik fejezet* kimerítően tárgyalja a beton bázikus és savas korróziójának, valamint a beton korrózió elleni védelmének általános és különleges kérdéseit. Külföldi kutatások eredményeire támaszkodva, útmutatást ad a gyors vizsgálati eljárások végrehajtására és értékelésére. E fejezet fontos gyakorlati szabályokat tartalmaz a technológiai tervező és kivitelező számára. Külön kiemelhető a tenger vízének hatását elemző rész.

A *negyedik fejezet* a korrózió mértékét növelő, illetve csökkentő tényezőket ismerteti, és áttekintést nyújt a különleges korróziós hatásokról (oxidáció, mikrobiológiai hatás, parol-gás stb.). Figyelemre méltó a vékonyfalú beton- és vasbetonszerkezetek (folyadéktározók stb.) szerkesztési szabályainak összefoglalása a korrózió veszélyének szem előtt tartásával.

Az *ötödik fejezet* a gyakorlati mérnök (tervező, kivitelező) számára a legértékesebb, amennyiben e fejezet foglalja össze a korrózió elleni védelem irányelveit és szabályait. Az *Aktív Védelem* című részben a cement és a beton helyes összetételének és bedolgozási módjának ismertetésén kívül a felületi kezelés és egyéb különleges eljárások (cementálás, impregnálás stb.) ismertetésére terjed ki. A *Passzív Védelem* című rész az agresszív vizek távoltartásának és azok semlegesítésének módszereit tárgyalja. A terjedelmes fejezet a hibák javításával zárul.

Az értékes munka jelentős támasza a tervező és kivitelező mérnöknek a korrózió elleni védelem gyakorlati feladatainak megoldásában. Számos példa és kísérlet leírása gazdagítja a kiváló könyvet, mely tartalmát és megjelenési formáját tekintve igen színvonalas munkának minősíthető.

Dr. Goschy Béla

Beke. B.

PRINCIPLES OF COMMINUTION

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964. 163 oldal, 58 ábra, 4 táblázat.

Az aprításelmélet, melynek kialakulása kb. egy évszázaddal ezelőtt vette kezdetét, ma már a különböző elméleteknek és kísérleti eredményeknek széleskörű halmazát tartalmazza, melyeknek rendszerbefoglalása nagyon időszerűvé vált. Ezt a feladatot oldja meg igen kiválóan BEKE Béla most már angolul is megjelent könyve, mely nemzetközi viszonylatban is lényegpótló. A könyv nemcsak segítséget nyújt a kutatóknak, akik itt megtalálhatják az elméletek részletes ismertetését és bő bibliográfiát, de alapot is nyújt hozzászólásokra és vitákra, melyek elősegítik az elmélet további fejlődését.

A könyv négy fejezetből áll, melyek az aprított halmazok szemszerkezetével, az aprítás energiaszükségletével és az őrlés kinetikájával foglalkoznak, és melyekhez csatlakozik a körfolyamatos őrlés kérdésének — elsősorban a szerző saját vizsgálatai alapján való — tárgyalása, továbbá rövid függelék, mely őrlési vizsgálatok leírását és analizését tartalmazza.

A szemszerkezetet tárgyaló fejezet főleg őrlött halmazok szemszerkezetével foglalkozik, mert elsősorban ez a terület képezte a tudományos kutatás fő célját. Tárgyalja azonban a törés, tehát durvaaprítás területén újabban lefolytatott, főként hazai vizsgálatok eredményeit és különösen azoknak az aprítás egész területén való hasznosítását. Megemlíti MARTIN, HEYWOOD és WEINIG kísérleteit a szemcseszám szerinti eloszlás leírására, és részletesen tárgyalja a Schumann — Andrejev-féle megoszlást, a nálunk már régebben használatos Rosin — Rammler-féle megoszlást, a Kolmogorov-féle (logaritmikusan normális) megoszlást és az új renormált log. normális megoszlást.

Az aprítás energiaszükségletével kapcsolatban — az aprításelmélet kezdetét jelentő — Rittinger-féle „felületi” elméletből kiindulva tárgyalja a Kick — Kirpicev-féle „térfogati” elméletet, majd a Bond és Charles — Holmes-féle képleteket, és újabb eljárást javasol az energiaigény kifejezésére.

Az aprítás kinetikája című fejezetben foglalkozik a szerző a szitamaradék változásával az őrlési idő függvényeként, az agglomeráció kérdésével és az annak hatására előálló őrlési egyensúllyal, valamint az agglomeráció befolyásával a szemszerkezetre (szerző saját vizsgálatait).

A körfolyamatos őrlésre vonatkozólag a szerző ismerteti saját kutatási eredményeit, részletesen tárgyalva ezzel a gyakorlatilag fontos kérdéssel kapcsolatban a szemszerkezeti viszonyok alakulását és befolyásolhatóságát, a tökéletes és tökéletlen leválasztás kérdését stb.

A mű angol nyelven való megjelenése a magyar tudományos tevékenység külföldi értékelése szempontjából is öröndetes.

Dr. Lázár Jenő

Sályi István—Fáber Gusztáv:

SZILÁRDSÁGTANI PÉLDATÁR

I. kötet, 2. kiadás, Budapest 1962, (323 oldal).

II. kötet, Budapest, 1964, (534 oldal).

Ez a kétkötetes példatár több mint 900 példát tartalmaz a szilárdságtan következő fejezetei köréből: Nyugvó teher által előidézett igénybevétel. Mozgó teher által előidézett igénybevétel. Rúdkeresztmetszet geometriája. Erő és alakváltozás közötti összefüggés. A szilárdságtan célkitűzése. Húzás és nyomás. Hajlítás. Kihajlás.

E sokrétű témakör anyagát a szerzők azon előadásokon szerzett tapasztalatok alapján állították össze, amelyeket a miskolci és a budapesti műegyetem elektrotechnikai szakosztályán tartott előadásokon szereztek. A szerzők nemcsak a feladatok megoldását mutatják be, hanem a megoldások megértéséhez szükséges alapfogalmakat és tan-tételeket is felsorolják. A feszültség és alakváltozás tárgyalása úgy, amint az a korszerű szilárdságtani irodalomban is szokásos, a tenzorszámítás és a mátrixszámítás felhasználásával történik. Mintaszerű a redukált feszültségek és a mekánikus állapot tárgyalása. A mű főértékét az alaposan kidolgozott megoldások alkotják. Ez a példatár nemcsak oktatási segédletül szolgál, hanem a gyakorlatban tevékenykedő mérnökök számára is hasznos.

Dr. Barta József

Pattantus Á. Géza:

A GÉPEK ÜZEMTANA

12. átdolgozott kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1964, 590 oldal, 319 ábra, 177 számpélda.

A gépek üzemtana c. könyv Pattantus professornak és műszaki szakirodalmunknak is egyik legsikeresebb tankönyve. Első kiadása 1944-ben jelent meg, amely alig pár hónap alatt elfogyott. Így került sor gyors egymásutánban további tíz kiadásra. A jelenlegi 12. kiadás már átdolgozott formában jelent meg, mert a technikai fejlődés szükségessé tette, hogy a széles tudománykört felölelő könyvben a technika újabb eredményei is ismertetve legyenek. A gépek üzemtana c. könyv túlnötte a tankönyv kereteit, ezért a szakkönyvek közé sorolják. Azonban Pattantus professzor nagy tudása, hosszú mérnöki gyakorlata a tanári működése során gyűjtött tapasztalatai megadták a lehetőséget arra, hogy művét a tankönyvekben kívánatos rendszerezéssel alkossa meg. Így tankönyv és szakkönyv is, egyúttal felvilágosít, oktat és magyaráz. A kitűnően fogalmazott tömör és világos mondatok, jó ábrák és számos kidolgozott példa segítik a tárgyalt problémák könnyű megértését.

A mű hat fejezetre tagozódik: Az I. fejezet a bevezetés, a mértékegységeket és mérték-rendszerüket, a műszaki számítások menetét, a gépek osztályozását és csoportosítását és a gépészmérnök munkakörét ismerteti.

A II. fejezet a mechanikai munkát, annak átvitelét, a munka szétosztását, a gép változó sebességű üzemét és a változó erők munkáját tárgyalja.

A III. fejezet a folyadékok munkaképességét, a Bernoulli egyenletet, a vízgépek csoportosítását, különféle típusait (Pelton, Bánki, Francis, Kaplan), ezek működését, majd az örvényszivattyúkat ismerteti. Új pótlás a könyvben a hidrodinamikus hajtóművek tárgyalása, melyek egyre jobban terjednek az autókban és a vasúti járműveknél is. Ezt a fejezetet „a levegő mint energiahordozó” cím alatt a szélerőgépek, fúvók és szellőzők tárgyalása zárja le.

A IV. fejezet a hőerőgépeké. A hőerőgépek termodinamikáját, a belsőégésű motorok ideális körfolyamatait, munkafolyamatait, hatásfokait és teljesítményét ismerteti. A dugattyús gőzgépek mellett a gőz- és gázturbinák működése is tárgyalásra kerül. Ezenkívül foglalkozik a gőzkazánokkal, a gőzmozdonnyal és a hűtőgépekkel.

Az V. fejezet a villamosgépeké. Két részre tagozódik: az egyenáramú és a váltakozó áramú gépek tárgyalására.

Végül a VI. fejezet a gépcsoport üzemével, az üzemstabilitással és a szabályozással foglalkozik.

A könyvet a nagy magyar gépész- és villamosmérnökök életrajzáinak és munkásságának ismertetése zárja be.

A gépészmérnök képzés szempontjából alapvető, nagy technikai és pedagógiai felkészültséggel megírt könyvet röviden ismertetni szinte lehetetlen. De ma már a XI. kiadás után ez nem szükséges, mert a könyv eddig kb. 35 000 példányban jelent meg. Az új kiadás már a technikai haladásnak megfelelően bővített. Az átdolgozók VARCA József egyetemi

tanár vezetésével munkájukat PATTANTYUS professzor szellemi hagyatékának tiszteletben tartásával végezték. Ez annál könnyebb volt, mert valamennyien PATTANTYUS professzor tanítványai voltak.

Nem kétséges, hogy „A gépek üzemtana” még sok kiadást fog megérni, mert nemcsak a ma, hanem a jövő mérnökei számára is szükséges lesz a gépészmérnöki tudományokat röviden és tömören átfogó munkára, amely útbaigazítást ad a gyakorlatban sok esetben előforduló komplex problémák megoldásához.

Dr. Jurek Aurél

Kitov, A. J.—Krinickij, N. A.:

ELEKTRONIKUS DIGITÁLIS SZÁMÍTÓGÉPEK ÉS PROGRAMOZÁS

(Az eredeti, Elektronnye cifrovue masinu i programmirovanie c. orosz nyelvű 1959. évi moszkvai kiadás alapján Bach Iván által készített magyar nyelvű fordítás, 530 oldal. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964.)

Közismert tény az, hogy az elektronikus, programvezérlésű számológépek a műszak és gazdasági jellegű feladatok megoldásában, az utolsó tíz esztendőben világszerte milyen jelentős szerephez jutottak. Térkódításuk a felhasználás sokoldalúságában, a gépek univerzális jellegében leli magyarázatát.

Minden matematikailag leírható számszerű összefüggés végső soron olyan szigorú és egyértelmű utasításokból áll, amelyek előírják, hogy a négy alpműveletet (összeadás, kivonás, szorzás és osztás) hányszor és milyen sorrendben alkalmazva kell a feladatot megoldani. Minden ilyen összefüggés kiszámítása elektronikus számológéppel elvégezhető, ha a géppel az elvégzendő műveletekre és azok sorrendjére vonatkozó, gondosan összeállított utasítást közöljük. Ezt a feladatot nevezzük a számítási algoritmus számológépre való programozásának.

Azonban az elektronikus számológépek nagy működési sebessége csak akkor használható ki gazdaságosan, ha kellő mennyiségű, gondosan előkészített, programozott feladattal látható el. Ehhez egyrészt nagyszámú programozóra van szükség, másrészt a különféle tudományterületek és műszaki gazdasági alkalmazások olyan szakembereire, akik a feladatokat képesek a számológép nyelvén megfogalmazni.

E kettős cél közvetlen szolgálatában készült KITOV és KRINICKIJ igényesen megírt műve, mely a magyar nyelvű szakirodalomban hézagpótló. Az eddig megjelent ismeretterjesztő művekkel szemben — azok jelentőségét nem lebecsülve — ezt magas igényű tan- és szakkönyvnek kell megjelölni. A mű szerkezete mértéktartó. Az általánosságot érintő és a gépek szerkezeti részeivel foglalkozó fejezetei csak annyit adnak, amennyi a fő cél — a programozás tudománya — alapos tárgyalásához szükséges és elegendő. A rendszeres képzés és az önálló tanulás szempontjából döntő fontosságú alapismereteket az első és második fejezet (a digitális gépek aritmetikai alapjai; a matematikai logika és a gép áramkörei) példamutató alaposítással tárgyalja, és ezzel előkészíti a VI—IX. fejezetek programozási anyagának elsajátítását.

Az elektronikus számológépek irodalma alig tud lépést tartani a gépek fejlődésének iramával. S bár ez a kiváló mű X. fejezetében foglalkozik a programozó programok kérdésével, megírásának 1959-es időpontja magyarázatot ad arra, hogy — sajnos — miért nem foglalkozik az egységes gépi formanyelv (pl. ALGOL) kérdésével.

Nem érdemes itt részletesen kitérni arra, hogy a könyv egyes fejezeteivel szemben ma már e témakör szakirodalma hol az korszerűbbet, hiszen e területet jellemző fejlődésnél lassúbbat sem tud könyvkiadási rendszerünk nehézkessége követni. De éppen egy ilyen — a maga idejében — jól megírt könyv megjelenése sürgősen igényli a tárgykör legfrissebb ismereteivel foglalkozó szakfolyóiratok mielőbbi megindítását.

Dr. Szabó János

Rázsó—Komádi—Sitkey:

MEZŐGAZDASÁGI TRAKTOROK ELMÉLETE ÉS SZERKESZTÉSI IRÁNYELVEI

Tankönyvkiadó Budapest, 1964, 412 oldal, 82 ábra.

A könyv a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán a Mezőgazdasági gépészeti szakon tanuló egyetemi hallgatók tankönyveül szolgál, és a „Traktorok” című tantárgy anyagát tartalmazza, azonban lehetőséget nyújt az előadási anyagon túlmenő ismeretek megszerzésére is.

A könyv első fejezetét a traktorokra vonatkozó általános ismeretek képezik. Ebben a traktorokkal szemben támasztott követelményekről, a traktorok rendszerezéséről és a traktorok fejlődési irányairól kap tájékoztatást az olvasó, történelmi visszapillantással és a hazai traktorgyártás fejlődésével együtt. „A traktorok mozgása és a traktorokra ható erők” című második rész a belsőégésű motoros traktorok jellemzőit, a traktorüzem céljaira alkalmazható gőz- és villanymotorok jelleggörbéit, valamint a traktorok hajtóműveiben fellépő nyomatékokat ismerteti, majd a belsőégésű traktormotorok sajátosságait tárgyalja kellő részletességgel. Ezt követően a „Kerekek kinematikája és dinamikája” című részben a talaj mechanikai tulajdonságainak figyelembevételével a merev és gumikerekes kerekek kinematikájának és dinamikájának világos és jól áttekinthető tárgyalása található. A fejezet a kerekes traktorok általános dinamikai kérdéseivel, a lánctalpas járműszerkezettel és a négykerék hajtású traktorokkal is foglalkozik. Tartalmazza a traktor súlypont koordinátáinak meghatározását és a kerekes, valamint lánctalpas traktorok fordulásával kapcsolatos alapvető kérdéseket.

A könyv anyagát és tárgyalásmódját illetően bizonyos mértékben Lvov: Teorija Traktora (traktorok elmélete) Moszkva, 1960. című könyvére támaszkodik, azonban, ahol szükség volt rá, attól lényegesen eltér, pl. a gumikerekes járószerkezetek tárgyalásakor.

A könyv logikus gondolatmenetben világos és érthető fogalmazásban, kellő számú ábrával alátámasztva világítja meg a legfontosabb kérdéseket, és ezért tankönyvként nagyon jól használható. Csupán szerkesztési és tartalmi szempontból lehet néhány észrevételt tenni.

Elsősorban azt kell megjegyezni, hogy „A traktorok mozgása és a traktorokra ható erők” című fejezete nem illeken bele a belsőégésű motoros traktorok jellemzőivel, a traktorüzem céljaira alkalmazható gőz- és villanymotorok jelleggörbéivel, valamint a traktorok hajtóművében fellépő nyomatékokkal foglalkozó részek. Ezeket célszerűbb lett volna külön cím alatt hozni. A talajmechanikai kérdéseket is kívánatos lett volna egy helyen tárgyalni, mert a II. 5. pont csak a talaj függőleges deformációjával foglalkozik, míg a nyírófeszültség- jel a II. 6/g. pont. A talajmechanika az utóbbi időben nagy fejlődésen megy át, és ezért érdemes lett volna az egész talajmechanikát együttesen és valamivel részletesebben tárgyalni. Sajnálatos módon nem szól a könyv a traktoros aggregát indítási kérdéseiről, amelyek különben az előadási anyagban szerepelnek, és amelyek jelentősége a mind nagyobb munkasebességre való törekvések következtében egyre növekszik. Szükszavúan foglalkozik a könyv a négykerék hajtású traktorok dinamikájával, holott ezen a területen iparunk élen jár.

A könyv terjedelmének majdnem a felét a „Függelék” (táblázatok és jelleggörbék) teszi ki. Ez az anyag rész igen hasznos, és a tanszék e téren végzett jelentős munkáját tükrözi; mégis kérdéses, hogy egyetemi tankönyvben van-e helye ilyen részletes anyagnak. Sok ábrában a mezőnek csak $\frac{1}{4}$ -ét foglalják el a görbék (pl. 325., 327., 371., 373., 387. stb. oldalakon), ez a műszaki szerkesztés hibájául róható fel.

A könyv egyébként mezőgazdasági gépészeti szakirodalmunk értékes gyarapodását jelenti.

Dr. Varga József

O. Knapp:

DEVITRIFICATION OF SILICATE GLASSES

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1965. 92 oldal, 88 ábra.

A szilikátüvegeken fellépő kristályosodási jelenség az üveg megszületése óta ismeretes. A kristályosodás az üveget előállítók tudatában „horror vacui”-szerű fogalomként szerepelt. A viszkozus olvadékból bekövetkező kristálykiválás mechanizmusa igen bonyolult. Ezzel magyarázható, hogy az üveg kristályosodására vonatkozólag hosszú időn keresztül csak tapasztalati adatok álltak rendelkezésre. Bonyolítja a kérdést, hogy szilikátüvegek esetében a homogén kristályosodás lehetőségét ki kell zárunk, a heterogén kristályosodási folyamat bonyolultsága következtében csak hipotézisekről beszélhetünk. A szerző kritikailag elemzi az eddig felállított hipotéziseket, és azok bírálata mellett saját elméletét is közli. Fejtegetéseit a legmodernebb hibahely-elméletből kiindulva végzi. Elmélete a kristályosodás ismert jelenségeivel nincs ellentétben.

A szilikátolvadékokra jellemző kristályosodási jelenséget a század elejéig jóformán csaknem kizárólag nem kívánatos üvegyártási hibának tekintették. Az utolsó 50 évben indult meg a szilikátolvadékok tudatos kristályosítása, a kristályosodási jelenségek és az összetétel közötti összefüggéseknek tisztázása érdekében. E tények eddig önálló monográfiában nem jelentek meg, csak szaklapokban és szakkönyvek egyes fejezeteiben.

A monográfia célja, hogy megismertesse és összefoglalja a szakirodalomban már eddig közölt kísérleti eredményeket. Teljes részletességre a munka nem törekedett, viszont rész-

letesebben közli azokat a kísérleteket, amelyeket a szerző néhány ismertebb híradástechnikai üveg kristályosodási mechanizmusával kapcsolatban végzett. Az eredményeket kidolgozott elméletébe illeszti be. Ezekkel a vizsgálatokkal kapcsolatban részletesebben ismerteti a mesterséges kristályosodási eljárásokat, a kristályosodás és viszkozitás összefüggését, az üvegből kivált kristályos fázisok minőségét, a kristályosodási sebességviszonyokat, a hőmúlt szerepét a kristályosodás alakulásában és a kristálymag számítási eredményeit.

Egy rövidebb fejezet az üvegek átkristályosítása útján előállított vitrokerámiai anyagokról számol be, rövid összefoglalást adva ezen új szerkezeti anyagok előnyös tulajdonságairól, és a jelenleg kialakulóban levő felhasználási lehetőségeiről.

A monográfia az olvasót a kristályosodás kérdéséről két szempontból igyekszik informálni: egyrészt oly elméleti megfontolásokat közöl, amelyek hozzásegítenek a szilikátüveg szerkezetének közelebbi megismeréséhez is, másrészt technológiai szempontból elősegíti a kristályosodás okozta üveghibák meghatározását. Számos ábra is bemutatja a szerző kísérleti eredményeit; kár, hogy ezekről nem közöl felvételeket nagyobb nagyítással is.

A felsorolt irodalmi adatok lehetővé teszik, hogy azok, akik a szilikátolvadékok kristályosodásának tárgykörében behatóbb vizsgálatokat szándékoznak végezni, megfelelően tájékozódhassanak az erre vonatkozó 1963-ig megjelent irodalomban.

Dr. Lőcsei Béla

Hans Ziegler (Editor):

KREISELPROBLEME — GYRODYNAMICS

(Symposium Celerina, August 20—23, 1962, International Union of Theoretical and Applied Mechanics). XII + 303 o., 152 ábra, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963.

A könyv a fenti szimpózium anyagát — az előadásokat és a viták egy részét — foglalja össze. A szimpóziumnak az volt a célja, hogy a pörgettyűmechanika és -technika területén eszmecsere legyen lehetővé az elméleti és alkalmazott mechanika képviselői és az ipar specialistái között.

A könyv 23 előadást tartalmaz; ezek közül K. MAGNUS, P. H. SAVET, W. WRIGLEY és C. S. DRAPER előadásai általános áttekintést adnak egy-egy témáról.

K. MAGNUS: *Ergebnisse und Probleme der allgemeinen Kreiseltheorie* c. előadásában a klasszikus pörgettyűelmélethez kapcsolódva elsősorban újabb eredményeket és problémákat mutat be. Így például ismerteti Cetaevnek azt a gondolatát, hogy a Ljapunov-féle stabilitásvizsgáló módszert hogyan lehet a pörgettyűelméletben alkalmazni. Bemutatja az ún. öngerjesztett és az ún. külső gerjesztéssel terhelt pörgettyűmozgással kapcsolatos legfontosabb eredményeket.

Külső gerjesztésről akkor beszélünk a pörgettyűvel kapcsolatban, ha a pörgettyűre ható külső nyomaték vektora az időnek valamilyen előírt függvénye, öngerjesztésről pedig akkor, ha ez a nyomatékvektor a pörgettyűtesthez képest rögzített, vagy hozzá képest való változása előírt.

Ismertet néhány, különböző természetű zavarónyomatékokkal kapcsolatos eredményt is. A pörgettyűtechnikában szinte sohasem alkalmaznak egyetlen merev testet, hanem legalább két ilyen testből álló rendszert. A dolgozat ismerteti az ilyen rendszerek mozgásának vizsgálatával kapcsolatban kifejlesztett alapgondolatokat, és két különleges esetet, a gyrostatot és a kardánfelfüggesztésű pörgettyű problémáját részletesebben is kifejti. A pörgettyűjelenségeknek a mesterséges égitestekkel kapcsolatban kettős szerepük is van; egyrészt az égitest irányító rendszerében pörgettyű, ill. pörgettyűrendszer is működik, másrészt az égitest maga is pörgettyűnek tekinthető forgómozgásainak vizsgálatában. A dolgozat ez utóbbi problémakörrel kapcsolatban ismertet néhány időszerű problémát.

P. H. SAVET *Two-Degree-of-Freedom Gyroscopes* című előadása kétszabadságfokú pörgettyűk tervezésének szempontjaival, az ilyen pörgettyű-konstrukciók legújabb fejlődési irányjaival és különleges műszaki megoldásokkal foglalkozik.

W. WRIGLEY *Single-Degree-of-Freedom Gyroscopes* című dolgozatában az inercianavigációt szolgáló egyes műszerekben lényeges szerepet betöltő Rate Gyroszsal; az integráló pörgettyűvel, az ún. kényszermentes egyszabadságfokú pörgettyűvel és az ezekkel kapcsolatos műszaki, konstrukciós kérdésekkel foglalkozik.

C. S. DRAPER: *Mechanization of Inertial Guidance Systems* c. munkájában áttekintést ad az inercia-elv alapján működő, pörgettyű navigációs és pályakorrigáló berendezések működési alapelveiről, s az alapelvek érvényesülését a gyakorlatban működő és üzemi vizsgálatoknak alávetett készülékek bemutatásával illusztrálja.

A további előadások az aszimmetrikus pörgettyű mozgásainak egy új vizsgálati módszeréről (G. GRIOLI), két merev testből álló rendszer Poinot-féle mozgásáról (H. LEIPHOLZ), a pörgettyű bányászati, geodéziai és geofizikai alkalmazásáról (O. RELLENSMANN), mesterséges égitestek helyzet-meghatározásában a pörgettyűre ható mágneses erők tekintetbevételének szükségességéről (G. COLOMBO), a relativitáselméletből következő hatások mérésére szolgáló különleges pörgettyű tervezésével kapcsolatos irányelvekről (R. H. CANNON), pörgettyűs rezgémésztről és stabilizálókról (R. N. ARNOLD), kardánfelfüggesztésű pörgettyűről (Ch. WEHRLI és A. JACOB, L. MANNDER), vasúti sínek tülemelésének és az egyenes pálya lejtősségének gyors menetben is precíziós mérésére alkalmas pörgettyűs műszerről (Th. ERISMANN), rezgéseknek a pörgettyűre gyakorolt hatásáról (R. S. READ, J. S. AUSMANN, J. M. BUCHANAN, G. R. PITMAN, Jr. és R. E. GODSON), a hélium cseppfolyósodásának megfelelő hőmérsékleten működő, szupravezetést kihasználó pörgettyűről (T. A. BUCHHOLD), folyadéktest-forgórészű pörgettyűről (W. G. WING), gázcsapágyazású pörgettyűről (W. HAEUSSERMANN), a pörgettyű kiegyensúlyozásáról (J. P. Den HARTOG), a pörgettyűként használható forgatott, rezgő hangvillának gyorsulásokkal szemben mutakozó érzékenységéről (A. STRATTON és G. H. HUNT) szólnak.

A mű kitűnő áttekintést ad a pörgettyűelmélet és -technika 1962-es állásáról és egyes fejlődési irányairól.

Az egyes előadásokhoz csatlakozó hozzászólások és viták még gazdagabbá és élénkebbé teszik a könyv anyagát.

Dr. Bosznay Ádám

TARTALOMJEGYZÉK

NEKROLÓGOK

Rázsó Imre	1904—1964 (Sitkei Györgytől)	3
Ratkovszky Ferenc	1900—1965 (Szendy Károlytól)	5

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK AZ 1965. ÉVI NAGGYŰLÉS KERETÉBEN TARTOTT NYILVÁNOS ÜLÉSE

<i>Osztrovszky György</i> elnöki megnyitója	9
<i>Bognár Géza</i> osztálytitkári beszámolója a Műszaki Tudományok Osztálya 1949—1964. évi tevékenységéről	11

Hozzászólások az osztálytitkári beszámolóhoz:

<i>Major Máté</i>	21
<i>Verő József</i>	22
<i>Tárczy-Hornoch Antal</i>	25
<i>Lévai András</i>	26
<i>Bogárdi János</i>	28
<i>Haviár Győző</i>	29
<i>Hornung Andor</i>	30
<i>Vámos György</i>	31
<i>Bognár Géza</i> hozzászólásokra adott válasza	32

TANULMÁNYOK

<i>Osztrovszky György</i> zárószava	33
<i>Szigeti György</i> Az egykristályok elektrolumineszcenciája	35
<i>Benedikt Ottó</i> : A hazai automatizálási kutatás főbb eredményei és irányai	57
<i>Ripianu, A.—Tudosie, C.</i> : Energetikai megfontolásokon alapuló módszerek gyalú- mechanizmusok méretezésére	71
<i>Kolonits Ferenc</i> : Fogazathelyeshítési iterációs eljárások elemzése	85
<i>Kovács Lajos</i> : A bakonyi juratenger Káváshegy—lókúti részének bionómiai vonatko- zásai a fáciesváltozások tükrében III. rész	93
<i>Horváth Imre</i> : A dinamikai hasonlóságról	105
<i>Fonó Albert</i> : Gáztávvezeték nyomásenergiájának hasznosítása	119
<i>Kisbocskői László—Bognár Zoltán</i> : Nagyméretű víztávvezetéken végzett nyomáslen- gés-mérések és azokból nyert tapasztalatok	133
<i>Bardócz Árpád</i> : Időben felbontott színeképek előállítása fényképező úton I. rész: Kísér- leti berendezés	147
<i>Bardócz Árpád</i> : Időben felbontott színeképek előállítása fényképező úton II. rész: Idő- ben felbontott színeképek	169
<i>Tranta Ferenc</i> : A titánitrid hatása az austenitzemmagyság változására	183

<i>Pethő Szilveszter</i> : Bauxit- és szénelőfordulások telepvastagságának, minőségi jellemzőinek és termelésiérték-szórásának meghatározása	192
<i>Pethő Szilveszter</i> : Bauxitelőfordulások telepvastagságának, minőségi jellemzőinek és termelési értékének becslése rögzített megbízhatósági intervallum esetében ...	203
<i>Romhányi Miklós</i> : A konvekciós és az influált áram, valamint az eltolási és kapacitív áram közötti általános összefüggés kvázistacionárius terekben	211
<i>Fialovszky Lajos</i> : A függvényérték hibaeloszlása	225
<i>Balko J.</i> : A talpfeszültségek pontos meghatározása és ennek gyakorlati alkalmazása alaplemezek gazdaságos méretezésekor	231
<i>Ledersteger K.</i> : Izosztázia és légnyomás	239
<i>Scheffer Viktor</i> : A földkéreg szerkezete és a hipertermális területek közötti összefüggés	251
<i>Kovács Lajos</i> : A bakonyi juratenger Káváshegy—lókúti részének bionómiai vonatkozásai a fáciesváltozások tükrében. IV. rész	263
<i>Kovács Lajos</i> : A bakonyi juratenger Káváshegy—lókúti részének bionómiai vonatkozásai a fáciesváltozások tükrében. V. rész	273
<i>Fialovszky Lajos</i> : Hosszhálózat kiegyenlítése sokszögmódszerrel.....	285
<i>Kovács Ferenc</i> : A külfejtések alapvető paramétereiről	315
<i>Kovács Ferenc</i> : A külfejtés termelési kapacitásának és méreteinek együttes meghatározása állandó fedőrétegvastagság esetében	323
<i>Varga József—Sebestyén Gyula</i> : A kavitációs áramlás néhány tulajdonságának kísérleti vizsgálata	333
<i>Csonka Pál</i> : Eljárás cikkelyes héjak számítására.....	347

EGYÉB KÖZLEMÉNYEK

<i>Vadász Elemér</i> : Fuchs Tivadar helye a magyar földtanban	361
A tartalmi kivonatok (szinopszisok) szerkesztéséről	365

KÖNYVSZEMLE

<i>Grossmann, W.</i> : Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung (Tárczy-Hornoch Antaltól).....	367
<i>Biczók I.</i> : Concrete Corrosion — Concrete Protection (Goschy Bélától)	367
<i>Beké B.</i> : Principles of Comminution (Lázár Jenőtől).....	368
<i>Sályi I.—Fáber, G.</i> : Szilárdságtani példatár (Barta Józseftől)	369
<i>Pattantyus Á. G.</i> : A gépek üzemtana (Jurek Auréltól)	369
<i>Kitov A. J. — Krinyickij N. A.</i> : Elektronikus digitális számítógépek és programozás (Szabó Jánostól).....	370
<i>Rázsó—Komádi—Sitkei</i> : Mezőgazdasági traktorok elmélete és szerkesztési irányelvei (Varga Józseftől)	370
<i>Knapp, O.</i> : Devitrification of Silicate Glasses (Lőcsei Bélától)	371
<i>Ziegler H.</i> : Kreiselp Probleme — Gyrodynamics (Bosznay Ádámtól).....	372

VDI-könyvkiadó (Düsseldorf) kiállítása

Könyvek és egyéb kiadványok
VDI-útmutatók — VDI-kézikönyvek
Sorozatok — Folyóiratok

Szakterületeink :

Ipari nyersanyagok
Gépszerkesztés
Hő és energia
Atomtechnika
Fűtés- és szellőzéstechnika
Hűtéstechnika
Építészet
Könnyű szerkezetek
Finommechanika
Közlekedéstechnika
Portechnika
A levegő tisztántartása
Gyártástechnika
Üzemszervezés
Anyagáramlás
Üzemgazdaságtan
Szabadalmak
Szaknyelv
A technika története
Ember és technika
Szakbibliográfiák
Dokumentáció

Kiadványainkat 1965. szeptember 27-től október 2-ig az

AKADÉMIAI KÖNYVESBOLTBAN
BUDAPEST V., VÁCI UTCA 22.

állítjuk ki, és várjuk látogatását.

VDI-VERLAG GMBH

VERLAG DES VEREINS DEUTSCHER INGENIEURE
4 DÜSSELDORF 10 · POSTFACH 10 250

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki szerkesztő: Farkas

A kézirat nyomdába érkezett: 1965. III. 9. — Terjedelem: 33 (A/5) ív, 177 ábra, 1 melléklet

65.61186 Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György



72,— Ft

Index: 26.499