GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A Magyar
Tudományos Akadémia
X. Föld– és Bányászati
Tudományok Osztályának
Közleményei

7. kötet 1–2. szám
1974

AKADÉMIAI KIADÓ · BUDAPEST ·

GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI:

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BARTA GYÖRGY, BÉLL BÉLA, FÜLÖP JÓZSEF, PANTÓ GÁBOR,
PÉCSI MÁRTON, TÁRCZY-HORNOCH ANTAL, ZAMBÓ JÁNOS

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati 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:

1051 Magyar Tudományos Akadémia
Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest V., Münnich Ferenc utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

A közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttatja a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (1363 Budapest V., Alkotmány utca 21. Pénzforgalmi jelzőszámunk: 215—11488), külföldi megrendelések a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, 1900 Budapest I., Fő utca 32. Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10990 útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának idegen nyelvű kiadványai az *Acta Geologica* és az újonnan megindult *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica* c. folyóiratok. E lapok hivatottak a magyar föld- és bányászati tudományok eredményeinek legjavát, egyes kiváló külföldi tanulmányokkal együtt, a külföldnek tolmácsolni. A cikkek angol, német, francia vagy orosz nyelven jelennek meg (lehetőleg a szerző kívánsága szerint), a cikk nyelvétől eltérő nyelvű összefoglalóval. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven (és magyar nyelven) kell a szerkesztőségek címére 1051 (Budapest V., Münnich Ferenc u. 7.) beküldeni.


NICOLAUS COPERNICUS Tornæus Borussus, Mathemat. Nat. Aº. 1473. Ob. 1543.
Non docet instabiles Copernicus ætheris orbes,
Sed terræ instabiles arguit ille vices. Vu 2

KOPERNIKUSZI KÉRDÉSEK A GEONÓMIÁBAN

(Elnöki megnyitó)

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

Amikor KOPERNIKUSZ születésének 500 éves jubileumát ünnepelve világszerte vizsgálják e szellemóriás felfedezésében rejlő értékeket, a világ eszmei közösségének tudata is erősödik. Ezt értékelhettük ezelőtt 3 hónappal a MTA Fizikai Osztálya emlékülésén is, amely KOPERNIKUSZ felfedezésének csillagászati alapjait, továbbá KOPERNIKUSZ tanulmányainak krakkói egyetemi kapcsolatait és az új eszme magyarországi elterjedésének történetét mérte fel.

Az Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya mostani emlékülésének megrendezéséhez a nagy eszmei kapcsolatok felemelő tudata, de emellett saját aktuális belső szakmai fejlődésünk adták a vezérfonalat. Mert az ezekben az években fejlődése rendkívüli ugrásához érkező földtudományok előtt az új felismerések közt a kopernikuszi nagy felfedezés néhány meglepő aspektusa és következménye is feltárult. Nemcsak azt kell megállapítanunk, hogy KOPERNIKUSZ felismerése nélkül aligha lenne korszerű földtudomány, ahogy nem születhetett volna meg az égi mechanikából kiinduló újkori fizika sem, hanem azt is látnunk kell, hogy a kopernikuszi világképnek fél évezred múlva is újabb és újabb következményei, sajátságai ismerhetők meg.

Szerte a világon egyidőben megindult az új irányú földtudományi kutatás. Osztályunk keretében a magyar föld és rokon tudományok kutatói egy jelentős szellemi közössége foglalkozik a nagy földtudományi összefüggések vizsgálatával. Ennek során már a jubileumra készülés előtt, attól függetlenül is felmerült a kopernikuszi eszmék újszerű értékelése. Közülük itt bevezetőként a két legidőszerűbbről szólok.

Az egyik egy eddig jelentősége szerint rendszeresen alig kutatott jelenséggel, a természeti folyamatok igen elterjedt — talán általános — *ciklusosságának* kérdésével áll kapcsolatban. KOPERNIKUSZ felfedezése két alaptételével, a Föld saját tengelye körüli forgásával és a többi bolygóval együttes Nap körüli keringésével közvetlenül megvilágította a biológiailag és meteorológiailag megnyilvánuló közismert napi és évi ciklusosság eredetét. A szorosabb értelemben vett kőzettani és földtani jelenségekben azonban a kopernikuszi

MTA X. Osztályának Közleményei 7/1—2. 1974

földi rotáció és revolúció hatását eleinte csak néhány kisebb jelentőségűnek látszó jelenségben, pl. a glaciális tavak üledékeinek finom évgyűrűs rétegzésében észlelték. A hegységképződésben megnyilvánuló kb. 250 millió éves földtani ciklusosság nyilván *nem* a kopernikuszi két tétel valamelyikével áll kapcsolatban, hanem — amint az legújabban valószínűsíthetővé vált — a kopernikuszi rendszerben még nem szereplő galaktikus spirális forgás periódusával esik egybe.

Abból a feltevésből kiindulva, hogy az áramlásokként definiálható jelenségek képviselik a Föld különböző horizontális szféráiban, egyben a különböző földtudományokban a közös alapfolyamatot, ezelőtt 4 évvel megindítottuk Osztályunkon a Föld anyag- és energiaáramlásainak kollektív rendszeres tanulmányozását. Ekkor egyik vitaindító tanulmányban annak a feltevésnek adtunk hangot, hogy a földi áramlások egyik fontos általános sajátságát azok ciklusos jellegében kereshetjük. Azóta 3 ankét és ennek kapcsán a magyar földtudományi kutatók kollektív munkájaként kidolgozott tanulmányok sora a földtudományi ciklusosságnak ezt a feltételezett általános jellegét mindinkább megerősítette. Ma már alig ismerünk földtani folyamatot, amelyben szabályos visszatérés, ciklusosság ne jelentkezne. Ugyanígy lényegileg általánosnak látszanak, vagy legalábbis igen elterjedtek a különböző biológiai és kozmikus ciklusos folyamatok is. Mindezek elsősorban a kétféle kopernikuszi forgás sugárzási és árapály következményeinek egymásra rétegződésével, interferenciájával állnak kapcsolatban. Vizsgálatunk a kopernikuszi eszmekör szélesítését jelenti.

Ennek a rendkívül összetett ciklusosságnak szerepe a természettudományokban mintegy *világóra* jellegű. E világóra mutatói — a különféle ciklusok — másodperc, perc, óra, év, különféle több, sok, sőt millió éves nagyságrenddel a természeti jelenségek összehangoltságát, egyidejűségét, kapcsolatait jelzik és mérik.

A ciklusosságnak tehát — amennyiben az általános természeti kategória — filozófiai jelentősége is van.

De ugyanakkor igen sokféle *előrejelzést* tesz lehetővé. Amikor pl. kollektívánk a legkülönbözőbb hazai hidrológiai jelenségekben, az Alföld talajvizei, mélyvizei, karsztvizei állásában ugyanolyan 15—16 éves ciklusosságot mutatott ki és ennek meteorológiai kapcsolatait is felderíti, az időjárási távelőrejelzés számára is új utat nyit meg. A kissé túl merész fogalmazással jövőtudománynak, „*futurológiá*"-nak nevezett kutatások a jövőt az emberi munka által meghatározott fejlődés szempontjából vizsgálják, de nyilván nem mellőzhetik majd a ciklusos jelenségeken alapuló előrejelzések számbavételét sem. Remélhetőleg ma már újból csak kevesen képzelik el az emberi világot a természeti hatásoktól teljesen függetleníthető rendszerként.

A földtudományi forradalommal kapcsolatos vizsgálatok a kopernikuszi mű egy másik, talán még érdekesebb következményeit is megvilágították.

KOPERNIKUSZ felfedezése Földünket megfosztva az addig hitt világközpont jellegétől, az embert a metafizikai téveszmék egész sorától szabadította meg. Ugyanakkor a gondolkodókat az emberi elme megismerő—alkotó képességének biztató tudatával tölthette el. Hiszen KOPERNIKUSZ felfedezésével két csodálatosan egyszerű tételen, a földi rotáció és revolúció jelenségén keresztül, egyszerrre áttekinthetővé, felfoghatóvá vált az élet általános nagy ritmusa és a hajnalhasadástól a Nap tündökletes „égi útján" keresztül a csillagos éjszaka örök körforgása. E nagy természeti jelenségnek természeti törvényekben kifejezhető értelmezése mindinkább a tudományos kutatás szükségességére, hasznára, valamint a természettől való függés tudatára, egyben kutatási szorgalomra és szerénységre tanította az emberiséget.

A nagy eszmék mellé azonban gyakran misztifikált, híg romantika szegődik kísérőül. A Föld kopernikuszi ki nem tüntetett helyzetének felismeréséhez lassanként hozzákapcsolódott a „Mars lakók a Földön" wellsi ötletét követő elképzelés, amely napjaink sci-fijeiben űrsisakkal ellátott háborúzó modern angyalok és arkangyalok tömegével népesíti be a világűrt és befolyásolja — nem szerencsésen — a köztudatot, sőt az ismeretterjesztés szintjén működő tudományt.

Az új földtudományi megismerések ezzel szemben mindinkább megvilágítják, hogy a helyzete szerint nem kitüntetett Föld — éppúgy mint a többi bolygó — a maga nemében igen határozott különleges egyéniség. *A földi bolygó e különlegessége* az életnek az ismert kozmoszon belül egyedülállóan magas szintjével is gyorsuló fejlődésével jellemezhető. Az új földtudományi ismeretek szerint ui. Földünk külső fluid övezetét a többi bolygótól eltérően a kozmikusan nagy tömegben önállóan különleges anyag, a víz rendkívüli felhalmozódása jellemzi. A víz számos speciális fizikai és kémiai sajátsága közé tartozik, hogy a bolygók legfőbb szilárd anyagaival, a szilikátokkal sajátos vegyületeket, pl. agyagásványokat képes létrehozni. Az agyagásványokban gazdag hatalmas üledéktakaró különleges geokémiai anyagháztartáshoz, különleges földi horizontális dinamikához és ezek következményeként az élet gyorsuló fejlődéséhez, a kivételesen magasrendű „*nooszféra*" szint eléréséhez vezetett. Bolygónk legfőbb jellemvonása tehát a bolygón kívüli távhatást is létesítő emberi civilizáció. Földünk a kopernikuszi felfedezés értelmében helyzeténél fogva nem különleges bolygó, nem a világ központja — ilyen központ aligha is képzelhető el — de az ismert kozmoszon belül feltehetően igen kivételes központja a szellemnek, a gondolatnak, a megismerésnek.

Amikor KOPERNIKUSZ jelentőségét fél ezredéves jubileumán az egész világ ünnepli, nem megkövült óriás szobra előtt hódol, hanem olyan alkotót mér fel, akinek műve 500 éven keresztül is újabb és újabb forrása a tudományos és társadalmi haladásnak.

KOPERNIKUSZ, A SOKOLDALÚ RENESZÁNSZ EMBER

BARTA GYÖRGY
AKAD. LEV. TAG

Jól ismert tény, hogy az a tudományos légkör vagy atmoszféra, amelyben ifjúságunkat eltöltjük, rendkívül lényegesen befolyásolják a személyiség további teljes kifejlődését. KOPERNIKUSZ ebből a szempontból szerencsés embernek tekinthető. A krakkói egyetem — ahol 1491-ben tanulmányait megkezdte — Európa egyik legkiválóbb egyeteme volt és különösen kiváló volt a matematika és a csillagászat területén. Nem kevesebb mint 15 mester tanította a matematikát és természettudományokat, sőt volt két professzora a csillagászatnak és asztrológiának is.

Ezt az alapot szerencsésen egészítette ki 8 éves bolognai, páduai és ferrarai tartózkodása, ahol a reneszánsz közvetlen forrásából merítve alakíthatta ki emberi eszményét. Ebben az időben működtek Itáliában olyan reneszánsz nagyságok mint LEONARDO DA VINCI, MICHELANGELO és RAFFAEL. Érthető, hogy ez a tanulmányút mély hatást gyakorolt rá és egész életében a sokoldalú ember eszményének megvalósítására törekedett. Ezt a törekvését teljes siker koronázta és méltán soroljuk őt az előbb említett reneszánsz nagyságok közé, sőt az emberi tudományra való hatásában eléjük.

KOPERNIKUSZ — a reneszánsz ember eszményének megfelelően — az emberi élet teljességére törekedett és az élet legkülönbözőbb területein fontos eredményeket ért el. Alapvető fontosságú tudományos csillagászati tevékenysége mellett (amelyben a harmónia és zene iránti érdeklődése világosan felismerhető), mint warmiai kanonok a püspökség gazdasági és politikai ügyeit intézte.

Mielőtt KOPERNIKUSZ életének sokoldalúságával foglalkoznánk, próbáljuk értékelni gondolkodásának középkori és reneszánsz vonásait a fő tudományának területén. FRANCIS BACON KOPERNIKUSZ halála után a XVI. század végén úgy határozta meg az igazságot, mint a „gondolatok és dolgok egyezését", más szóval az emberi megismerés két fő részből, a megismerő alanyból és a megismerés tárgyából áll. KOPERNIKUSZ ezt a később megfogalmazott elvet csaknem egy évszázaddal korábban ösztönösen alkalmazta. Annak ellenére, hogy KOPERNIKUSZ ilyen modern gondolkodású tudós volt, természetesen

ő sem törhette át korának korlátait és gondolkodásmódjában jellegzetes középkori és reneszánsz vonásokat fedezhetünk fel.

KOPERNIKUSZ művében nem tér ki ugyan arra, hogy mi indította őt vizsgálataira. Tanítványa JOACHIM RHEDICUS azonban „Első elbeszélésében" megjegyzi, hogy KOPERNIKUSZ véleménye szerint az égitestek mozgását irányító harmóniának a zeneszerző alkotási elveire kell emlékeztetnie; és bár ebben az időben a szférák zenéjének PYTAGORAS-i elmélete már nem képviselt tudományos értéket, RHEDICUS utalásai és a „csillagok balettje", amiről KOPERNIKUSZ Commentarious c. művében írt, a nagy tudós zenei érdeklődéséről, szépség iránti fogékonyságáról, de egyben reneszánsz gondolkodásáról is tanúskodik.

KOPERNIKUSZ a bolygók pályáját körnek tekintette és ebben önkéntelenül a középkor felfogásának megfelelően a tökéletes égi formát kereste. A körpálya jó közelítése ugyan az ellipszisnek, alkalmazása esetén azonban a Nap szintén valami kivételes, szilárdan rögzített középpont. A tömegvonzási kölcsönhatás kapcsolatának felismerését például az elgondolás megnehezíti, ebben a vonatkozásban tehát a kép továbbra is középkori maradt és KEPLERnek további 20 év munkájával kellett vizsgálni TYCHO DE BRAHE nagy szorgalommal és pontossággal gyűjtött adatrendszerét, amíg a helyes megoldásra, az elliptikus mozgásra rá nem jött. És ezzel tette tulajdonképpen lehetővé a kölcsönhatás elvének alkalmazását és a newtoni elmélet kidolgozását a mozgásra.

Tudományos munkái mellett KOPERNIKUSZ lelkiismeretesen ellátta a warmiai püspökség gazdasági ügyintézésében rá háruló feladatokat. 1516 végén három évre kinevezték a káptalani birtokok igazgatójának; ezekhez a birtokokhoz nagykiterjedésű erdőkön és tavakon kívül százhúsz falu is tartozott. KOPERNIKUSZ mint jószágigazgató az olsztyni várban tartózkodott és fáradtságot nem kímélve gyakran felkereste a környékbeli falvakat. Összesen több mint 40 faluban járva elsősorban a keresztesekkel folytatott állandó háború miatt elhagyott parasztgazdaságok megműveléséről igyekezett gondoskodni.

A káptalani birtokok igazgatójaként nemcsak magának a káptalannak érdekeit tartotta szem előtt, hanem az adott társadalmi és jogi viszonyok meghatározta kereten belül a parasztok érdekeit is. Amikor a parasztgazdaságok fejlesztésén fáradozott, nemcsak a káptalan, hanem egész Warmia, sőt közvetve az egész lengyel társadalom érdekeit is szolgálta. Tevékenysége tehát társadalmilag határozottan hasznos volt és az idősebb parasztokkal szemben emberséges.

A lakosság életét közvetlenül befolyásoló gazdasági tevékenysége során KOPERNIKUSZ kidolgozta az 1531-es warmiai kenyértarifát. Ez a rendelet pontosan meghatározta a piacra kerülő kenyér árát, súlyát és készítésének módját.

KOPERNIKUSZ gazdasági tevékenysége alatt a keresztes lovagrend magatartása egyre fenyegetőbbé vált. A feszültség a warmiai püspökség és a keresztesek között 1517-ben a kereskedelmi kapcsolatok megszakításához vezetett. A keresztesek 1519 december 31-ről 1520 január 1-re virradó éjjel csellel elfoglalták Branieow warmiai várost. A város visszaadására vonatkozó diplomáciai tárgyalásokra KOPERNIKUSZT küldték ki, aki 1520 január 4-én és 5-én hiába igyekezett rávenni a kereszteseket a város kiürítésére. Amikor a keresztesek január 23-án megtámadták Fromborkot és felégették a kanonokok házait, KOPERNIKUSZ a biztonságosabb olsztyni várba költözött.

1520 tavaszán és nyarán mint káptalani kancellár részt vett Warmia integritásának biztosítására végzett diplomáciai tevékenységben. Amikor ALBRECHT nagymester 1520 őszén Warmia középső része ellen támadást indított, Olsztyn is közvetlen veszélybe került. KOPERNIKUSZ a válságos helyzetben ismét magára vállalta a legfontosabb és legfelelősségteljesebb tisztséget és mint jószágigazgató Olsztyn parancsnoka és védelmének szervezője volt.

A káptalan a háború fordulatai között ZSIGMOND lengyel királytól kért segítséget és a segítségkérő levelet — amelyben biztosította a lengyel királyt alattvalói hűségéről — 1520 november 16-án maga KOPERNIKUSZ írta. A levél azonban a keresztesek kezébe került és jelenleg a lovagrend göttingai levéltárában található.

KOPERNIKUSZ katonai és politikai tevékenységét siker koronázta. Megvédte Olsztynt és ezzel hozzájárult a háború sikeres befejezéséhez és az 1521-es toruni fegyverszünet megkötéséhez. A következő években KOPERNIKUSZ továbbra is aktív közéleti tevékenységet fejtett ki. 1522 márciusában a káptalan küldötteként részt vett a porosz rendek gyűlésén Grudziadz-ban, ahol panaszt tett amiatt, hogy a keresztes hatóságok a warmiai kereskedőkre nyomást gyakorolnak. Ezzel egyidőben előterjesztette tanulmányát a pénzreformról.

Ebben a tanulmányban KOPERNIKUSZ tudományos alapokon fejti ki azt a fontos közgazdasági törvényt, hogy a rossz pénz a forgalomból kiszorítja a jót; azt javasolta tehát, hogy vonják ki a rossz pénzt a forgalomból és vezessenek be egységes ezüst pénzt porosz földön, amelyet a pénzverdék tulajdonosainak, tehát a városoknak vagy az uralkodónak minden haszon nélkül kellene kibocsátaniok. Javasolja továbbá, hogy egységesítsék az új porosz pénzt és a lengyel királyság pénzét; értékarányukat 3 : 1-hez határozzák meg. Ez a javaslat fontos lépés volt a porosz föld és a lengyel királyság egységesítésében és nagy szerepet játszott a két országrész kapcsolatainak szorosabbra fűzésében. ZSIGMOND lengyel király öt évvel később kiadott pénzügyi rendelete néhány helyen szó szerint idézi KOPERNIKUSZ tanulmányát.

KOPERNIKUSZ rendszeresen foglalkozott orvosi tevékenységgel is és a feljegyzések szerint jelentős eredményeket ért el a gyógyítás területén. (Egész élete folyamán gyógyította a káptalan és a püspökség betegeit.) Nagybátyjának WACZENRODE püspöknek kilenc éven át orvosa, titkára és bizalmasa volt.

A technikai tudományok területén — mint a geometriához értő ember — KOPERNIKUSZ térképkészítéssel is foglalkozott. Négy térképéről is van tudomásunk. Fontosságukat mutatja, hogy 1510-es térképét a lovagrend, a káptalanba beépített kémje útján, el akarta lopatni. Technikai tevékenysége olyan mérvű volt, hogy a lakosság a toruni vízvezeték és csatornahálózat megtervezését is KOPERNIKUSZnak tulajdonítja, habár tudjuk, hogy ezek már KOPERNIKUSZ születése előtt is megvoltak. Ez a szóbeszéd is jól mutatja azonban, hogy a lakosság KOPERNIKUSZ technikai tevékenységét milyen fontosnak tartotta és milyen nagyra becsülte.

A változatos életút és a sokirányú szakmai tevékenység egyértelműen bizonyítja, hogy KOPERNIKUSZ a csillagászat és a vele kapcsolatos tudományok művelése mellett jelentős, — korának eseményeire is kiható — gazdasági, politikai, katonai tevékenységet is fejtett ki. (Sokoldalúságával a jellegzetes reneszánsz életeszményt sikeresen megvalósította.) Közéleti munkáiban állhatatosan képviselte a lengyelség érdekeit és egész életében hű állampolgára volt a lengyel államnak. Sokoldalú, aktív életével minden irányban elősegítette szűkebb hazájának, a warmiai püspökségnek fejlődését és ezzel részesévé tette az általános európai reneszánsz haladásnak.

KOPERNIKUSZ VILÁGKÉPE

BALÁZS BÉLA
A FIZIKAI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

1973. február 19-én a világ nevezetes jubileumot ünnepelt: MIKOLAJ KOPERNIK születésének 500. évfordulóját. KOPERNIK — vagy a nálunk inkább elterjedt, latinos szóhasználattal, KOPERNIKUSZ — a legősibb természettudomány, a csillagászat művelője volt az újkor hajnalán. Joggal tartjuk számon, mint az egyetemes emberi kultúrtörténet egyik legnagyobb alakját, hiszen neki köszönhetjük azt a forradalmi felismerést, hogy a Föld csak egyike a Naprendszer bolygóinak; hibás az az évezredes meggyőződés, hogy az Univerzum középpontjában élünk, és a világon minden az emberért vagy az emberen keresztül történik. KOPERNIKUSZ eszméi nemcsak a csillagászatban, hanem általában a természettudományokban gyökeresen új felismerésekre vezettek, és évszázadokon keresztül utat mutattak azok számára, akik a maradiság, tunyaság, skolasztikus dogmák okozta szellemi sötétség eloszlatásán fáradoztak.

KOPERNIKUSZ élete és munkássága a reneszánsz viharos, ellentmondásos, eseményekben gazdag korszakára esett, melynek kiindulópontja az iparnak, a kereskedelemnek, a tengeri hajózásnak a földrajzi felfedezésekkel nagymértékben meggyorsult fejlődése volt, és amely elsősorban egy új feltörekvő osztály, a városi polgárság szemléleti módját tükrözte: a tudomány, elsősorban a természettudományok újjáélesztését; a gyakorlat, az élet valósága, az ember jobb megismerése felé való fordulást; a széles körű kulturális fejlődést a korábban jórészt feledésbe merült ókori görög-római kultúra hagyatékának messzemenő kiaknázása segítségével.

E viharos, átmeneti kor rányomta bélyegét KOPERNIKUSZ személyiségére is, akinek tudományos működése a reneszánsz legnagyobb szellemi csúcsainak egyike.

A toruni kereskedőcsaládból származó KOPERNIKUSZ 19 éves korától a híres krakkói Jagelló egyetem „szabad tudományok" fakultásán folytatta tanulmányait. Az itt eltöltött 3 év folyamán — elsősorban a neves csillagász, ALBERT BRUDZEWSKI hatására — fordult egyre nagyobb figyelemmel a csillagászat felé.

Tanulmányait ezután Bolognában, Rómában, Padovában és Ferrarában folytatta. 10 esztendőt töltött a kor szellemi életének élenjáró központjaiban, és igazi reneszánsz polihisztorrá képezte magát. A kor tudósának éppúgy jártasnak kellett lennie a teológiában, a jog- és orvostudományban, mint a matematikában, asztronómiában vagy a latin és görög nyelvben. KOPERNIKUSZ kifejlődését nagyban elősegítette, hogy itáliai tartózkodása során kiváló személyiségek egész sorával találkozott. Így a bolognai egyetemen megismerkedett DOMENICO MARIA DI NOVARA professzorral, aki azon csillagászok körébe tartozott, akik felismerték, hogy a ptolemaioszi világfelfogás revízióra szorul. Nagy hatással voltak KOPERNIKUSZra egyes ókori szerzők is. Tudjuk, hogy legalább 80 klasszikus és 90 középkori reneszánsz művet tanulmányozott át.

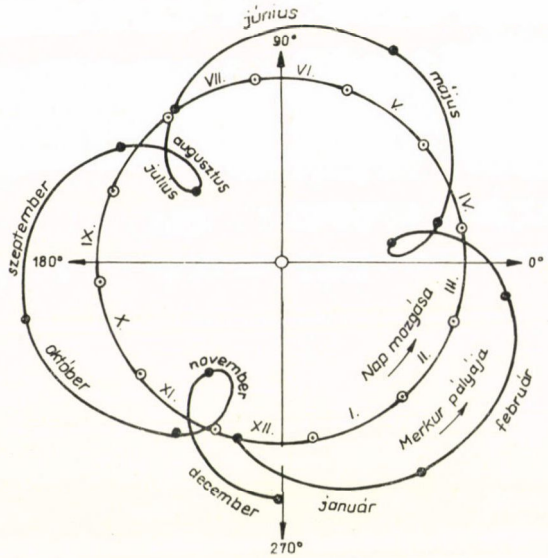
1503. végén a harmincéves KOPERNIKUSZ — az egyházjog doktora, orvos, művész, matematikus és csillagász — véglegesen visszatért Lengyelországba.

1512-ig Heilsberg várában élt, majd — már mint kanonok — Fromborkba költözött, ahol a székesegyház egyik tornyában rendezte be „házi" csillagvizsgálóját. Megfigyeléseit magakészítette műszerekkel végezte, melyek még a kor műszaki színvonalához viszonyítva sem voltak különösebben pontosak. KOPERNIKUSZ többször említette, hogy olyan boldog lenne, mint PÜTHAGORASZ a derékszögű háromszögre vonatkozó tételének felfedezésekor, ha 10 ívperc észlelési pontosságot tudna elérni. Ez a Hold szögátmérőjének harmadrésze. Korábban Nürnbergben fejlettebb eszközökkel már 2' pontosságot értek el, sőt a KLAUDIOSZ PTOLEMAIOSZ által felhasznált ókori megfigyelések egy része is jobb volt KOPERNIKUSZ észleléseinél.

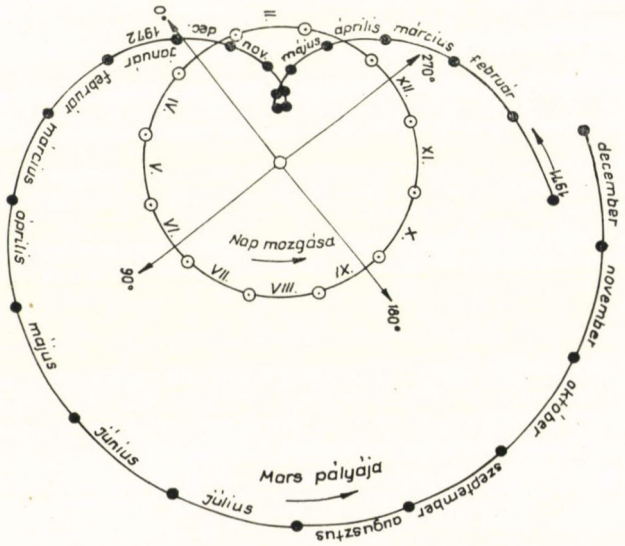
KOPERNIKUSZ már Olaszországban végzett olyan megfigyeléseket, melyek megerősítették kétkedését PTOLEMAIOSZ rendszerének helyességében. Mik voltak a ptolemaioszi felfogás alapvető vonásai? Az alapfeltevés a hétköznapi szemléletből indul ki: a Világmindenség középpontjában a mozdulatlan Föld helyezkedik el. Az állócsillagok, valamint a Nap és a Hold látszó mozgása az égbolton aránylag egyszerű. A csillagok — a merevnek képzelt éggömbbel együtt — szigorúan egyenletes sebességgel körmozgást folytatnak a Föld körül, naponta végezve el egy keringést kelet—nyugati irányban. *Az égitestek látszólagos napi mozgását Ptolemaiosz rendszere tehát valódi mozgásokként fogja fel.* A Nap és a Hold ezeken kívül lassú nyugatról-keletre haladó mozgást is végez a csillagokhoz képest, azonban nem egyenletes szögsebességgel. A Nap — másodlagos mozgása során — egy év alatt körüljárja az égboltot az ekliptika mentén, havonként az állatöv soron következő csillagképébe lépve. Ezt a mozgást PTOLEMAIOSZ ugyancsak valódinak képzelte, és azt tanította, hogy a Nap a Föld körül kering.

A bolygók látszólagos mozgása már jóval bonyolultabb. Ugyanis nem haladnak mindig ugyanabba az irányba. Bár mozgásuk főiránya a csillagokhoz képest szintén nyugat-keleti, néha (az ún. stacionárius pontokon) megállnak, azután visszafordulnak, és — ún. retrográd mozgást végezve — egy

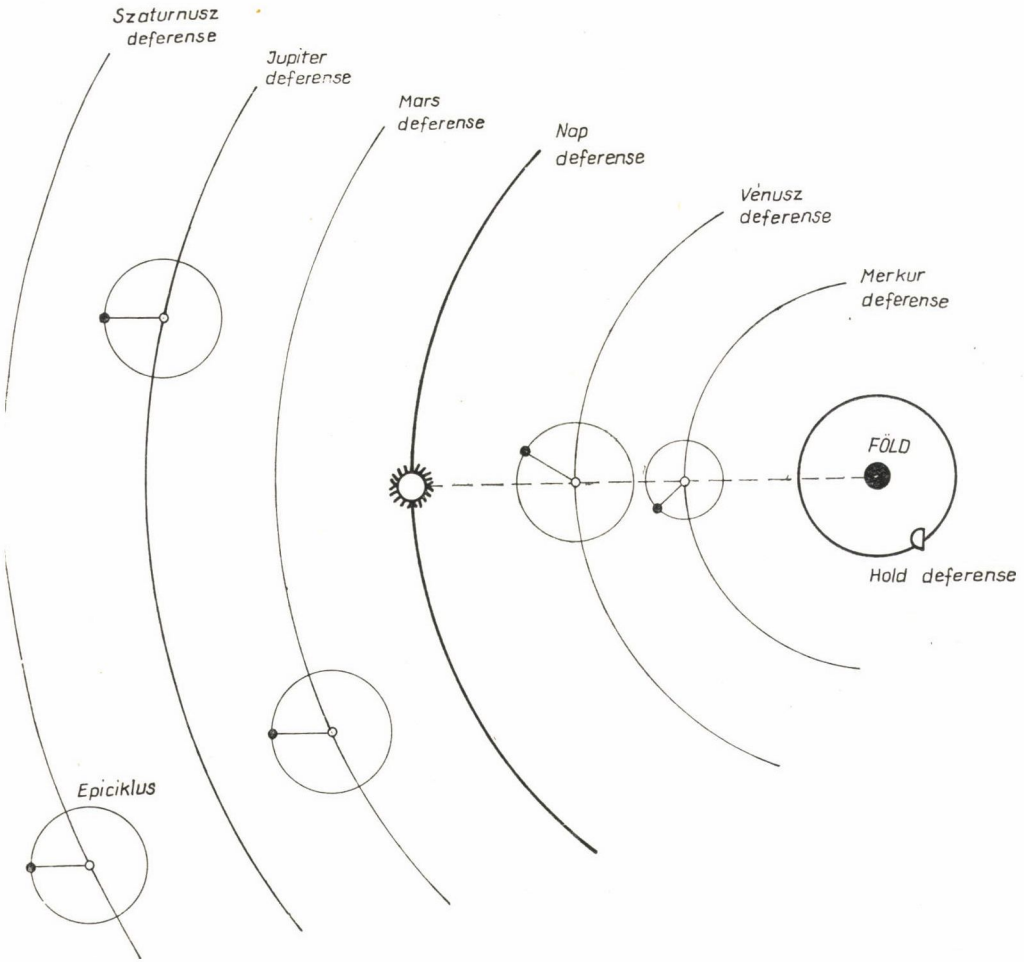
ideig ellenkező irányban haladnak. Ezután ismét megállás, majd a főirányban folytatódó — ún. direkt — mozgás hosszabb időszaka következik. A bolygók látszólagos pályájukon tehát időnként hurkot írnak le (1. ábra). (A Jupiter pályáján pl. 12 esztendő alatt 12 ilyen hurok figyelhető meg.) Emellett a bolygók fényessége periodikusan változik, ami arra enged következtetni, hogy tőlünk mért távolságuk nem állandó.



1. ábra. A Merkúr (azaz egy belső bolygó) és a Nap geocentrikus pályája 1972-ben



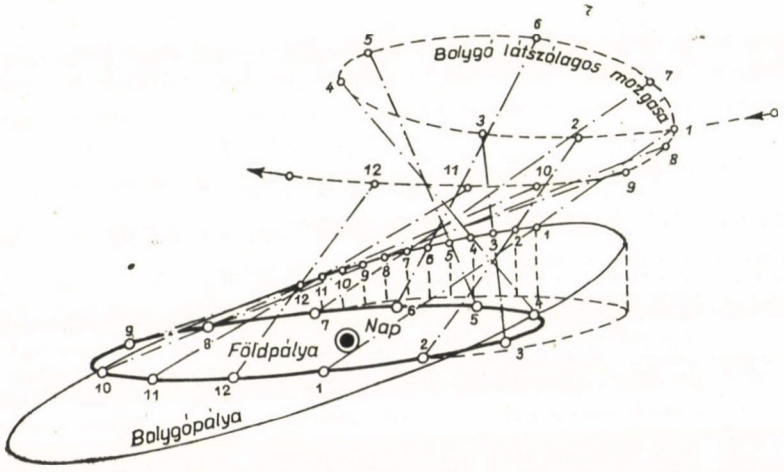
2. ábra. A Mars (azaz egy külső bolygó) és a Nap geocentrikus pályája 1971—1972-ben



3. ábra. PTOLEMAIOSZ deferensek és epiciklusok segítségével felépített geocentrikus rendszere

Ezeknek a megfigyelési tényeknek kellett tehát valamilyen módon magyarázatát adni. PTOLEMAIOSZ elképzelése szerint a bolygók különös mozgása a következőképpen értelmezhető: a bolygók egyenletes körmozgással nem közvetlenül a Föld körül keringenek, hanem kisebb körökön egy-egy képzeletbeli pont körül, és csak ezek a pontok kerülik meg azután— szintén egyenletes körmozgást végezve — Földünket. (2. ábra.) PTOLEMAIOSZ a kisebb köröket *epiciklus*nak nevezte, az epiciklus képzelt földkörüli pályáját pedig *deferens*nek. (3. ábra.) A bolygók helyzetének valamint fényességének elfogadható pontosságú előrejelzése, és a Hold ill. a Nap mozgásában mutatkozó feltűnő egyenetlenségek magyarázata céljából fel kellett tételezni, hogy a Föld és a deferensek középpontja kisebb-nagyobb távolságokra helyezkedik el egymástól.

Ha a ptolemaioszi rendszert egészében átgondoljuk, akkor úgy találjuk, hogy egy egész sor olyan tulajdonsággal és törvényszerűséggel rendelkezik, melyek a saját keretein belül maradva érthetetlennek és teljesen véletlenszerűnek tűnnek. Így e rendszer semmiféle magyarázatot sem ad arra a különös tényre, hogy a Mars, Jupiter és Szaturnusz akkor és csak akkor vannak a legközelebb a Földhöz (epiciklusaik földközeli pontján), amikor oppozícióban állnak a Nappal, azaz napnyugtakor kelnek és hajnalban nyugszanak (4. ábra). Vagy ami még különösebb: miért van az, hogy a Mars epiciklusa óriási, a Jupiteré már kisebb és a Szaturnuszé még kisebb? Mi az oka annak, hogy a



4. ábra. A hurokszerű látszólagos visszafordulás heliocentrikus magyarázata külső bolygó esetén. (Erősen torzított méretarányok.)

ptolemaioszi rendszerben az említett 3 bolygó epiciklikus rádiuszvektora (melyet úgy kapunk, hogy összekötjük a bolygó epiciklusának pillanatnyi középpontját a bolygóval) egymással mindig párhuzamos, továbbá párhuzamos a Föld-Nap iránnyal is. Miért esik a Merkúr és a Vénusz epiciklusainak középpontja mindig arra az egyenesre, amelyik a megfigyelőt a Nap centrumával összeköti. (Ez vonja maga után azt, hogy a Merkúr és a Vénusz helyzete

epiciklikus mozgásuk közben a Nap körül ide-oda ingadozik: a Merkúr legfeljebb 28°-ra, a Vénusz pedig 48°-ra távolodhat el a Naptól.) Miért éppen 1 év ezen epiciklusok középpontjának keringési periódusa. Végül miért kering a Hold és a Nap közvetlenül a deferens kör mentén, miért tér el észlelt mozgásuk a többi bolygóétól.

A helyzetet tovább bonyolította az a tény, hogy az észlelések ismételten eltéréseket tártak fel az előre számított bolygópozíciókhoz képest. Ezen úgy próbáltak segíteni, hogy növelték a körök számát: az epiciklusok epiciklusait stb. vezették be. Így ugyan rövid időre mindig sikerült „megmenteni" a rendszert, ennek azonban az volt az ára, hogy a mozgások leírása egyre bonyolultabbá és mesterkéltebbé lett.

A csillagászok egymást követő nemzedékei évszázadokon keresztül PTOLEMAIOSZ rendszerét tanították és kommentálták, de lényegében egyikük sem ütközött meg a felsorolt rejtélyeken; egészen KOPERNIKUSZig egyikükben sem merült fel komolyan az a gondolat, hogy az említett jelenségek, egybeesések nem véletlenek, hanem a ptolemaioszi szemlélet alapvető hibájából erednek.

Az a gondolat, hogy a Föld a többi bolygókkal együtt a Nap körül kering, valószínűleg 1510-ben ötlött fel KOPERNIKUSZban. A fromborki kanonok megtalálta annak magyarázatát, miért van a Nap és a bolygók látszólagos mozgásában annyi hasonlóság. Az égitesteket a Földdel együtt utazva figyeljük meg, következésképp az égbolton elfoglalt helyzetük megváltozása részben Földünk napkörüli keringésének köszönhető. A bolygók bonyolultnak látszó — időnként hurokszerű — mozgása tehát egyszerű értelmezést kapott. *A Föld napkörüli keringése következtében létrejövő parallaktikus elmozdulás tükröződik a Mars, Jupiter és Szaturnusz epiciklusaiban, valamint a Merkúr és Vénusz deferens-köreiben.*

KOPERNIKUSZ hosszú időn keresztül nem hozta nyilvánosságra „felforgató" nézeteit, csak 1512-ben fejezte be első — főként házi használatra szánt — csillagászati munkáját *Nicolai Copernici de hypothesibus motum coelestium a se constitutis Commentariolus* címen. A Commentariolus — mely BOLYAI JÁNOS Appendixéhez hasonló tömörséggel, mindössze 12 oldalon foglalja össze KOPERNIKUSZ tanait — a következő 7 alaptételre épül:

1. „Az égitesteknek és az égi szféráknak nincs közös középpontjuk.
2. A Föld centruma nem középpontja a Világmindenségnek, hanem csak a nehézkedésnek és a Hold mozgásának.
3. Minden körmozgás a Nap körül történik, mintha ez lenne a Világmindenség középpontja, ezért a Világmindenség centruma a Nap közelében van.
4. A Nap—Föld távolság sokkal kisebb a csillagos égbolt magasságához, képest, mint a Földgömb sugara a Naptól való távolságához képest, így a Nap-Föld távolság az égbolt magasságához képest elhanyagolható!

5. Az állócsillagok szférájának mozgása nem az égbolt valóságos mozgásából ered, hanem a Föld forgásából. A Föld tehát a rajta levő tárgyakkal együtt naponta megfordul változatlan pólusai körül, ezzel szemben az állócsillagok szférája, mint a legkülső égbolt, mozdulatlan.
6. Mindaz, ami a Nap mozgásának látszik, nem önmagától áll elő, hanem a Föld mozgása révén, mely mozgás éppúgy a Nap körül történik, mint a többi bolygóé. Így a Föld nem is csak egy mozgást végez.
7. Ami pedig a bolygók mozgásánál mint direkt és retrográd elmozdulás jelentkezik, nem önmagától van így, hanem csak a Földről nézve. Csak a Föld mozgása révén magyarázható az égbolt oly sokféle jelensége."

Mint ahogy azt a 3. pontnál láttuk, KOPERNIKUSZ még nem tudott megszabadulni attól a — valószínűleg EUDOXOSZTÓL származó — gondolattól, hogy az égitestek tökéletességük következtében csak a legszabályosabb síkgörbe mentén, csak körpályákon mozoghatnak. (Ehhez KEPLERnek további 20 év munkája kellett, fél évszázaddal KOPERNIKUSZ halála után.) KOPERNIKUSZT — az ízig-vérig reneszánsz embert — a természet egyszerűségének, fenségességének teleologikus, gyakran esztétikai szempontjai vezették. Mélységesen hitt a világ önmagát megőrző tökéletességében. *Szerinte az egyenletes körmozgás a „tökéletes égi mozgások" alapvető típusa, mert örökké, ugyanolyan módon folytatható.* Ebben a vonatkozásban — mai szemmel nézve — KOPERNIKUSZ még az ókori gondolkodókhoz tartozik. Ne lepődjünk azonban meg ezen túlságosan, mondván: hogyan lehetséges az, hogy az égitestek egyenletes körmozgásáról szóló ógörög tévhit még KOPERNIKUSZnál is tartotta magát? Gondoljunk inkább arra, hogy különösen az elméleti fizika modern fejlődésében milyen alapvető szerepet játszott a szimmetriákban való gondolkodás — elsősorban csoportelméleti megfontolások formájában. Modern fogalmazásban KOPERNIKUSZ az égi mozgásoknak a forgatással szembeni invarianciáját követelte meg. Gyakran előfordul a tudomány történetében, hogy fontos általános alapelvet valamely konkrét problémára helytelenül alkalmaznak. Hibáink ugyan egyre finomabbak, de az egyre teljesedő, mélyülő tudás adott szintjéhez viszonyítottan éppoly jelentősek maradnak. Bizony egészen 1956-ig hittünk a természeti törvényeknek a tér- és időkoordináták tükrözésével szembeni invarianciájában, míg T. D. LEE és C. N. YANG ki nem mutatták, hogy gyenge kölcsönhatásoknál a paritás nem marad meg, és L. D. LANDAU fel nem hívta a figyelmet arra, hogy a tükrözött törvények az antianyagra érvényesek.

KOPERNIKUSZ munkásságának végső, írásos összegezése sokáig váratott magára. KOPERNIKUSZ, a tudós munkáját határtalan igényesség jellemezte. Nem kímélte erőit, hogy az egyszer már megfogalmazottat állandóan tovább csiszolja, tökéletesítse. KOPERNIKUSZ, a kanonok jól ismerte a körülményeket, és rendkívüli óvatossággal járt el.

Elsősorban GEORG JOACHIM RHETICUS és THIEDEMANN GIESE rábeszélésére KOPERNIKUSZ végül beleegyezett könyve kiadásába, mely RHETICUS és

ANDREAS OSIANDER szerkesztésében „*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" címen 1543-ban Nürnbergben jelent meg. Így a könyvnyomtatás felfedezése után a nyomdákból kikerülő első könyvek közül az egyik legfontosabb KOPERNIKUSZ munkája lett. A szerző a kész könyvét azonban már nem nézhette át, mert 1543. május 35-én, amikor megkapta, már haldoklott és nem volt öntudatánál.

KOPERNIKUSZ főművében — mely sokak szerint az újkori természettudomány megszületését jelentette — már nemcsak nagy vonalakban, hanem *alapos matematikai rendszerbe foglalva* mutatja be heliocentrikus rendszerét. A könyv emellett KOOPERNIKUSZ tudományos hitvallását, a csillagászathoz való viszonyát is kifejezően ábrázolja: „A nagyszámú és sokféle művészetek és tudományok közül, melyek felkeltik az érdeklődést, és az emberi értelem éltető erejét jelentik, véleményem szerint a legnagyobb lelkesedéssel kell magunkat annak szentelni, amely azon tárgyak körét vizsgálja, melyek a legnagyszerűbbek és legméltóbbak a megismerésre. Ilyen az a tudomány, amely a Világmindenségben végbemenő csodálatos körforgásokat, a csillagok mozgását, méretüket és távolságukat, felkelésüket és lenyugvásukat, az égi jelenségek okait tanulmányozza, és magyarázatot ad a világ felépítésére. Mi csodálatosabb, mint az égbolt, mely minden szépet magában foglal?"

KOPERNIKUSZ tisztában volt azzal, hogy a hétköznapi szemlélet erősen ellentmond rendszerének. Forradalmi gondolatai két princípiumon alapultak:

a) A mozgások viszonylagossága elvének alkalmazásán a megfigyelt jelenségek tanulmányozásakor. (Ő ismerte fel tehát az ún. *kinematikai relativitást.)*

b) Azon a meggyőződésen, hogy a csillagászati (és egyéb) elméletek igaz vagy hamis voltának egyetlen próbaköve a tapasztalat.

KOPERNIKUSZ felismerte a valódi és látszólagos mozgások megkülönböztetésének szükségességét. Rámutatott arra, hogy minden megfigyelt helyzetváltozás vagy a megfigyelt tárgy vagy a megfigyelő, vagy mindkettő (de akkor szükségképpen különböző) helyzetváltozására vezethető vissza. Miután PTOLEMAIOSZ rendszere kinematikai-geometriai felépítésű volt, a kinematikai relativitás felismeréséből azonnal adódott, hogy a geocentrikus rendszer nem lehet kitüntetett.

A fenti alapelveken épülő új csillagászati világkép központi tanítása az volt, hogy az *égitestek látszólagos napi és évi mozgása elsősorban nem valódi térbeli elmozdulásukból, hanem a Föld forgásából és napkörüli keringéséből ered.* A Föld nem kitüntetett, mozdulatlan középpontja a Világmindenségnek, a földi megfigyelő anyabolygójával együtt *természeti törvényeknek engedelmeskedő* mozgást végez a térben, és a relatív helyzetek változása folytán észleljük komplikáltnak a valójában igen egyszerű bolygómozgásokat.

KOPERNIKUSZ rátalált a Föld mozgásának gondolatára az ókori kultúra nagy kincstárában. Az i. e. III. században élt SZÁMOSZI ARISZTARKHOSZt pl.

sokan az „ókor KOPERNIKUSZának" tekintik, akinek heliocentrikus elméletéről ARKHIMÉDESZ a „Homokszemcsék megszámolása" c. nagyszerű munkájában a következőket írja: „Miután ARISZTARKHOSZ feltételezi, hogy a csillagok és a Nap mozdulatlanul állnak, és a Föld a Nap körül körpályán kering . . .; a csillagok szférájának, melynek középpontja egybeesik a Napéval, olyan méretűnek kell lennie, hogy a kör kerülete — melyen szerinte a Föld mozog — úgy viszonylik az állócsillagok távolságához, mint a gömb középpontja a gömb felszínéhez." ARISZTARKHOSZ zseniális felismerése — mely ellentmondott az arisztoteleszi fizikának — nem talált megérdemelt visszhangra az ókori gondolkodóknál, sőt „istenkáromlás" címén üldöztetésére szolgáltatott alapot.

A. EINSTEIN, L. INFELD és M. v. LAUE joggal emelik ki, hogy a fizikai vonatkoztatási rendszer igényes fogalmának története KOPERNIKUSZ munkásságával kezdődik. A fizika további fejlődése a klasszikus mechanikától az általános relativitáselméletig szorosan kapcsolódik a kopernikuszi gondolatok kiterjesztéséhez és elmélyítéséhez.

Ma már tudjuk, hogy a mozgások matematikailag bármely vonatkoztatási rendszerből leírhatók. Miféle jog alapján részesítjük akkor előnyben KOPERNIKUSZ rendszerét PTOLEMAIOSZéval szemben? Azon jog alapján, hogy benne a mozgások sokkal *egyszerűbben leírhatók:* jobban megérthető belőle azok *fizikai oka és lényege.* KOPERNIKUSZ — szembeállítván az észlelt relatív mozgásokat a valódiakkal — a valódi mozgások meghatározását lényegében *dinamikai princípiumok* szerint végzi. KOPERNIKUSZ azt a vonatkoztatási rendszert tekinti helyesnek, melyben a kinematikai-geometriai mozgások a testek törvényszerű, természetes mozgásával esnek egybe. KOPERNIKUSZ az égitestek természetes mozgásainak az egyenletes körmozgást és az állandó szögsebességű rotációt tekintette. (Tehát az epiciklikus mozgást nem!) Miután pedig az epiciklikus mozgás a heliocentrikus rendszerre való áttéréskor nagymértékben kiküszöbölődik, szemében a heliocentrikus vonatkoztatási rendszer a helyes, a valóságos fizikai mozgásokat tükröző. KOPERNIKUSZnak köszönhetjük Naprendszerünk tömegközéppontjában nyugvó az állócsillagok segítségével kijelölt tengelyirányú vonatkoztatási rendszerünket, amelyre a fizikában, külön megállapodás hiányában, minden mozgást vonatkoztatunk. (Ez a rendszer az *inerciálrendszer* ma realizálható legjobb közelítése.)

A fizikai elméletek további fejlődésénél alapvető volt az a kopernikuszi posztulátum, hogy a *testek mozgástörvényei bizonyos vonatkoztatási rendszereket kitüntetnek* (és ezekben a mozgások egyúttal a *legegyszerűbben* írhatók le). KOPERNIKUSZ munkássága, a bolygómozgások *egyszerűségének* feltárása elengedhetetlen volt ahhoz, hogy számszerűen is kifejezhessük a bolygópályák viszonylagos méreteit. Az égitestek KOPERNIKUSZ által inspirált dinamikáját KEPLER égimechanikai programmá fejlesztette. KEPLER konstruktívan alkalmazta azt az elvet, hogy a helyes vonatkoztatási rendszert a mozgástörvények alapján kell kiválasztanunk. A kopernikuszi gondolat tehát alapot nyújtott ahhoz, hogy KEPLER felfedezhesse a bolygók elliptikus mozgását, ezáltal

pontosabbá téve a bolygók helyzetének előrejelzését; nagymértékben elősegítette az arisztoteleszi fizikával való végleges szakítást, GALILEI tehetetlenségi dinamikájának megalkotását (speciálisan annak a ténynek a felismerését, hogy gyorsulásmentes, transzlációs mozgásokra a mozgások nemcsak kinematikailag, hanem dinamikailag is relatívak); és egyengette az utat *Newton* számára a mechanika alaptörvényeinek, valamint az általános gravitáció jelenségének — mint a bolygómozgások *okának* — feltárásához.

KOPERNIKUSZ elévülhetetlen érdeme nem az volt, hogy határozottabb formában újra felvetette az arisztarkhoszi gondolatot, hanem elsősorban az, hogy *matematikai szigorúsággal igazolta:* a heliocentrikus felfogás összehasonlíthatatlanul egyszerűbb és józanabb, mint PTOLEMAIOSZÉ. KOPERNIKUSZ vitte diadalra azt a felismerést, hogy a földi világ és az égitestek világa lényegében azonos. Véglegesen eltűnt a szakadék a föld és az ég között. „A mennybolt eltöröltetett" — írja joggal B. BRECHT Galileiről szóló drámájában. Mint ahogy az már a teret végtelenné tágító GIORDANO BRUNOnál jelentkezik a maga teljességében — az éggömb puszta geometriai fikcióvá, matematikai segédeszközzé vált, melyet a továbbiakban irányok kijelölésére és térképezésre használtak, s amelyen az epiciklusok egy sorfejtés egyes tagjaivá szelídültek. Ez az előrelépés nemcsak abból a filozófiai szempontból jelentős, hogy a csillagászat ezzel az első érvet szolgáltatta a világ anyagi egységére, hanem perspektívikusan tartalmazza a csillagászati kutatások értelmét és célját is: a természet kutatása nem fejeződhet be a Föld határánál, mert bolygónk csak parányi része a Világmindenségnek.

„Sajátságos tapasztalat", — mutat rá egy helyen M. v. LAUE — „hogy — ARISZTARKHOSZTÓL EINSTEINig — a nyilvánosság szélesebb köreit semmiféle fizikai kérdés nem zaklatja fel annyira, mint a beavatkozás a tér és idő megszokott szemléletébe". KOPERNIKUSZ is helyesen számolt azzal, hogy új tanítása elfogadásának útjába különböző akadályokat állíthatnak. „Lehetséges, hogy a jövőben jelentkeznek majd olyan fontoskodók, akik bár semmit sem értenek a matematikához, a szentírás valamely kiragadott részére hivatkozva rosszindulatúan elferdítik, vagy megtámadják tanításomat. Ez egyáltalán nem keserít el engem, és ítéletüket megvetem" — írja, jó előre megbélyegezvén azokat, akik a visszahúzó erők pártjára állnak.

„A természettudománynak nincs még egy fejezete," — mondotta joggal NOVOBÁTZKY KÁROLY, egész fizikus generáció hivatott nevelője — „amely ennyire világosan mutatná, hogy a megismerésért vívott harc kettős harc. Az egyik a szövevényes természeti igazság felderítéséért folyik, milliónyi megfigyeléssel, kísérlettel, hipotézissal és tudományos fantáziával. Menete lassú, de mindig eredményes. A másik harc a haladás porkolábja, a dogma ellen folyik. Aki erőt akar meríteni ehhez a kettős harchoz, olvassa el KOPERNIKUSZ alkotását . . ."

PTOLEMÁIOSZTÓL KOPERNIKUSZIG

STEGENA LAJOS
A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK DOKTORA

A görög tudományosság az ioniai iskolákban, elsősorban a kisázsiai Milétoszban alakult ki. Az athéni és az itáliai iskolák után Alexandria az, ahol a csodálatos hellén szellem utolsó, kései felragyogását látjuk. A Lykeion átköltözése Athénból, a Muzeion alapítása, EUKLIDÉSZ — akinek az „Elemek" című műve még e jelen századfordulón is hivatalos tankönyv volt —, ARISZTARKHOSZ, ERATOSZTHENÉSZ, HIPPARKHOSZ fényjelzik az alexandriai görög kort, melynek kései nagysága CLAUDIUS PTOLEMÁIOSZ, a Földre és a világegyetemre vonatkozó ókori ismeretek végleges szintetizálója. Két fő műve a Syntaxis és a Geográfiké hüfegézis. Az elsőben a geocentrikus világképet fejti ki, főleg HIPPARKHOSZ mérései, a deferensek és az epiciklusok alapján. A második műben a Föld feltérképezésével foglalkozik. A Földet gömbalakúnak tartja. Mivel a gömb nem síkba fejthető felület, az egész ismert világra kiterjedő térképeihez megalkotja a vetülettant, a fokhálózatot, és meghatározza többszáz földrajzi pont koordinátáit.

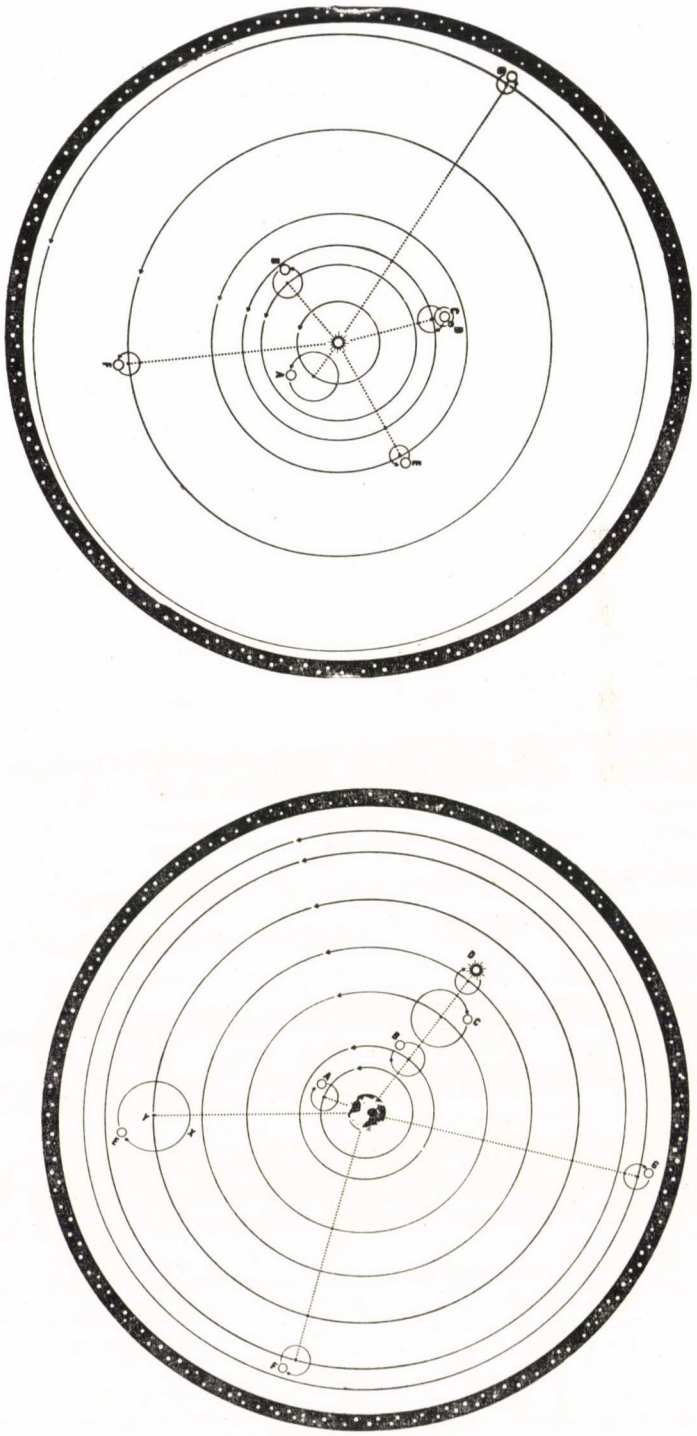
A geocentrikus vagy heliocentrikus világegyetem és a korongalakú vagy gömbalakú Föld nem azonos fogalmak, de szorosan összefüggenek. Gömbalakú Föld nélkül a kopernikuszi világ nem képzelhető el. PTOLEMÁIOSZ mindkét műve szoros kapcsolatban áll a kopernikuszi világkép kialakításával (1. ábra).

Nem teljesen kézenfekvő, hogy PTOLEMÁIOSZ miért a geocentrikus világot és a gömbalakú Földet fogadta el (2. ábra). Őt megelőzően voltak más nézetek is. A samosi ARISZTARKHOSZ megmutatta, hogy a Nap lényegesen nagyobb mint a Föld, az átmérőjük közti arány nagyobb mint 19 : 3. Sőt, — ARCHIMÉDESZ szerint — határozottan állást foglalt amellett, hogy a Nap és az álló csillagok nem mozognak, és a Föld mozog körpályán a Nap körül. Kár, hogy ARISZTARKHOSZ műve elveszett és érvelését nem ismerjük. Az a tény, hogy a Föld forgástengelye nem jár körül az égen évről-évre, ahogyan azt a körpályán mozgó Föld megkívánná, súlyos érvnek látszott ARISZTARKHOSZ nézetei ellen, bár már maga ARISZTARKHOSZ megtalálta a helyes választ: a földpálya elhanyagolhatóan kicsiny az állócsillagok távolságához képest, a földpálya úgy viszonylik az állócsillagok távolságához, mint a gömb középpontja a felületéhez.



1. ábra. PTOLEMÁIOSZ és KOPERNIKUSZ. GALILEI Dialógusának címlapja

A Földet a milétoszi THALÉSZ, a görög tudományosság egyik alapítója, korong alakúnak gondolta, ami súlyánál fogva ránehezedik valamire, talán a világ-óceánra. De már tanítványa, a szintén milétoszi ANAXIMANDROSZ úgy vélte, hogy a Föld a térben lebeg, „egyenlő távolságra mindentől". A pythagoreusok mondták ki először, hogy a Föld gömb alakú, mivel a gömb a töké-



2. ábra. PTOLEMÁIOSZ geocentrikus és KOPERNIKUSZ heliocentrikus rendszere

letes alak. Ez a pythagoreusok nagy eredménye. A pythagoreusi számmisztika azonban, amely számokból akarta felépíteni a világot, hamar elvesztette hitelét. A zenoni aporiák, majd a négyzet átlója megoldhatatlan problémákat vetettek fel.

Kiderült ugyanis, hogyha valamely négyzet oldalát egy számmal adjuk meg, nincsen olyan szám amely a négyzet átlóját írná le (a $\sqrt{2}$ irracionális). A pythagoreizmusnak ez az irracionálisba torkollása valószínűleg akadályozta a Föld gömbalakjára vonatkozó nézet elterjedését.

Nem kutatva tovább a PTOLEMÁIOSZ előtti múltat, nézzük PTOLEMÁIOSZ műveinek sorsát. Nem sokkal PTOLEMÁIOSZ után a milánói ediktummal (333) a kereszténység a római birodalom államvallásává válik. A kezdeti egyház még nem foglal el határozott álláspontot a világegyetem és a korong vagy gömb alakú Föld kérdésében. ORIGENÉSZ, a 3. századi egyházatya még szabadgondolkodó. SZENT ÁGOSTON hippoi püspök az 5. század elején egy évezredre meghatározza az európai eszmerendszert. A „De Doctrina Christiana" c. művében kifejti, hogy nem a világ, hanem Isten megismerésére kell törekedni. Nem ítéli el az ismeretek szerzését sem, amennyiben az a szentírás jobb megértésére vezet, így a csillagok vizsgálatát, mozgásának tanulmányozását is helyesli, és a csillagászat helyet kap az iskolai oktatásban és a tudományok között. A Syntaxis azonban mégis csak kevéssé érdekli a középkori embert, a beavatottak szűk körén kívül. Történik bizonyos továbbfejlesztése, újabb mérésekkel igyekeznek pontosabb csillag-koordinátákat kapni, és e méréseket táblázatokban rögzítik. Ilyen újabb tabulák az AL MAMMUN kalifa által összeállíttatott Mammun-tabellák vagy Damaszkusz-tabellák, vagy az Alfonzinus-tabellák, amelyeket a 13. sz.-ban készíttetett a király Castiliában. Lényegében azonban, a Syntaxis, PTOLEMÁIOSZ csillagászati világképe, változatlanul és eléggé ismeretlenül jut el KOPERNIKUSZ idejéig.

A Föld alakját illetően SZENT ÁGOSTON más eredményre jut mint PTOLEMÁIOSZ. Mivel a gömb alakú Föld túloldalán, az oikumenével szemben lakó antioikok megváltásával ideológiai nehézségei voltak, a sík, lencse alakú Föld mellett foglalt állást. A sík Földre vonatkozó keresztény nézetet a 6. században élt COSMAS INDICOPLEUSTES („Indiában járt") foglalta össze. Érdekes az ő kísérleti bizonyítéka: Indiában járván tapasztalta, hogy az emberek nem ferdén járnak, ahogy azt a gömb alakú Föld megkövetelné, hanem egyenesen! Még hosszú az út NEWTONig, aki a tisztán geometriai érzékelésű fel-le fogalmakat az anyagi tömeggel összekapcsolta. — A gömb alakú Föld hívei, gyakran még gyengébb érvekkel operáltak; ALBERTUSZ MAGNUSZ idézi azt a régi görög érvet, hogy mivel a nyugati Afrikában és a távolkeleti Indiában vannak elefántok, kell hogy a Föld gömb alakú legyen, és India nem lehet messze Afrikától.

COSMAS óta a világ térképei elértéktelenednek, nagy visszaesés következik be PTOLEMÁIOSZhoz képest. Az új térképek keréktérképek vagy másként

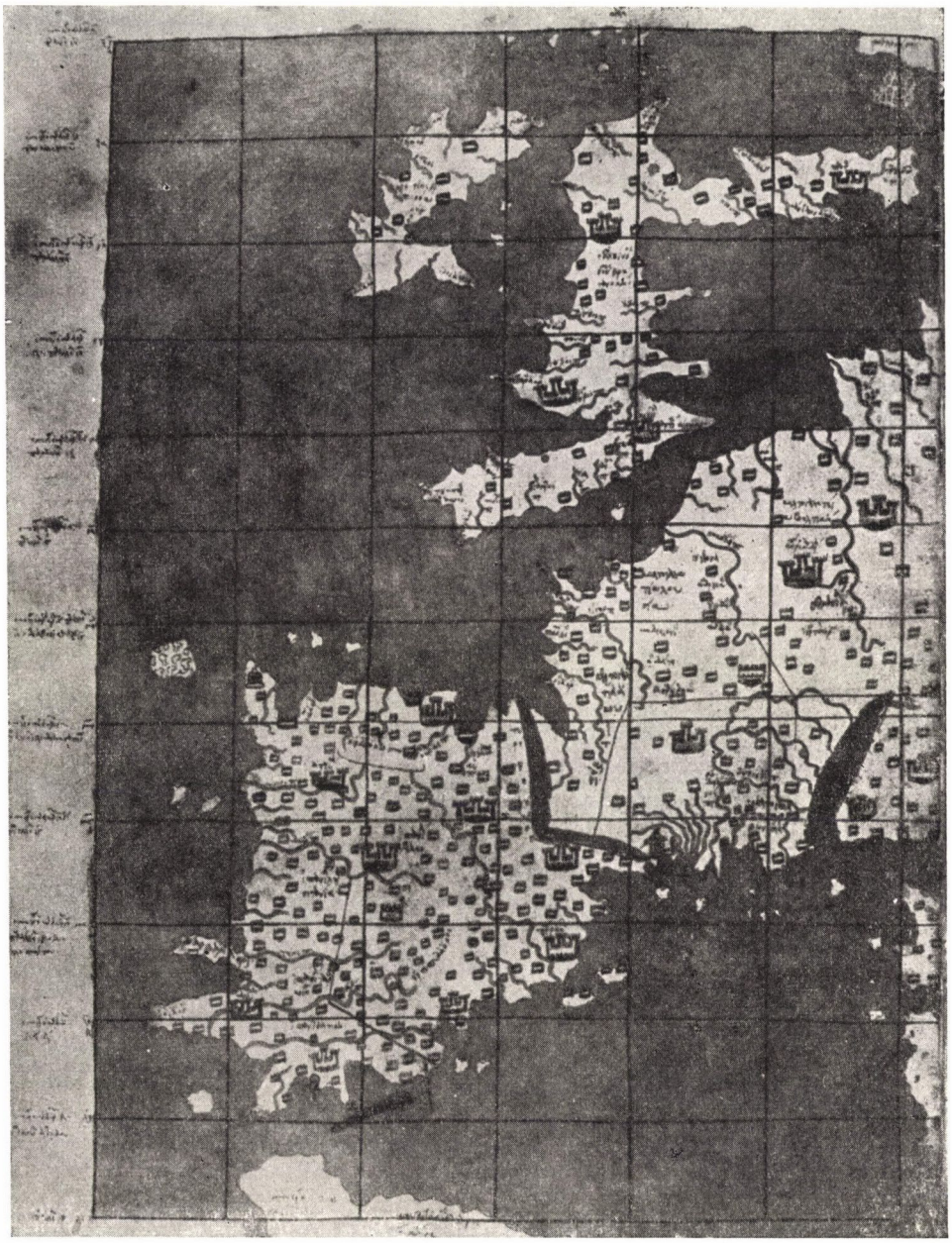
O—T térképek vagy köldöktérképek. Az O-betűvel körülhatárolható a kerek világ, az oikumene úszik a világóceánon. Az O-betűbe írható T-betű szára a Földközi-tenger, teteje az Azovi—Fekete—Vörös-tenger, a két vonal találkozásánál van Jeruzsálem, a világ közepe és köldöke. PTOLEMÁIOSZ geográfiája, amelyben több tíz térkép, fokhálózattal, vetülettel és koordinátákkal ábrázolta az akkori világot, eltűnt az európai ismeretekből; görög kéziratát csak egy-két bizánci kolostorban őrizték (3—4. ábrák). Csak az arab kultúrában élt tovább; műveit lefordították (ALMAGESZT illetve KITAB GAGRAFYA) és sok csillagászati észleléssel (a már említett Mammun-tabellák) és térképpel (Izlám atlasz, Idriszi) fejlesztették tovább (5. ábra).

Elkövetkezett a reneszánsz ideje, amikor a reneszánsz ember ismét a való világra fordította tekintetét. Ez a kor egybeesett a török betörésével Európába. A törökök 1365-ben átkeltek a Dardanellákon, Drinápoly, a mai Edirne lett a fővárosuk; Bizánc csak később, 1453-ban esett el. Így volt idő, hogy sok kultúrkincs, közte PTOLEMÁIOSZ Geográfiájának kézirata Itáliába jusson. A Geográfiát latinra fordítják (JAKOBUSZ ANGELUSZ, 1406) és többször lemásolják. A quattrocento közepén a mainzi GUTENBERG felfedezi a nyomtatást, és 1477-ben, Bononiában (Bologna) megjelenik az első nyomtatott PTOLEMÁIOSZ-kiadás. Ezt egy évre rá újabb, római kiadás követi, majd 1482-ben Ulmban, Németországban adják ki PTOLEMÁIOSZ nagyszerű tabuláit, térképeit. A bolognai kiadás 500 példányban jelent meg, olyanszerű információ-robbanással, ami csak napjainkhoz mérhető. A reneszánsz Itália, és benne a fiatal KOPERNIKUSZ PTOLEMÁIOSZ újrafelfedezésének lázában égett; ezt a tüzet még tovább szította a nagy felfedezések megindulása.

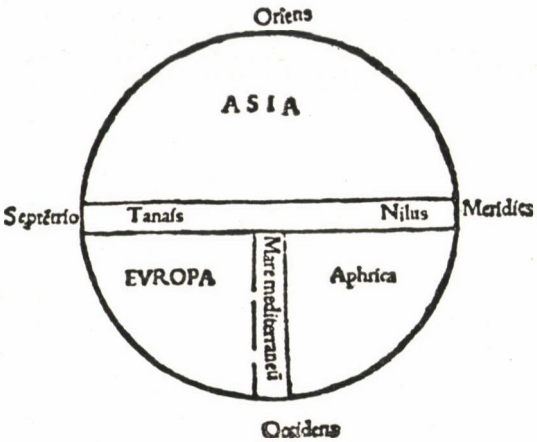
A nagy felfedezéseket a portugálok 1415-ös ceutai, észak-afrikai partraszállásától számíthatjuk. TENGERÉSZ HENRIK hajósai mind délebbre hatoltak Afrika nyugati partján. Elérik a Guineai-öblöt, ahol a part keletre kanyarodik, és szabadnak tűnik az út a mesés India felé. Azonban, 1471-ben JOAO DE SANTAREM és PEDRO DE ESCOBAR arról tudósítanak, hogy az afrikai partok nem mennek tovább kelet felé, hanem a Guineai-öböl mélyén ismét délre kanyarodnak.

A történelem kereke, mint minden nagy változáskor, innen kezdve felgyorsul. ALFONZ portugál király 1474-ben Toscanellihez, a nagy firenzei kartográfushoz fordul, hogy a legrövidebb indiai út felől érdeklődjék. TOSCANELLI válasza, amelyhez PTOLEMÁIOSZ nyomán térképet is csatolt: a legrövidebb út Indiába — nyugat felé vezet! KOLUMBUSZ is hírt kapott e jelentésről; tudjuk, hogy 1474 és 1480 között levelezett TOSCANELLIvel, és TOSCANELLI megküldte térképét és az indiai nyugati út egyes etapjainak foktávolságát tartalmazó leírást.

Az, hogy Amerikát felfedezték végső fokon PTOLEMÁIOSZnak köszönhető. Az, hogy ez oly korán, 1492-ben következett be, szintén PTOLEMÁIOSZnak az érdeme, a történelem iróniája révén PTOLEMÁIOSZ egy klasszikus tévedésének



3. Ptolemáiosz térképe Nyugat-Európáról. Egy 13. századi görög kéziratból



4. ábra. OT-világtérkép, ZACHARIÁS LILIUS „Orbis breviarium"-ából. Firenze, 1493. PTOLEMÁIOSZhoz képest jelentős visszaesés



5. ábra. PTOLEMÁIOSZ hagyományait az arabok őrizték. Idriszi jó térképe 1154-ből

következménye. PTOLEMÁIOSZ, embercentrikus szemlélete folytán igen jelentősen túlbecsülte az ókori ismert világ legtávolabbi nyugat-keleti pontjainak foktávolságát, a Boldog szigetek (Kanári szigetek) — Taprobane (Ceylon) távolságot.

Maguk a földrajzi hosszúság és szélesség fogalmak is ilyen embercentrikus szemléletből, a Mediterráneum alakjából jöttek létre. A földrajzi hosszúság mérése PTOLEMÁIOSZ idejében, és még vagy másfél évezredig megoldatlan volt; csak az 1740-es években adott az angol HARRISON a hajózási kronométer felfedezésével és a német TOBYAS MAYER a Hold-távolságok módszerével megfelelő megoldást. — PTOLEMÁIOSZ e tévedése folytán viszont, sokkal közelebb kerültek egymáshoz a nyugat-európai partvonalak és a MARCO POLO leírta legtávolabb keleti föld, Zipangu (Japán), ahová KOLUMBUSZ elérkezni vélt.

KOLUMBUSZ útjakor KOPERNIKUSZ 19 éves. 1507-ben WALDSEEMÜLLER (Hylacomilus) elnevezi és térképen ábrázolja Amerikát. 1519—22-ben MAGELLÁN körülhajózta a Földet; a Föld gömb, vagy legalábbis zárt görbe alakja kézzelfogható valósággá lett.

A fiatal KOPERNIKUSZ Bolognában és Rómában kapta meg az újra felfedezett PTOLEMÁIOSZTÓL a Földre vonatkozó ismereteknek azt a kulcsát, amelylyel az ég kapuit kinyitotta. PTOLEMÁIOSZ tudatosan vallotta az ars longa vita brevis elvét, hogy tudósoknak távolságon és időn át összefogva kell dolgozniok az emberiség nagy ügyéért. Világosan látta, hogy bármily fáradságosan gyűjti a csillagászati és földi koordináta-adatokat, csak a tudósok nemzedéke lesz képes azok alapján a jelenségek átfogó felismerésére. Mint írja: „tudom hogy halandó vagyok, efemer teremtmény. De mikor a csillagok pályáját mérem, lábam elhagyja a Földet, és Zeusz magasságába emelkedik."

AZ MTA FÖLD-ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK ÉVI KÖZGYŰLÉSI RENDEZVÉNYE

A FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA ELNÖKÉNEK 1973. ÉVI NAGYGYŰLÉSI BESZÁMOLÓJA

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

Elsőként emlékezzünk tisztelettel és hálával elhunyt tagtársainkról. A halál az elmúlt évben osztályunkkal szemben különösen kegyetlen volt. Elvitte nagyszerű tagtársunkat, a Geokémiai Bizottság elnökét PANTÓ Gábor lev. tagot, Karl LEDERSTEGER professzor bécsi tiszteleti tagunkat, CSAJÁGHY Gábort a Geokémiai Bizottság feledhetetlen tagját, BERÉNYI Dénes és WAGNER Richard professzorokat a Meteorológiai Bizottság sokérdemű tagjait. (Az Osztály néma felállással tiszteleg elhunyt tagjai emlékének.)

Osztályunk életében igen jelentős 3 évről számoltunk be az Akadémia fehérkönyvében, ill. ennek a meghívókhoz csatolt különlenyomatában, valamint annak egy 30 példányos bővített sokszorosításában. Jelentőssé tette ezt a 3 évet Osztályunk számára egyrészt a Tudományos Akadémia átszervezése, másrészt a földtudományi forradalom kiterebélyesedése.

Beszámolónk fehérkönyvi anyaga érdeklődésre tarthat számot azért is, mert kritikailag és a statisztikai számadatok tükrében mutatja, milyen sokféle szempont kerül mérlegelésre az állásfoglalások bonyolult szövedékében, amely az Akadémia országos tudományirányító feladatköréből következően az összes föld- és bányászati tudományt magában foglaló Osztályunkra hárul. Másrészt azt érzékeltetheti, hogy a tudományokkal szemben jogosan támasztható követelmények az Akadémia testületeit, így Osztályunkat is az adminisztratív hivatallá válás veszélyével fenyegetné, amikor a feladatok feldolgozását Osztályonként átlagban mindössze öten végezzük, nálunk négyen mellékmunkaként. Még nagyobb ez a látszólagos veszély a tudományos bizottságainknál, amelyeknek akadémiaszerte egyáltalán nincs külön adminisztratív munkatársa. E veszély elhárítására azonban az a lehetőség nyílt meg, hogy szakértői feladatokra szerződéssel ill. a manuális feladatokra díjazással külső személyek vonhatók be. Így energia marad az alapszabályokban rögzített országos feladatunk, a tudományos kutatások irányításában való részvétel, a kutatás egész területére kiterjedő elvi, módszertani befolyásolás megoldására.

Különösen élesen jelentkezett ez az ellentmondó kettősség Osztályunk elmúlt 3 évében, amikor fejlődésünk említett két főtényezője, az akadémiai

átszervezés és a földtudományi forradalom kiteljesedése a munkametódusoknak is igen differenciált megvalósítását, a polarizált működési elvek egyeztetését igényelte.

Egyfelől ui. az Akadémiának az össztudomány és a magyarországi általános tudományos fejlődése szempontjából ma már mind általánosabban nélkülözhetetlenként és hasznosként elismert átszervezése a társadalmi és természettudományok átlagos fejlődési állapotát szem előtt tartó, egységesen meghatározott, adminisztratíve részletesen kidolgozott, kiegyensúlyozó jellegű megoldásokat követelnek országos feladatköreinkben.

Másfelől viszont a tudományos forradalom mondhatni minden, eddig általánosan, vagy átlagosan elfogadott szakmai szemléletet, klasszikus feladatot, néha még módszert is új elvi megvilágításba helyez, részben túlhaladottá tesz, esetenként meg is hazudtol. Meg kell küzdenie tehát az elkerülhetetlen visszahúzó erőkkel és a személyes ellenérdekekkel is. Az alapvetően új világ feltárulása új módszerek követelményeivel és kezdetben robbanékonyan változatos elgondolásokkal kényszerít annak bejárására.

Jogosan felmerülhet tehát a módszertani kérdés, hogyan igyekeztünk megoldani e különböző, részben ellentétes jellegű feladatokat. Jelen beszámoló előadásom keretében tehát — a kiküldött anyag ismétlése helyett — először a módszertani kérdésekről szólok, 3 csoportba különítve a feladattípusokat és alkalmazott eljárásokat.

Egyik nagy feladatkörünk az Akadémia minden osztályára, összes tudománycsoportjára kiterjedő szakmailag rendszerezett tudománypolitikai munkák ellátása volt. Nagy részben ezek megoldására született az Akadémia tudományos bizottságainak rendszere és elsősorban e bizottságok munkája alapján valósul meg az akadémiai testületi feladatkör. Nem lehet el nem ismerni, hogy bizottságaink messze túlnyomó részben sokszor fáradságos, de mindinkább nyilvánvalóan hasznos és eredményes munkát végeztek. Működésük kiterjedt a gyakran millió forintos, sőt ennél is nagyobb keretű kutatások állandó figyelemmel kísérésére. Sokoldalúan elősegítették a különböző kutatási tervek, elsősorban „Az ország természeti erőforrásainak kutatása és feltárása" c. kiemelt terv helyes fejlesztését. Újszerű tudományos kérdéseket vetettek fel és tárgyaltak meg gyakran mintaszerű elmélyedéssel. A kutatási beszámolók és tervek koordinációs jellegű értékelésével — visszajelzések nélkül is — lehetővé tették a bizottságaink keretében működő szakemberek szélesebb körű tájékozódását és ezek alapján a kutatások közvetlen befolyásolását. A minősítési kérdések az Osztály és bizottsági szinten történt rendszeres feltárása a tudományaink csaknem minden ágában, Osztályunk legtöbb tudománycsoportjában alacsony volumenű minősítések nagyobbmérvű és irányai szerint is célratörő szorgalmazását indította meg. Bizottságaink gondos értékelései alapján kerültek előzetes szelektálásra az egyes kandidátusi és doktori fokozatra vonatkozó kérdések. A bizottságok titkárai, vagy más tagjai által kidolgozott tudo-

mányos helyzetképek a földtudományi forradalom idején szükségképpen egyenetlen eredményeket adtak, de elősegítették a tudományos kutatások és az új szemlélet viszonyának tudatosabbá válását. Bármennyire szívesen tenném, nem sorolhatom fel itt a bizottságok speciális kezdeményezéseit, mert ez a nyomtatásban rögzített, kiküldött anyag ismétlését jelentené. Engedjék meg azonban, hogy mint az Osztály elnöke és az Akadémia elnökségének tagja az egész Akadémia nevében elismerést fejezzek ki és meleg köszönetet mondjak Bizottságainknak kollektíve és egyes tagjainak és vezetőinek értékes munkáikért.

Az Osztály jövője érdekében a bizottsági rendszer továbbfejlesztésével is foglalkoznunk kell. A földtudomány hatalmas tér-, anyag- és időméreteinek megfelelően egy-egy horizontális földövezet közvetlen összefüggéseit önálló módszerekkel tanulmányozó egyes földtudományok hagyományos rendszerét nagyjából egységesen tükröző osztálybizottsági rendszerünk az eddigi vélemények szerint lényegileg megtartandó. E keretben legfeljebb egy külön vízföldtani bizottsággal való kiegészítés gondolata merült fel, tekintettel a vízföldtani kérdéseknek az ország életében és a távlati tudományos tervben elfoglalt kiemelkedő helyére. E bizottságok mellett azonban most már kétségtelenül szükség van bizottságközi, sőt bizonyos mértékben osztályközi jelleggel egy a vertikális földtudományi kapcsolatok kérdésével foglalkozó geonómiai bizottságra.

Nem kevésbé fontos az új bizottságok tagjainak kijelölése. Az Elnökség világosan utalt arra, hogy a bizottsági tagság nem státusz szimbolumot jelent, hanem általa a szellemi váltógazdaságot kell biztosítani. Így egyes bizottságokban a tagságnak akár 1/3-a kicserélése is kívánatos lehet.

Az Osztály együttes munkájában döntőnek tekintettük a földtudományi forradalom eredményeinek tudatossá tételét a hazai föld- és bányászati tudományokban, a forradalom értékes gyakorlati felhasználásának elvi megalapozását a különböző földtudományok hazai művelésében. Ezáltal a föld- és bányászati tudományok fokozottabb egymásra hatását is elősegíteni kívántuk az egységes oknyomozó geonómia kialakítása, a földtudományok együttesében rejlő különleges társadalmi erő felhasználhatóvá tétele érdekében.

A feladatok megoldása céljából a hazai föld- és bányászati tudományi kutatás jelentős részének célra irányított mozgósítását jelentő, rendszeresen visszatérő osztály-rendezvényeket szerveztünk, széles körű publikációs munkával kísérve. Az egyik ilyen kezdeményezésünk az immár negyedik éve folyó ankétsorozat a Föld anyag-és energiaáramlásairól, amely az egyes részfeladatokra kijelölt munkacsoportok által esetenként folyamatossá vált és részben részkérdésekre vonatkozó önálló vitaülések megrendezéséhez is vezetett. A különböző szakmájú tudósok ezen együttes összehasonlító-rendszerező munkájának az a felismerés adott alapot, hogy a földtudományok közt eddig rejtőző mélyebb kapcsolatot az „áramlások"-ként meghatározható jelenségek együt-

tese alkotja és ezek együttesének megvilágítására a Kárpát-medencék kivételes egysége különösen alkalmas.

Az Akadémia évi nagygyűlésével kapcsolatos nyilvános osztályülésekben rejlő lehetőségeket pedig a mindenkor legaktuálisabb hazai föld- és bányászati tudományi elvi kérdések korszerű, széles körű kollektív tudományos megvilágítására igyekeztünk felhasználni. Ez értelemben az 1970. évi nagygyűlés a kiemelt témáknak az ország természeti erőforrásai kutatásában és feltárásában lehetségessé vált új szempontokkal, ill. eredményei kiértékelésével foglalkoztunk. Az 1971. évi közgyűlésen a III., VI. és VII. osztályokkal együttes ülést tartottunk a távlati tudományos terv és az MTA feladatainak megvilágítására ez osztályok szempontjából, amely segített valószínűsíteni, mely természettudományok alkotnak már valódi egységeket. A föld- és bányászati tudományok időközben kialakuló geonómiai integrálódása újszerű társadalmi erőként jelenik meg, aminek felismerése új társadalmi hatásokat elősegítő kiindulási anyag sokoldalú összefoglalását kívánta meg. Így az Akadémiának a nagyközönséghez is szóló nyilvánosságát az 1972. évi közgyűlésen a földtudományok és a társadalom kapcsolatának tárgyalására használtuk fel.

Mindkét rendezvénycsoportunkban különböző szempontból foglalkoztunk napjaink egyik fő problémájával, a környezetvédelem egyes kérdéseivel. Mindinkább világossá válik, hogy ennek a problémakörnek tudományos kutatásához a földtudományok szolgáltatják a komplex alapokat.

Mindkét rendezvénycsoportunk anyagát a Geonómia és Bányászat c. folyóirattá átszervezett Osztályközleményeinkben és részben az ehhez kapcsolódó önálló kötetekben publikáltuk. (A 3. Áramlási Ankét anyaga magyar nyelvű és önálló kiadásban a 3 első ankét együttes angol nyelvű anyaga pedig szeptemberre jelenik meg.)

Ha most utólag áttekintünk a már megjelent több mint 100 tanulmányon, amelyek részben a kulcskérdések tömör és áttekintő összefoglalását nyújtják, részben a hazai részletkutatások sokszínű főeredményeit tartalmazzák egyes nagy átfogó felismerések keretében, úgy ezt az anyagot azt hiszem túlzás nélkül gazdagnak és az interdiszciplináris területek megvilágítására, tudományos szemléletünk, világképünk szélesítésére egyedülállóan alkalmasnak mondhatjuk.

E komplex munkálatok teljes értéke a publikációk együttesében kristályosodhat ki, ahol az egyes dolgozat részértékeihez hozzájárul a feldolgozott jelenségnek a hatalmas földi egységhez tartozó szervezeti kapcsolatának többlete. A leírt szakmai jelenségnek sokoldalú értelme alakul ki a geonómiai összefüggések tükrében. A vizsgálati eredmény így mentesül a korunkat elárasztó, sokszor percéletű információk közti elsikkadás veszélyétől. A szakmai ismeret a földtudományok széles körének érdeklődési körébe jut, sőt esetenként közművelődési közkinccsé is válhat. A belső szükségből született rendezvény

részmunkái így az átfogó gondolat töltetével a jövőben is ható közüggyé izmosodik.

Harmadik, csak közvetett módszerekkel megvalósítható feladatunkat a tudományos spontaneitásnak a sokféle kutatásirányító szervezés melletti megőrzésében, sőt ennek ellenére fejlesztésében, valamint a kutatási áganként változó munkalehetőségek feltárásában láttuk. Különösen nehéznek véltük ezt a feladatot a többnyire túlterhelt földtudományi kutatók körében, de örömmel állapíthatom meg, hogy csalódtunk. Kutatóink körében a spontán tudományos kezdeményezések, ötletfelvetések és megvalósítások e szervezésekkel terhelt 3 évben nem csökkentek, sőt lényegesen fejlődtek. Ebben talán annak volt döntő szerepe, hogy a földtudományi elvi forradalom valóban általános szakmai forradalommá, hatalmas szellemi sodróerővé teljesedett. Így külön módszertanra nem is volt szükség, legfeljebb a keresztbe szervezések elkerülését, az ún. „félig befejezett eszmecserék" művészetét és a spontán kezdemé nyezések nyilvánosság előtti példakénti felmutatását volt kívánatos alkalmazni.

Tudatosítani kell azonban, a főleg túlterheltségekből fakadó, meglehetősen általános hibánkat, azt, hogy valódi eredményeinket nem publikáljuk kellő mértékben a nagy nemzetközi folyóiratokban, ill. rendezvényeken is. E téren tömörített átfogalmazásokban való megnyilvánulásokra volna szükség.

*

Munkamódszereinket tehát végeredményben abban foglalhatjuk össze, hogy minden erőnkkel küzdtünk a geonómiai forradalom előrevitele és hazai hasznosítása érdekében szükséges különböző tudományos munkák megvalósulásáért. A magunktól is megkívánt intenzív kutatómunkába igyekeztünk bevonni az Akadémia keretében működő és a jövőben e keretben működtetni javasolható kutatókat, ugyanakkor számolva a visszahúzó erőkkel, azok személyes indítékaival is.

Másfelől maradék nélkül teljesíteni igyekeztünk az Akadémia egységes rendszerében szükségessé vált szervezési feladatokat, de e téren új utakat nem kerestünk az erőinkkel való takarékoskodás érdekében.

Munkálkodásunk tartós hatásúvá válását alapvetően folyóirataink segítik elő. A beszámolási idő évében „Geonómia és Bányászat" címen újjászerveztük Osztályközleményeinket, mely a magyar földtudományi, ill. bányászati kutatás számára szélesebb körűen jelentős kutatási problémákat, ill. hazai és nemzetközi eredményeket publikálja, a különböző tudományágak egymást termékenyítő hatásának kibontakoztatása célkitűzéseivel. Ugyanakkor szerzői személyében felhívja a figyelmet azokra a kutatókra, akik fogékonyak a földtudományok általános nagy kérdései iránt. Többi 4 folyóiratunk szellemében nem történt alapvető változás, ezek változatlanul tartják a magas, nemzetközi fokú szintet.

Folyóirati munkánkhoz képest könyvkiadásunk hatékonysága elmaradt. Csak kis részben tükrözte — részben mert az indulás e korai időszakában még

alig is tükrözhette — a földtudományi forradalom és a bányászati fejlődés kérdéseit.

Mérlegünk a káderkérdésben sem pozitív. Az új feladatok megoldását a kivételes egyéni adottságú munkatársak biztosítják, de nem támaszkodhatnak még rendszeres képzéssel ez irányban fejlesztett szaktársak szélesebb körére. Egyébként a föld- és bányászati tudományos képzés korszerű módjának vizsgálata világszerte a földtudományi érdeklődés egyik tárgya. Az egyetemi képzés számbeli mélypontján azonban örvendetes módon úgy látszik túl vagyunk.

Ezzel elérkeztünk a magyar földtudományok jelenlegi törekvéseinek egyik fontos szektorához, a társadalom életében közvetlenül is hasznos tudományos fő eredményeink közművelődésbeli meghonosítása kérdéséhez. Úgy véljük ez különösen aktuálissá vált azért is, mert napjainkban félelmetes méreteket öltött az élet és gondolkodás elszigetelődése a természetes környezettől és ennek a denaturalizálódásnak csökkentéséhez elsősorban a geonómiai szemlélet előretörése járulhat hozzá. Ezért nagy energiával vettünk részt most már nemcsak vezetők, de fiatalabb munkatársak is a földtudományok jelentőségének, tanulságainak, fő eredményeinek ismertetésében főleg a rádió, televízió, napilapok, de az idei akadémiai összes-ülés és elnökségi ülés útján. De ugyanakkor a megalapozatlan, túlzottan romantikus gondolatfelvetésekkel szemben is fel kellett venni a küzdelmet.

Viszont a nem hivatásos szakmai körökből jelentkező, de figyelemre méltónak látszó és fáradságos kutatói munkával alátámasztott elgondolásokat is szóhoz juttatni igyekeztünk. A földtudományokkal eredményesen aktíve foglalkozók körét növelhetjük, ha az ilyen szóhozjuttatással lehetővé tesszük a megfelelő tanácsadás, fejlesztő kritika kibontakoztatását. (Említsük meg, hogy e téren a hangnem gondos megválasztása különösen fontos.)

Itt az ideje annak, hogy foglalkozzunk a hazai közművelődés keretében a középiskolai oktatáson keresztül intézményesen bevonandó anyag kialakításának előkészítésével. A múlt évi kanadai nemzetközi földtani kongresszus külön kötetben foglalkozott e kérdéssel. Tanulmányaiból látható, hogy a földtudományi oktatás a középiskolákban a legtöbb államban (Kanada, USA, Ausztrália, Japán, Csehszlovákia) előretör, vagy már igen magas fokon van (SZU, Anglia, Nyugatnémetországban középiskolákban hidrogeológiát is tanítanak). Egy csehországi tanulmány arra is rámutat, hogy a történelem során a reakciós időkben az országok elmaradását csaknem szükségszerűen a földtudományi oktatás háttérbe szorulása jellemezte, a fejlődés viszont az oktatás viszonylagos előretörésével jár.

Első közelítésként körvonalaztam néhány elgondolást, kb. 1978-tól kezdve a középiskolai természettudományi oktatásunk befejező stádiumához.

Az érdemlegesen megvalósíthatatlan kísérlet helyett, hogy ennek a 3 évnek földtudományi fő eredményeit egy beszámoló keretében összefoglaljam,

csak azt tenném itt mérlegre, hogy e fő eredmények közül minek lehet helye majd a közművelődésben, ill. a középiskolai oktatás utolsó stádiumában. A tudatosításra és az összföldtudományi együttes mérlegelésre, továbbá tudományos és pedagógiai kutatásra, majd a szaktanári kiképzés előkészítésére ui. már egyaránt szükség van.

HOZZÁSZÓLÁS AZ OSZTÁLYBESZÁMOLÓHOZ

GÉCZY BARNABÁS
A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Mint tanár a földtan és a közműveltség kérdéséhez szólok hozzá. A természettudományok fejlődése egyrészt a *tér*re vonatkozó ismereteket növelte meg. Elég itt arra a pályára utalni, amely KOPERNIKUSZTÓL a Hold meghódításáig ívelt. Másrészt elmélyültek azok az ismeretek, amelyek az *idő*re, a Föld múltjára vonatkoznak. A Föld korát évszázadokon át évezredekben mérték, és nem is olyan rég KÖVESLIGETHY RADÓ (1862—1934) geofizikus-csillagász a Föld korát még csak 20 millió évre becsülte. Hála az abszolút időszámítás fejlett módszereinek az évmilliókból milliárdok lettek. A Föld korát ma több mint 4 milliárd évre becsülik. Ami vonatkozik a Földre, vonatkozik az emberre is. A múlt század elején CUVIER még vallhatta, hogy az ősember nem létezik. Az 1856-ban feltárt Neandervölgyi ősember lelet azonban már 100 000 éves múltra vetett fényt; az 1890. évi jávai lelet 700.000 évre. Az 1960-tól ismert Homo habilis 1. 800. 000 évvel ezelőtt élt. Az „ügyes ember" ember volta ma még vitatott, az azonban kétségtelen, hogy a főemlősök szétkülönülése, amely egyrészt a mai ember, másrészt a mai majmok felé vezetett, már 20 millió évvel ezelőtt bekövetkezett. Ez az időpont tehát egybeesik azzal az értékkel, amelyet a századforduló természettudósai a Föld életkorának tekintettek.

A csaknem felmérhetetlen földtörténeti idő — nagy kihívás! Erre a kihívásra választ adni, a Föld és a szerves élet történetét feltárni, értelmezni, szakaszokra bontani — a szigorúbb értelemben vett földtani kutatás évszázados, nemes feladata. Ennek a munkának világnézeti és általános természettudományos műveltség szempontjából is jelentős eredményei a nagyközönség számára jobbára ismeretlenek.

A térre vonatkozó tájékozódás megalapozásában általános és középfokú földrajzoktatásnak jelentős szerepe van. A távközlési eszközök fejlődésével ezt a táguló teret oly mértékben vettük birtokunkba, hogy nem teljesen alaptalan arról beszélni, hogy a Föld tudatunkban „összezsugorodott". Ami az idő tényezőt illeti, a közoktatás az emberi társadalmak történetével sok éven át kellő részletességgel foglalkozik. Az ember előtörténetére, a bioszféra és a Föld múltjára a jelen oktatási rendszer azonban nem fordít kellő időt. Mindnyájan

felszisszennénk, ha valaki JULIUS CAESART NAPÓLEON kortársának tekintené. Nem csodálkozunk viszont azon, hogy a rajzokon az ősember a 70 millió évvel korábban kihalt Dinosaurusokkal együtt szerepel, pedig az anakronizmus itt sokkal feltűnőbb. Külföldi példák alapján meggyőződésünk, hogy nemcsak az oktatás és a közműveltség, hanem a sokirányú természettudományos kutatás is szervesebbé és megalapozottabbá válna, ha ebben az idő dimenzió, azaz a földtani szemlélet nagyobb súlyt kapna. A földtudományok forradalmi periódusában, a földtan a rokon tudományokat legjobban a történeti szemlélet következetes alkalmazásával segíti, és — reméljük — fogja fokozottabban segíteni.

A HAZAI ÁSVÁNYI NYERSANYAGKUTATÁS ÉS A TÁRSADALMI IGÉNYEK KAPCSOLATA

MARTOS FERENC
AKAD. LEV. TAG

Nyersanyagkutatás a termelés érdekében, egyéni és társadalmi igények a szükségletek kielégítése céljából tulajdonképpen az egy egységet képező ellentétek örökös folyamata, az a feszítő erő, amely egyik alapvető tényezője az általános fejlődésnek. Akár úgy fogalmazunk, hogy „kutatás és igények", akár úgy, hogy „termelés és szükséglet", esetleg úgy is, hogy „termelés és fogyasztás", mindig annak az egységes történelmi folyamatnak az örökösen ellentmondásos belső tartalmáról van szó, amely végső fokon társadalmi létünk anyagi alapjait jelenti. Ellentmondásos ez a folyamat még akkor is, ha az ember állandóan az ellentmondás feloldására törekszik. Ha egy-egy részterületen időszakos egyensúly létre is jönne, ez csupán újabb konfliktusok kiinduló alapjává válik, mert szükségleteink időszakos, relatív „kielégítése" önmagában hordozza újabb, még magasabbrendű kielégítetlen igények csíráját. Így igaz ez az egyén, a csoport, az összesség vonatkozásában egyaránt, de így igaz ez az anyagi lét és a szellem világában is.

Elvileg és általában nem volna túl nehéz elemezni a hazai nyersanyagkutatás és a magyar társadalom ilyen természetű igényeinek összefüggéseit. Mindjárt kiderül azonban, hogy milyen rendkívül bonyolult kérdés-komplexusról van szó, mihelyt megkíséreljük kissé kibontani a szemben álló, vagy itt most szembe állított két alapfogalom tartalmát, és megvizsgáljuk azt, hogy tulajdonképpen mi minden befolyásolja, befolyásolhatja azok értelmezését és gyakorlati alakulását. Arról most nem is beszélve, hogy mind a „*kutatás—termelés*", mind pedig az „*igény—szükséglet—fogyasztás*" történelmi kategóriák lévén, tulajdonképpen csak hely- és időkoordinátákkal jellemzett térben lehetnek vizsgálhatók. Mi a problémát természetszerűleg a mai hazai körülmények feltételei között tárgyaljuk. Még így is erősen leegyszerűsített, vázlatos, egyes részleteiben pedig nyilván nagyon is hiányos módon. De miután magunk is egy nagyobb közösség tagjai vagyunk, a jobb áttekintés miatt nélkülözhetetlen egy kissé határainkon túlra is nézni. Néhány szóval ezért a világ nyersanyaghelyzetéről is szólni kell.

Mindenekelőtt arra utalnék, hogy a „nyersanyag" fogalom önmagában

hordozza azt a tulajdonságát, hogy ebben a „nyers"-nek mondott formájában használati értéke csekély, vagyis csak korlátozott mértékben képes, egyes esetekben egyáltalán nem is képes emberi—társadalmi szükségleteket kielégíteni. Nekünk tehát, amikor az igények vagy a fogyasztás oldaláról vizsgáljuk a témát, a kutatás—termelés műveleteihez szükségszerűen hozzá kell rendelnünk az előkészítés—dúsítás, esetleg még a feldolgozás fázisait is, mert nyersanyagaink legtöbbször csak az ilyen fajta technológiai folyamatok végén lesznek valóban fogyasztásra, felhasználásra, konkrét igények kielégítésére alkalmasak. A „kutatás" tartalmát tehát bővítetten értelmezem, amennyiben a nyersanyagelőfordulás létezését, térbeli helyzetének, főbb mennyiségi és minőségi jellemzőinek *megismerését* célzó műveletekhez hozzákapcsolom néhány esetben a tényleges felhasználást lehetővé tevő — ugyancsak kutatásnak nevezett és ilyen szintű — technológiai jellegű tevékenységet is.

Még nehezebben definiálható az igény fogalom. Az igénynek, szükségletnek sok egyébtől eltekintve, szociológiai értelemben „*érdek*" tartalma is van. Minden szinten, az egyén, a csoport és a társadalom szintjén egyaránt. Már csak ezért is az „igény" — ha úgy tetszik olyan sztochasztikus függvény, amelyben valószínűségi változókként (önmaguk is függvények) természeti, technikai, gazdasági (ide értve pénz- és hitelügyeket), társadalmi és politikai összefüggések szerepelnek. Messzire vezetne egy ilyen irányú elemzés, csak éppen érzékeltetni kívántam, hogy ha a hazai nyersanyagkutatásról, és annak eredményeként nyersanyagkészleteink helyzetéről és arról kell beszélni, hogy ezek milyen összefüggésben vannak a mai magyar társadalom szükségleteivel, akkor nem könnyű megadni a választ, legalábbis egy rövid előadás keretében — nem.

Szerencsére ki lehet indulni néhány általános igazságból, mindenekelőtt abból, hogy legfőbb célkitűzésünk az egyén és a társadalom egyre növekvő igényeinek, egyre magasabb színvonalú kielégítése, az anyagi javak egyre nagyobb mennyiségének és egyre bővebb választékának megteremtése. Biztos az is, hogy ez a célkitűzés csak egyre nagyobb mennyiségű ásványi nyersanyag termelésével és feldolgozásával érhető el. A világ összes nyersanyagtermelésének mennyisége egyre nagyobb ütemben növekszik. A statisztikák szerint a legfontosabb ásványi nyersanyagok termelése az elmúlt mintegy két évtized alatt nagyjából két és félszeres növekedést mutat, és miután a fejlődés folyamata gyorsul, feltehető, hogy ma már kevesebb mint 10 év alatt az ásványi nyersanyagok kitermelt mennyisége megkétszereződik.

Összességében és tendenciájában — ha ütemében nem is — az általános mennyiségi növekedés nálunk is érvényesült az elmúlt negyedszázad alatt, még ha az egyes nyersanyagokat tekintve a szórás eléggé számottevő. (Megjegyzem, hogy az energiahordozó és fémhordozó ásványi nyersanyagokon kívül mindig az ipari és építőipari alapanyagokra is gondolok, sőt a vízre is.) Kétségtelen, hogy az összefüggéseket *a termelés oldaláról* tekintve úgy tűnhet,

mintha egyik-másik nyersanyagkészletünk a jelenleginél jobban is igénybevehető lenne, és gyakran vetődik ma már fel a kérdés, hogy vajon az 1700—1800 kWó/fő évi fajlagos villamosenergiatermelés, amely a KGST országok között is a legkisebb érték, megbízhatóan, illetve kielégítően reprezentálja-e hazánk reális szükségleteit a gazdaságos termelés követelményeinek és a nemzetközi együttműködés lehetőségeinek, de korlátainak figyelembevételével is. *A felhasználás oldaláról* közelítve a hazai ásványi anyagok mennyiségének idősorait, a trend egyértelműbbé válik, még inkább közelíti — ismétlem: nem ütemében, de minőségében — az általános képet, mert itt már közrejátszik az a körülmény is, hogy a hazai szükségleteket részben importból származó anyagokkal elégítjük ki. A kép persze attól is változik, hogy mennyiségben, hasznos anyagban vagy értékben végezzük-e az összehasonlítást.

Mielőtt most a hazai ásványi nyersanyagkészletek megkutatottságáról, a társadalmi igények jelenlegi és talán jövőbeni fedezésének lehetőségeiről s ebből következően a kutatás előtt álló további feladatokról szólnék, úgy vélem helyes lehet röviden áttekinteni és összefoglalni főbb ásványi nyersanyagainkról rendelkezésünkre álló jelenlegi ismereteinket, és ennek kapcsán azt a kérdést is érinteni, amelyet oly sokszor lehet hallani szakemberektől és nem szakemberektől is, hogy ti. „Magyarország ásványi nyersanyagokban szegény ország". Így van-e ez, vagy legalábbis látszólag ilyen egyértelműen, kategórikusan és abszolút értelemben van-e így, vagy mégsem egészen.

Ha az ásványi nyersanyagok termelése vagy felhasználása terén bármilyen összehasonlítást kívánunk tenni, különösen ha nemzetközi méretekre is kiterjesztjük vizsgálatainkat, akkor erre a legkevésbé alkalmasak a mennyiségi mutatók. Energiahordozók esetében is, de fémhordozó ércek tekintetében még kevesebbet mondhat a nyersanyag termelésének vagy felhasználásának súlyban kifejezett mennyisége. Nem kell különösebben indokolni, hogy pl. az a fogalom, hogy „bauxit" még nem sokat mond a kinyerhető fémtartalomról, s ezért a „bauxittermelés"-t jelző szám még nem alkalmas összehasonlításra. Így van ez szinte minden nyersanyag, főleg az ércek és ipari ásványok esetében, mely utóbbiaknál a vegyi szennyeződést és a fizikai tulajdonságokat a nyerstermék tonna-mutatója még csak közelítően sem érzékelteti.

Ezek után visszatérve — csupán csak egy-két fő irányzat megfogalmazásáig — a már korábban említett világstatisztikára, a következőképpen jellemezhető az általános fejlődés.

Az átlagosnál gyorsabban fejlődik a termelés évi növekedése néhány természetes karbonát, foszfát, szulfát és a kén esetében, továbbá olyan fémeknél, ill. ásványoknál mint a platina, nikel, molibdén, cirkónium, a bauxit, a rutil, az ilmenit, a talkum és természetesen olyan energiahordozók termelése is gyorsabban nő az átlagnál, mint a kőolaj és a földgáz.

A szenek és néhány fontos fém (pl. ólom, ón), nemesfémek (Au, Ag) termelésének fejlődése lényegesen lassúbb, míg az urántermelés számottevően csökkent.

Mindenképpen figyelemreméltó a nem fémhordozó ásványok termelésének átlagosnál erőteljesebb fejlődése.

A termelési érték szempontjából a világranglista élén még ma is a klaszszikus energiahordozók állnak, bár a kőolaj és a földgáz termelésének mennyisége még mindig növekszik, a növekedés üteme mintha már lassulna. A feketeszén, sőt a barnaszéntermelés is csökkent az 1968—70-es időszakra az előző esztendőkhöz képest.

A fémhordozó ércek közül a réz és a vas tartja vezető helyét, a bauxittermelés nő, a mangáné viszont csökken. Néhány különleges fém (pl. platina, volfram, higany, cirkónium, molibdén) termelése erősen növekedett.

Az ásványi nyersanyagok termelésének és felhasználásának helyi eloszlása rendkívül változatos képet mutat. Mindenekelőtt azt kell látni, hogy a termelésben résztvevő 142 ország közül (88 országnak egyáltalán nincs ásványi nyersanyagtermelése, de ezek csupán a terület 2,8%-át, a népesség 1,5%-át képviselik), egyesek erőteljesen fejlődnek, mások pedig stagnálnak vagy éppen csökkenő termelést mutatnak.

Az első csoportba tartoznak mindenekelőtt egyes afrikai és arab országok, néhány latin-amerikai ország, Ázsiában Törökország, Irán, Észak-Korea, a világ össztermelésében való részesedés szempontjából pedig változatlanul az USA, a Szovjetunió, Kanada és Venezuela állnak az élen, bár tartós, egyértelmű és állandó növekedést ezek között is csak a Szovjetunió tud felmutatni.

Csökkent a bányászati termelés fejlődésének indexe a nyugat-európai országokban, néhány más országban és — bár az elmúlt két évtizedben jelentős növekedést regisztrálhattunk — az utolsó években hazánkban is. (1950-hez viszonyítva még ma is 220% a növekmény, de már 1963-tól kezdve észlelhető a lassú csökkenés, a bányászati termelés értékére vonatkoztatva.)

A termelés—fogyasztás összefüggéseit részleteiben (országonként és termékenként) nem, csak nagy vonalakban, főbb csoportokban lehet úgy-ahogy áttekinteni. Ma azonban a nemzetközi gazdasági szervezetek, a KGST, az Európai Közös Piac stb. korában, az egyes országok helyzeténél fontosabb az, hogy milyen potenciált képvisel az az érdekszféra, amelynek maga is tagja. Ilyen módon a következő kép tárul elénk.

A tőkés világ primér energiahordozószükségletének csak mintegy 60%-át tudja megtermelni, a szocialista tábor lényegében egyensúlyban van, míg az ún. „fejlődő országok" saját szükségleteiknek sokszorosát termelik (kb. háromszorosát).

Bauxitból az össztermelés 17%-át adja a tőkés világ, viszont annak 73%-át fogyasztja. Az exportot szinte kizárólag itt is a fejlődő országok nyújtják (Ausztrália, Óceánia, nem szocialista Ázsia, Afrika). A Szovjetunió, amely a második legnagyobb termelő, saját termelését el is fogyasztja. Mint ismeretes, hazánk is rendelkezik, legalábbis ma még, export-képes fölösleggel.

A réztermelésben vezető helyet foglal el Észak-Amerika, de szükségletei

ebből az anyagból is meghaladják termelését. Nagy fogyasztók még Európa és Japán. A Szovjetunió jelentős termelésével nagyjából fedezi szükségleteit. Afrika és Latin-Amerika a közismerten nagy exportőrök.

A vas- és acéltermelésben a Szovjetunió áll az élen. Szükségletein túl jelentős exportra is képes. USA és Kanada bár nagy termelők, még importra szorulnak. Nyugat- és Kelet-Európa egyaránt importból fedezi hiányait, nem kevésbé Japán is.

Az ón termelése közismerten a nem szocialista Ázsiára összpontosul, de ma már Afrika, Óceánia és Latin-Amerika is exportál. Minden más ország importra szorul.

Még néhány jelentős fém termelés—fogyasztás eloszlása mutat hasonló képet. Lényegében tehát ma a legfontosabb fémek, ill. azok ércei tekintetében a tőkés világ jelentős importra szorul, a szocialista tábor nagyjából kiegyensúlyozott, vasat, ólmot és cinket exportálni is képes. A fejlődő országok most lépnek a nagy érctermelők és egyben érc-, ill. fémexportőrök közé, miután termelésüknek ma még alig egyötödét fogyasztják.

A nem fémes ásványok közül kiemelésre méltó több is lenne. Mint említettem, ezek termelése nagyon dinamikusan fejlődik, éppen a vegyipar általános fejlődésével összefüggésben, de ezek az anyagok nagyon széles körű felhasználásra alkalmasak. (Erről később lesz még szó.) Két ide tartozó nyersanyagot kell mindenképpen megemlíteni: a foszfátokat és a kálisókat.

Foszfátokban ugyancsak az USA—Kanada-zóna áll az élen, de ebből exportképes is. A másik két nagy termelő, Afrika és a Szovjetunió ugyancsak exportálnak. Nyugat- és Kelet-Európa többi országa mind importra szorul.

Kálisóban a legnagyobb termelő Kanada, egyben exportja is van. Jelentős termelés folyik Nyugat-Európában, és ez azon ritka nyersanyagok közé tartozik, amelyből ezek az országok kismértékű exportra is képesek.

Az ásványi nyersanyagtermelés és fogyasztás eloszlásának összesített képe kb. azt mutatja, hogy a szocialista tábor országainak termelése és fogyasztása nagyjából egyensúlyban van, csekély többlettel. Persze most fogyasztásról és nem igényről van szó, mert utóbbi nem deríthető ki a közönséges statisztikákból. Ugyanilyen alapon látható a tőkés világ mintegy 50%-os hiánya, és a fejlődő országok jelentős többlete. Utóbbiak jelenlegi termelésének csak mintegy harmadát fogyasztják. Kérdés, hogy meddig? Hiszen „*fejlődő*" országok, s ez azt is jelenti, hogy igyekeznek előbb-utóbb saját ipart is teremteni. Íme, a „termelés—szükséglet" összefüggésnek egy érlelődő, újabb ellentmondása.

Illesszük be ebbe az összképbe hazai nyersanyaghelyzetünket, a földtani és technológiai kutatások eredményeként a ma érvényes állapotoknak megfelelően.

Egy 1968. évi statisztika a világ ásványi nyersanyagtermelésében 53 féle terméket tart nyilván 78 milliárd dollár értékben. Tíz anyag termelésében hazánkat is jelzik a számok. Ezek együttes értéke 160 millió dollár (0,205%)

Ez az arány 1963-ban még jobb volt, azóta némileg csökkent (1963 = 0,265). A 142 termelő ország közül kb. a 48—50. helyen, az első és a második harmad határán állunk. Ha a Szovjetuniót, az USA-t és az őket követő 10 legnagyobb bányászattal rendelkező országot figyelmen kívül hagyjuk, akkor a többihez viszonyítva részarányunk már nem lebecsülendő. A tíz ásványi anyag közül öt a következő sorolást mutatta 1968-ban:

bentonit,	értékben kb.	600 e. dollár,	4. helyen
bauxit,	értékben kb.	15 mill. dollár,	9. helyen
barnaszén,	értékben kb.	59 mill. dollár,	9. helyen
földgáz,	értékben kb.	17 mill. dollár,	14. helyen
kaolin,	értékben kb.	1,3 mill. dollár,	18. helyen.

Az összehasonlításokat 1968. évi dollár árfolyamon számítva, a változást illetően megállapítható, hogy a hazai fémtermelés értékben növekedett, mégpedig kb. évi 1,2%-kal. A jelentős árcsökkenést a bauxittermelés mintegy évi 7,5%-os értéknövekedése kompenzálta. Az energiahordozók termelési értékvolumene mintegy évi 2,3%-os csökkenést mutat, a nem fémes anyagoké pedig majdnem évi 6%-ot.

A világtendenciához képest tehát hazánk ásványi anyag-termelésének alakulását a következőképpen jellemezhetjük:

— amíg a világ össztermelésének mennyisége évi 5,2%-kal emelkedett, addig a hazai termelésé csak 1,4%-kal,

— amíg a világ össztermelésének értéke (ára) évi 2,1%-kal csökkent, addig a hazai termelésé 3,5%-kal lett kisebb,

— az erőteljesebb mennyiségi növekedés és a kisebb mértékű értékcsökkenés miatt a világ össztermelésének összesített értéke növekedett, a hazaié pedig csökkent, mert a mennyiség növekedése lassúbb ütemű, mint az érték csökkenése.

A 70-es évek elejének helyzetképe még nem mindenben egyértelmű, és a sok valutáris változás miatt nehezen is értékelhető, de a fő tendenciák talán nem változtak. A magyarországi összképet úgy vélem valamelyest javítaná az azóta is növekedett földgáz-és bauxittermelés, és az építőanyagok növekvő termelése. Ez utóbbiakat — miután csak helyi jelentőségűek —, nemzetközi forgalomban nem játszanak szerepet, az összehasonlító értékeléshez nem is vehettem számításba, nem is szerepelnek a nemzetközi statisztikában.

A termelés adatainak vázlatos áttekintése után rá kell térni arra a témára, amely most bennünket közelebbről is érdekel: nevezetesen a hazai nyersanyagkutatás eredményeként rendelkezésünkre álló ásványi anyagok készleteinek alakulására és ezeknek a várható igényekkel való egybevetésére.

Hazánk jelenleg műrevalónak ismert ásványi nyersanyagai (a víz nélkül, de építőanyagokkal együtt) értékben mintegy 250 milliárd Ft-ot képviselnek. Az „érték" alatt itt most azt a potenciális eredménytömeget értem, amely kitermelésük esetén realizálható lehet mint a társadalmi érték és ráfordítás

különbözeteként. Lényegében egy népgazdasági szinten értelmezett lehetséges eredményről van szó.

A megoszlása ennek az értéknek a következőképpen alakul a főbb anyagok vonatkozásában:

Szenek	$97 \cdot 10^9$ Ft	39%
Szénhidrogének	71	28%
Bauxitok	12	4,8%
Vas- és mangánércek	6	2,4%
Színes ércek	17	6,8%
Ipari ásványok és építőanyagok	48	19%
	251	100%

Az energiahordozó és fémtartalmú ásványok, ill. ércek jelenleg műrevalónak minősített készletei az összes földtanilag ismert mennyiségnek kevesebb mint egyharmada (27%), az építőipari nyersanyagok esetében viszont valamivel több mint a fele (54%).

A műrevaló és a földtani készlet aránya nyersanyagonként igen változó. Az átlagosnál jobb a földgáz, a mangánércek, a bauxit és a feketeszén, az átlagosnál rosszabb a kőolaj és a lignit esetében.

A hazai földtani kutatás részére már ebből az általános képből is néhány alapvető körülmény lenne megfogalmazható. Még határozottabb irányelvek alakíthatók ki azonban akkor, ha a nyersanyagkészleteinket egybevetjük a szükségletek által megjelölt távolabbi termelési igényekkel.

Bányászati módszerekkel termelt nyersanyagaink nagyobb részét, mintegy 96%-át (építőanyagokat most nem számítva) az energiahordozók és néhány fém (Al, Fe, Zn, Pb, Cu, Mn) érceink termelése alkotja. A nem fémes anyagok fogyasztásának megosztása oly annyira dekoncentrált, hogy összefüggő és megbízható képet ezekről már sokkal nehezebb kapni. Jelentőségük pedig — mint még látni fogjuk — nem csekély.

A hazai földgáz-fogyasztás növekedésének indexe 1963 és 1980 között majdnem kilencszeres (886%), a kőolajé több mint négyszeres (442%), a rézé majdnem háromszoros (272%) és a bauxité is több mint kétszeres (219%). A barnaszén kivételével általában minden ásványi nyersanyagunk fogyasztása, tehát a szükséglet is növekszik. Kielégítése részben importból történik. Fogyasztásunk összességében 1980 körül az 1963. évinek több mint kétszeresére várható. A termelés ugyanakkor mintegy 40—50%-os növekedést fog elérni. A termelés és fogyasztás ollója tehát nyílik, az import közel kétszer olyan gyorsan nő (értékben), mint a szükséglet, ha a jelenlegi fejlődés ütemét extrapoláljuk és gazdaságpolitikai változásokat nem feltételezünk. Ehhez még csak annyit, hogy változatlan árakon és árfolyamokon számolva (ami nyilván nem fog bekövetkezni), 1980 körül az import biztosításához több mint 300 millió dollárra, ill. ezzel egyenértékű valutára lesz szükség. Kérdés, hogy exportképes cikkeinkből milyen hatékonyan fogjuk tudni kitermelni ezt

a devizatömeget. Ásványi nyersanyagexportunk jelenleg csak bauxitból, mangánércből és bentonitból van, volumenben azonban nem számottevő mértékben.

Ma már az 1980-as esztendő nem jelenti a távlatot. A jövőt kutatók általában az ezredfordulót prognosztizálják. Szerencsére már rendelkezünk néhány olyan tanulmánnyal is, amelyben illetékes szakembereink a 2000. év szükségleteit is megkísérelték becsülni.

Ezek szerint hazánk teljes energiaigényének a szén és a szénhidrogének akkor már csak mintegy a felét (50—55%-át) fogják biztosítani. Feltehetően a különbözet fedezésében a döntő szerep már az atomerőműveknek kell jusson. Ebben a struktúrában a hazai szénhidrogénforrások már csak alig 10%-ot képviselhetnek és kérdés, hogy az import kőolaj még akkor is versenyképes lesz-e az atomerőművekben termelt villamosenergiával. E kérdés jogossága úgy hiszem nem vitatható, a válasz megfogalmazására viszont ma még aligha vállalkozhatunk. Ugyanakkor ún. „szabad területeink"-en valószínűleg még a későbbiekben is gazdaságosan kitermelhető szénvagyon áll rendelkezésünkre. Ezek a területek azok, amelyek majd fokozottabb földtani kutatást igényelhetnek.

Vasércigényünknek csak töredékét (kb. 7—8% fémszükségletre vetítve), ólom—cinkércszükségleteinknek csak kisebb hányadát (kb. 40%), rézércigényünknek azonban már jelentősen nagyobb hányadát (kb. 80%) fogjuk tudni hazai forrásokból kielégíteni, ha egyébként biztosítani tudjuk a szükséges beruházási eszközöket.

Mangánérctermelésünk akár meg is haladhatná a hazai igényeket, különösen akkor ha sikerülni fog megoldani ipari méretekben is a karbonátos ércek gazdaságos előkészítését.

Az egyik legjelentősebb hazai nyersanyagunk a bauxit, ma hazai igényeken kívül, gazdaságos exportot is fedez, akár érc, akár timföld, akár készáru formájában. Még az ezredforduló előtt azonban jelentkezhet az export kétségessé válása, mert a prognosztika akkorra mintegy 10—15% hiányt jelez fémszükségletre vetítve.

Építőipari mészkőből, cementgyártási alapanyagokból, a jelenlegi fogyasztást figyelembe véve, készleteink szinte korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre. Hasonló a helyzet az andezitok, bazaltok tekintetében, tehát a jellegzetesen útépítési anyagok szempontjából. Jelenleg ismert homok- és kavicskészleteink már korántsem ilyen hosszú időre fedezik igényeinket, új területek bekapcsolása nélkül az ezredforduló idejére már fedezetlen szükségletekkel kellene számolni. A megismerést célzó kutatás itt is indokolt lesz. Hozzá kell ehhez a megállapításhoz még tenni azt is, hogy elsősorban a betonkavics esetében sokkal nagyobb gondot kellene fordítania az építőiparnak az előkészítésre (osztályozásra és agyagtalanításra), mert ezzel a beton szilárdsága legalább 10—15%-kal, esetleg többel is növelhető, és cementmegtakarítást lehet elérni,

ami ugyancsak nem elhanyagolandó kérdés, lévén, hogy cementszükségletünket jórészt importból kell fedezni, és a cement árát jelenleg csak az állami dotáció mérsékli.

A vízről egyelőre most csak annyit, hogy csupán a szilárdásványbányászat több mint 600 m^3-t termel percenként, és ennek ma még kevesebb mint 15%-a nyer megfelelő felhasználást. Remélhetően a készlet igénybevétele javulni fog, hiszen a víz ma még sok helyen „hiánycikk", főleg a jóminőségű ivóvíz.

Lássuk összefoglalva mit mondhatunk jelenleg nyersanyagellátottságunkról.

1. Az ásványi nyersanyagtermelés szempontjából „nagyhatalom"-nak nevezhető országoktól eltekintve (bár — mint láttuk — szükségleteik egy tekintélyes részét ezek is import útján biztosítják), hazánkban elég sokféle nyersanyag jelenléte ismeretes, és közülük egy néhánynak a termelése a világranglistán is nem lebecsülendő helyet foglal el (földgáz, barnaszén, bauxit, bentonit, kaolin).
2. Földtanilag ismert nyersanyagkészleteink az ország méreteihez, a lakosság számához viszonyítva nem mondhatók jelentéktelennek, az ebből műrevalónak minősített hányad azonban viszonylag kedvezőtlen, átlagosan legfeljebb 34%. Néhány kiemelten fontos anyag esetében azonban ennél is kisebb (kőolaj 17%, barnaszén és lignit 24%, kaolin 29%, rézérc 36%).
3. Jelenlegi termelési szinteket feltételezve, műrevaló készleteink a legfontosabb anyagokból átlagosan 6—7 évtizedre biztosíthatnák ellátottságunkat. Az átlagon belül legkisebb értéket a kaolin (20—25 év), legnagyobbat a rézércek mutatják (kb. 200 év). Az energiahordozók és a mangán mintegy 50—60 esztendőre, a bauxit és a bentonit mintegy 40—50 évre, az építőanyagok egy tekintélyes hányada szinte korlátlan időre fedezhetik szükségleteinket.
4. A fokozódó igényeket prognosztizálva, mind a 15 éves távlati tervperiódus végére (1985), még inkább pedig az ezredforduló tájékára a legtöbb nyersanyagféleségből jelenleg is mutatkozó hiányaink fokozódnak, az importigény a jelenleginek kb. a négyszeresére növekszik. Megfelelő kutatás és beruházás esetén az atomerőműveket is számításon kívül hagyva, csak szeneink lennének képesek az igények fedezésére, esetleg a bauxit, a rézércek, és minden bizonnyal az építőanyagok tudnák fedezni még akkor is a megnövekedett szükségleteket. Miután azonban abban az időben nyilván már hazánkban is fognak működni atomerőművek, az energiaellátás egy része ezekre hárul. A szénhidrogének, elsősorban a kőolaj, természetesen a gépjárműforgalom, a közúti szállítás, a mezőgazdaság gépesítésének céljait fogják szolgálni, bár az említett ártendenciák hatásával számolni kell.

Ezek után mit lehet válaszolni arra a kérdésre, hogy vajon valóban szegények vagyunk-e ásványi nyersanyagokban?

Azzal kezdem, hogy sohasem szerettem — mert nem tartottam helyesnek — azt a kijelentő módban megfogalmazott mondatot, szinte már axiómának tűnő tézist, mely szerint: „hazánk ásványi nyersanyagokban szegény ország". Már említettem, hogy nem tartozunk az ásványi nyersanyagtermelő „nagyhatalmak" közé, de ez a mondat így, ebben a formában mégsem igaz. Először is ebből a kategorikus és abszolút formulázásból hiányzik a fejlődés dinamikája. Nyersanyagkészleteink éppen a kutatás (földtani, bányászati és technológiai kutatás) révén változnak. Növekednek. Külön előadásokat lehetne tartani — hogy csak két példát említsek —, földgáziparunk kialakulásáról és a mátrai ércesedés, rézérckészleteink ismert anyagáról, ezen ismeretek fejlődéséről, mondjuk az utolsó tíz év alatt. Ki állítaná ma határozottan, hogy a jelenleg ismert mélységeken túl nem várhatók újabb műrevaló előfordulások. „*Műrevaló*"-t mondok és aláhúzom, hogy ami ma még nem minősíthető ilyennek, az a holnapi technika és gazdaságpolitika körülményei között már azzá lehet.

Másodsorban arra kell ismét utalni, hogy a legfejlettebb ipari országok is importálják legfontosabb nyersanyagszükségletük jelentős részét. A számok azt mutatták, hogy a fejlettnek mondott tőkés világ összes nyersanyagszükségletének kb. a felét importból szerzi be. Miért nem nevezik ők magukat nyersanyagban szegény országoknak? Mert — legjobb tudomásom szerint — nem minősítik magukat ilyeneknek. Egyes anyagokból jelentős fölöslegekkel Afrika, Dél-Amerika, Ázsia egyes országai rendelkeznek. Ezek azonban ma még általában alacsony életszínvonalon élő, tehát „szegény" országok. Bizonyára nem maradnak azok, és egy-egy ásványi nyersanyagból meglevő jelentős vagyonuk éppen alapja lesz ipari fejlődésüknek. Ekkor azonban egyéb anyagokból ők is fokozni fogják behozatalukat.

Úgy gondolom reálisabb és helyesebb azt mondani magunkról, hogy hazánk ásványi nyersanyagvagyona — jelenlegi ismereteink alapján — *nem jelentéktelen*, megkutatottsági foka a jelenlegi feltárható mélységekig is *elégtelen*, a műrevaló készlet aránya *ezért* valóban kevés.

Szükség van mind a földtani, mind a technológiai kutatás fokozására, mert csak a kettő együtt képes az ásványelőfordulásból társadalmi igényeket valóban kielégítő használati értéket létrehozni. Szükség van továbbá a nemzetközi együttműködésre, nekünk elsősorban a szocialista országok integrációjára, mert valóságos helyzetünket, nyersanyagellátottságunkat is e közösség potenciális ereje határozza meg.

Ilyen aspektusból nézve tartom átfogalmazandónak azt a formulát, amely a magyarországi ásványvagyonhelyzetet egyszerűen, de kategorikusan a „szegénység" jelzővel minősíti, és amely az említett formában nemcsak, hogy nem felel meg a valóságnak, nem fejezi ki a fejlődés dinamikáját, de fékezi a tudományos kutatást is.

Végül tekintsünk át néhány olyan esetet, csak kiragadott példákat, amelyek valamilyen ásványelőfordulás műrevalóságának megítélését földtani vagy technológiai kutatás révén más megvilágításba helyezhetik.

Sok szó esik ma a Nagyegyháza—Csordakút—Mány térségéről, ill. az ott megismert szén- és bauxitelőfordulásról. A szénelőfordulás ugyan régóta ismeretes, hiszen VITÁLIS ISTVÁN kiváló munkája nyomán 1923-ban először, s utána többször is átfúrták a tekintélyes vastagságú paleocén széntelepet. Újabban, főleg 1960 után a terület más ásványi nyersanyagai is ismertté váltak. Ilyenek pl. a bentonitok, kaolinos agyagok, de mindenekelőtt a bauxitok.

Az ásványelőfordulás természetesen vízveszélyes, de a legújabb és korszerű anyagvizsgálatokkal is alátámasztott kutatások éppen a vízveszélyesség jellegét és mértékét látszanak a korábbinál lényegesen kedvezőbb megvilágításba helyezni. Nem térhetek itt ki a részletekre, csupán annyit, hogy részben a tektonikai szerkezet, részben a védőrétegnek minősíthető, alaphegységi kőzetanyagból álló, de áthalmozott, részben cementálódott, mésziszapos fekű, a karsztos alaphegységhez képest sok nagyságrenddel (tízezerszer, százezerszer) rosszabb vízvezető képességű. A korábban csak aktív vízszintsüllyesztéssel művelni lehetségesnek tartott területen ma — természetesen további kutatások informatív adatainak birtokában — esetleg a sokkal kisebb költséggel is megoldható passzív—preventív vízvédelem is elégséges lehet. A terület, illetve az előfordulás műrevalóságának megítélése tehát a közeljövőben lényegesen megváltozhat.

Az eredményes dunántúli (főleg oroszlányi) szénkutatások még akár egy barnaszénbázisú erőmű létesítését is megalapozhatják, a bükkábrányi lignitvagyon ilyen irányú hasznosításán kívül.

Nem lehet közömbös a szénfelhasználás szempontjából az sem, hogy jelenleg több szerv is eredményes vizsgálatokat, félüzemi, sőt nagyméretű kísérleteket végzett a szénalapú szerves műtrágyafféleségek, talajjavító anyagok előállítása és felhasználása terén. Ez a téma még az emberi környezet védelmének problémakörébe is beletartozik, s ezért a megfelelő kutatási főirány koordinátorainak figyelmébe is ajánlható, hiszen a huminsavak mint a barnaszenek és tőzegek egyik fő komponensének mezőgazdasági, ipari és biológiai hasznosítási lehetősége, elvben közismert. Hatása talajjavítás, terméshozamnövelő. Megfelelő nyomelemek adagolásával az egyre nagyobb mennyiségben használt szervetlen műtrágyák mellett, egyre inkább nélkülözhetetlen lehet. De humán gyógyászati anyagok előállítására, sugárveszély elleni védekezésre és sok más célra is hasznosíthatók. Nitráló feltárással kálium-, foszfor-, nitrogéntermékekkel együtt már előállítható lenne, mint nitro-humát műkomposzt. Több mint 5 millió ha-ra becsülhető az alkalmazási terület, ez pedig 3—4 millió t várpalotai lignit feldolgozását tenné lehetővé.

Íme egy olyan új termék, amely hazai barnaszénfelhasználás révén egy egyre inkább jelentkező népgazdasági igényt lenne képes kielégíteni.

Ugyancsak az előkészítési technológia gazdaságos megoldása biztosíthatja igen jelentősnek mondható hazai karbonátos mangánérceink fokozottabb felhasználásának lehetőségeit. A feldolgozási eljárás műszakilag megoldott, s lényegében azon alapszik, hogy a megfelelő finomságra őrölt karbonátos érc, mangánoxid iszappal keverve, erőművi füstgázok kéndioxidjával mangánszulfátot ad, amely vagy ebben a formában kristályosítható, vagy belőle alkálikus leválasztással mangánhidroxid koncentrátum állítható elő.

Mind a különféle magánsók, mind a ferromangán, mind egyéb ipari-jellegű termékigények általában ismertek, jelenleg import útján nyernek kielégítést. Azonban — mint már említettem —, a feldolgozás gazdaságosságának javítása esetén, újabb érckészletek termelésbe vonását eredményezhetik. Nem mellékes körülmény itt az sem, hogy az eljárás során az erőművi füstgázok kéntelenítése is megtörténik (hiszen ez a kén használódik fel a technológiában), ami a levegőszennyeződés jelentős csökkentése következtében a bioszféra védelmének érdekében ható tényező. E körülmény hatásának értékelése bár összetettsége miatt feltétlenül nehezebb, de nem kétséges, hogy ugyancsak a karbonátos mangánércek felhasználási körének bővítési lehetőségeit rejti magában.

Álljon itt néhány példa a fluidumok köréből is.

Kőolaj és földgáz készleteink hatékonyabb kitermelése érdekében megkezdett nagymélységű rétegrepesztő robbantásos kísérleteinkről, s azok első eredményeiről már az1972. V.11-én tartott osztályülés keretében adtam tájékoztatást. Ez a munka tovább folyik, és eredményei itt is egyes előfordulások műrevalóságának átértékeléséhez vezettek, vagy fognak vezetni a továbbiakban.

Szólni lehet még eddig megfelelően ki nem használt két nyersanyagféleségünkről, amelyek a jövőben — megfelelő kutatás után —, ugyancsak belépnek egyes hazai igények kielégítését szolgáló használati értékek sorába. Bizonyosfajta ásványvizekről és a természetes széndioxid előfordulásokról van szó.

A hazai vegyipar részére jelentős mennyiségű valutáért importáljuk a jódot és a brómot, illetve ezek bizonyos vegyületeit. A növekvő igények kielégítése még import útján is egyre nagyobb nehézségekbe ütközik.

A jód és a bróm hazai nyersanyagbázisaként azonban egyes ásványvizeink feltehetően ipari méretekben is számításba vehetők. Ilyen többek között a Sárvár—Rábasömjén-i termálvíz is, amelynek mintegy 110—130 g/m^3 bróm, kb. 30 g/m^3 jódtartalma mellett jelentős konyhasótartalma is van (kb. 46 kg/m^3). A jelenlegi egy kút 3000 l/perc hozama brómigényünk nagy részét, jódigényünket pedig majdnem kétszeresen tudja biztosítani. Természetesen további fúrásokkal a készlet, illetve a hozam tisztázásra, pontosításra szorul. A konyhasó import is egyre több problémát jelent, s így ez a nyersanyagbázis fokozott figyelmet érdemel. Mind a földtani, mind a technológiai kutatás (utóbbi nemzetközi kooperációval) folyamatban is van. A téma súlyosabb jelentőségű, mint amilyennek talán első hallásra tűnik.

Kevés olyan nagynyomású, nagytisztaságú természetes széndioxid-előfordulás van a világon, mint amilyennel mi rendelkezünk. Ebben az esetben a széndioxid nemcsak anyagával, hanem energiájával is számottevő tényező lehet különleges ipari és közvetve mezőgazdasági, biológiai és más igények kielégítésében. Előfordulásainkból jelenleg minimális mennyiséget, elsősorban mint gázt, szárazjeget, tehát mint anyagot hasznosítunk. Pedig a nagynyomású széndioxid mint energiahordozó is hasznosítható lehet.

Ha csak annyit modunk, hogy az ásványi, de más nyersanyagok előkészítésében, feldolgozásában az aprítás (törés), az őrlés a legenergiaigényesebb folyamatok, hiszen a világ összes villamosenergiatermelésének kb. 7%-át ilyen célra használják fel, s ha hozzátesszük ehhez, hogy a különböző és nagytisztaságú nagyon finom szemcséjű őrlemények iránt egyre nagyobb a kereslet, akkor érthető lesz az a törekvés, hogy az ún. sugárőrléshez, amelyet mindenütt másutt nagy energiabefektetéssel előállított sűrített levegővel végeznek, nálunk a természetes előfordulásban rendelkezésre álló széndioxidot kívánjuk felhasználni. A sugárőrléssel működő malmok ismeretesek, a technológiára nem kívánok itt kitérni, de tucatjait lehetne felsorolni a különféle vegyipari finomőrleményeknek (festékek, növényvédőszerek, műanyag- és gumiipari töltőanyagok, papír- és kerámiaipar, gyógyszeripar stb.), amelyek ezzel az energiahordozóval tisztán, vas-szennyezésmentesen, olcsón, exportképesen is lennének előállíthatók. Az őrlemények nyersanyagaival ugyancsak rendelkezünk. Éppen ezek azok a nem fémtartalmú ásványok, amelyekről említettem, hogy termelésük világszerte az átlagosnál jobban növekszik a szilárd ásványi nyersanyagok között. Csak néhányat említsünk: bentonit, kaolinok, kovaföld-féleségek, zeolitok, perlit, dolomit, mészkő, talkum, bauxitvörös, piritpörk stb.

Igaz, hogy a termékek egy részéből a hazai igény nem nagy, de mind az energia rendelkezésre áll, a technológia és a berendezés lényegében azonos, és azt hiszem, a vegyipari üzemek egyébként is, jelenleg is szakaszosan gyártanak sok terméket, amelyből a szükséglet nem kívánja a berendezés teljes évi kapacitásának folyamatos, állandó igénybevételét. Azt sem kívánom elhallgatni, hogy bizonyos termékek előállítását ma még rendezetlen árkérdések is zavarják, de ez is benne van a hatékonyságot, a műrevalóságot többek között befolyásoló gazdasági környezet és szabályozó rendszer problémakörében, amelynek változtatása indokolt esetben nyilván megtörténhet.

Csak felvillantottam néhány esetet, amely azt példázhatja, hogy földtani — technológiai kutatás, komplex geonómiai szemlélet és ennek alapján végzett munka geoökonómiai és gazdaságpolitikai tényezők kölcsönhatásában, hazai nyersanyagaink műrevalóságának dinamikus fejlődése révén még jelentős társadalmi szükségletek kielégítésére teremthetünk biztató lehetőségeket. Pedig a hazai ún. mélybányászatról, annak perspektívájáról nem is szóltam. De erről talán majd más alkalommal.

TUDOMÁNYPOLITIKAI IRÁNYELVEK ÉS A HAZAI BAUXITKUTATÁS HELYZETKÉPE

FÜLÖP JÓZSEF
AKAD. LEV. TAG

A Központi Bizottság tudománypolitikai irányelvei alapvető követelményként emelik ki a tudományos kutatás és a társadalmi—gazdasági szükségletek összhangját. Célszerű realitásként figyelmeztetnek arra is, hogy a hatékonyság érdekében nélkülözhetetlenül szükség van a kutatási erőforrások összpontosítására. A kutatási eredmények hasznosíthatósága pedig alapvetően függ attól, hogy azok kellő időben állnak-e a gyakorlat rendelkezésére. Az idő előtti, vagy a megkésett kutatási eredmények létrehozására fordított anyagi erőforrások „befagynak", más időszerűbb feladatoktól vonják el a hatékonyabb megoldás feltételeit.

A nagy anyagi ráfordításokat igénylő földtani kutatások esetében a tudománypolitikai irányelveknek fokozott jelentőségük van, és a kutatások irányítóira, de az állásfoglalásra hivatott társadalmi szervekre is nagy felelősség hárul. Az eklektikus témaválasztások, a szétforgácsolódó kutatási kapacitások és az elhúzódó kutatások esetében úgy gondolom nemcsak az egyes kutatók téves szemléletével van probléma, hanem a témaajánlások meggyőző erejében, a kritikai állásfoglalások színvonalában és a koordináció hatékonyságában is komoly hiányosságok vannak. Hosszú idő óta történnek erőfeszítések azért, hogy a tudományos kutatás egyre eredményesebben szolgálja a társadalmi és a gazdasági haladást. Ezen célkitűzés fő eszközét, a személyi és anyagi feltételekkel reálisan számoló és a megvalósítás előre nem látható követelményeinek is teret biztosító kutatási tervek készítésében látjuk. Ennek egyik legutóbbi, nagyszabású megnyilvánulása volt az országos távlati tudományos kutatási terv összeállítása és elfogadása.

A Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya — az osztályelnök és munkatársai által szerkesztett —, „Természeti erőforrásaink kutatása és feltárása" c. tervtanulmányban összefoglalt tennivalókat fogadta el időszerű tudományos kutatási célkitűzésként. A tervezetet az Akadémia elnöksége kutatási főirányként hagyta jóvá, majd az Akadémia főtitkára a Központi Földtani Hivatalt kérte fel a kutatási feladatok koordinálására.

A kutatási főirány legfontosabb célkitűzései a következők:

1. Az ország földtani felépítésének, alapvető szerkezeti és földtani kifejlődési törvényszerűségeinek átfogó vizsgálata.
2. A magyarországi földkéregben foglalt fluid bázisok rendszerének és a hazai szénhidrogén-lelőhelyek elhelyezkedési törvényszerűségeinek vizsgálata, valamint a bányászati kihozatal növelését biztosító eljárások kialakítása.
3. Az ország ásványi nyersanyagai felhasználásának geoökonómiai tényezői, a természeti és gazdasági egyensúly megbomlásának vizsgálata.

A Központi Földtani Hivatal az ország ásványi nyersanyaghelyzetének és szükségleteinek ismeretében, a tudományos testületek elgondolásait figyelembe véve, a kutatási főirány megvalósítására és továbbfejlesztésére törekszik. Gyakorlati szempontból a földtani tudományos vizsgálatokat néhány országos jelentőségű tárgykör szerint csoportosítja, ill. szervezi. *Ezek közül három különösen nagy jelentőségű témakört helyez előtérbe. Ezek a szénhidrogénkutatás-, a bauxitkutatás- és az építőipari ásványi nyersanyagok kutatásával és ipari feldolgozásával kapcsolatos tudományos vizsgálatok.*

Ezúttal — a hazai bauxitföldtan történeti kialakulásának felvázolásával és a bauxitkutatás időszerű elvi — módszertani és gyakorlati kérdéseinek áttekintésével, tudományos helyzetkép felvázolására törekszem.

Az alumínium a világgazdaság modern és nélkülözhetetlen fémeinek sorába tartozik. Földkéregbeli gyakorisága igen jelentős; mintegy 8%, — gazdaságosan feldolgozható ásványi nyersanyaga azonban jelenleg alapvetően csak a bauxit. *A világ bauxittermelése* évi kb. 55—60 millió t. (A fém-alumínium előállítása 1972-ben meghaladta a 10 millió t-t.) *A bauxitkészletek publikált adatai* a termelési számoknál jóval bizonytalanabbak, — nagymértékben befolyásolják az üzleti-kereskedelmi meggondolások, amint erre számos példát lehetne felhozni a hazai bauxit felszabadulás előtti becsült készleteinek nagyságát illetően is. Igen figyelemreméltó körülmény az alumíniumipar kiemelkedően gyors fejlődési üteme. A századfordulót követő háromnegyed évszázad termelési adatait figyelembe véve, a világ alumíniumtermelése 10 évenként megkétszereződött. A továbbiakban is jelentős igénynövekedést feltételezve, a jelenleg ismert, mintegy 6 milliárd t bauxitvagyon, és a kutatással még feltárhatónak becsült további mintegy 10—15 milliárd t reménybeli bauxitmennyiség kb. 70—100 évre elegendő a termelési igények kielégítésére. Földünk ismert és reménybeli bauxitkészletei azonban rendkívül egyenetlen területi eloszlásúak és aránytalanul kis részük esik a szocialista országok területére. Ez tette szükségessé, hogy a Szovjetunióban alacsony modulusú bauxitfajtákat és nefelinszienitet is feldolgoznak ipari méretekben.

A hazai bauxitföldtan kezdete a századfordulóig nyúlik vissza. Története során lényegében három időszak különül el egymástól:

— az első felfedezések időszaka —, amely a századfordulótól az első világháború végéig tartott,
— a két világháború közötti, egyenetlen kapitalista ipari fejlődés, és a bauxitföldtani tudományos alapozás időszaka,
— végül a felszabadulást követő rendszeres kutatás és nagyarányú iparfejlesztés időszaka.

Bauxittelepeink felfedezését és a hazai bauxitföldtan kialakulását megelőző időszak csendjét Szabó József kiváló ásványtanának 1893-ban megjelent IV. kiadásában, a 416. oldalon található „bauxit" címszó rövid szövegével jellemezhetjük:

„Alumíniumhidroxid. Héjas gömbök, szemek. Vaskos, oolitos, földes, hasonló az agyaghoz. K : 2.5. Fehéres, szürkés, okkersárga, barna, veres. Lényegesen $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$, Al_2O_3 52,0-, Fe_2O_3 27,6-, H_2O 20,4%. Franciaország, Arles mellett (Béaux) mészkőben. A tiszta féleségeket alumíniumgyártásra használják." A magyarországi utalások ekkor még teljesen hiányoznak.

Tíz évvel később a nagybányai vegyelemző hivatal, a Remecz környékéről beküldött ásványmintákat alacsony vastartalmú és magas timföldtartalmú bauxitnak határozta meg. Két évvel később, 1905-ben jelent meg Szádeczky Gyula: „A Bihar hegység alumíniumérceiről" c. munkája, majd 1906-ban Mikó Béla: „A Magyarországon eddig talált alumíniumércekről" c. tanulmánya. Szontagh Tamás 1916-ban publikált: „Geológiai felvétel Biharrosa, Bihardobrosd és Vércsorog között" c. munkájában találunk először elemzési adatokat egy, a Dunántúli-középhegység területéről származó bauxitmintáról is.

A középhegységi bauxittelepek kutatása és feltárása az első világháborút követően került előtérbe. Az első publikációk 1922-ből Telegdi-Roth Károlytól és 1923-ból György Alberttől származnak. Telegdi elsősorban a gánti bauxittelepekkel foglalkozott, de érintőlegesen egyéb középhegységi lelőhelyeket is megemlített, — György pedig a Halimba környéki bauxitterületet ismertette, tehát azonnal a két legfontosabb bauxitlelőhely került a tudományos és gyakorlati érdeklődés középpontjába.

A bauxittelepeket, a fedő rétegsor részeként az eocén emeletbe sorolták. A bauxit alapanyagát a Középhegység hátterét alkotó szilikátos kőzetek laterites mállási termékének tekintették, amely szél általi szállítás útján került a jelenlegi helyére.

A lázas ütemű lelőhelykutatás, kiváló szakemberek bevonásával, viszonylag rövid idő alatt szinte valamennyi hazai bauxitterület megismeréséhez vezetett. Sorra fedezték fel a halimbai, szőci, gánti, nagyegyházai, dudari, eplényi, kislődi, városlődi, nagyharsányi, nyírádi, alsóperei, iszkaszentgyörgyi, sümegi, nézsai, óbaroki és a Vázsony-puszta környéki bauxitterületeket. A kutatás elsősorban a felszíni kibúvások közelében folyt, így a fedett-rejtett típusú telepek ekkor még feltáratlanok maradtak.

A bauxitföldtani tudományos megismerés is igen jelentős lépésekkel haladt előre:

— megközelítő pontossággal tisztázták a bauxittelepeket fedő, és a fekvőjükben települő képződmények rétegtani helyzetét,
— a bauxittelepek korát alapvetően a fedő képződmények figyelembevételével határozták meg: a júra és a kréta időszak határán-, a barrémi-, illetve a turon-szenon-, valamint az eocén emeletben keletkezett bauxittelepeket különböztettek meg,
— a bauxitkeletkezés kérdésében a laterit és a terra-rossa elmélet állottak előtérben,
— meghatározták a feltárt bauxittelepek kőzettani és teleptani felépítését, számos kémiai elemzést végeztek, és megkezdték a bauxittelepek ásványtani vizsgálatát.

VADÁSZ ELEMÉR 1946-ban kiadott „A magyar bauxitelőfordulások földtani alkata" c. korszakzáró munkája kiváló kritikai összefoglalása a második időszak eredményeinek.

A harmadik időszak a MASZOBAL (Magyar—Szovjet Bauxit-Alumínium RT.) megalakulásával, a földtani kutatás területén érdemlegesen a Bauxitkutató Expedíció megszervezésével és a reménybeli területekre kiterjedő széles körű, részletes földtani térképezéssel kezdődött. Kiemelkedő eredménye ennek az akciónak ifjabb NOSZKY JENŐ rendkívül lelkiismeretes munkával megszerkesztett részletes földtani térképsorozata. A közvetlen gyakorlati célú kutatások területén nagy előrelépést jelentett a szovjet előírások bevezetése, amelynek eredményeképpen:

— kialakult a kutatómunka fázisokra bontott tervezése és szervezése,
— a kutatások adatait rendszeresen és egységesen dokumentálták,
— az egyes kutatási fázisok befejezésekor földtani és műszaki-gazdasági összefoglaló—értékelő jelentéseket szerkesztettek.

1954-ben a MASZOBAL magyar ipari vertikummá alakult és a Bauxitkutató Expedícióból Bauxitkutató Vállalat lett, amely a kezdeti lendület folytatója és kiteljesítője.

A rendszeres és nagyarányú kutatómunkához, kiváló bauxit szakembereink kezdeményezése és kitartó munkájuk eredményeként korszerű, új vizsgálati irányok kapcsolódtak:

— kiemelkedő jelentőségű ezek sorából BÁRDOSSY GYÖRGY „A magyar bauxit geokémiai vizsgálata" c. munkája. A bauxit fő alkotóelemeinek nagyszámú vizsgálati adatra támaszkodó statisztikai analíziséből fontos következtetéseket vont le a bauxit keletkezésének geokémiai fejlődésmenetére, és a bauxittelepekkel kapcsolatos elemkoncentráció térbeli törvényszerűségeire vonatkozóan. Munkássága követőkre talált és jelenleg is tovább fejlődik.

Új színt jelentett a bauxitföldtan területén a szerkezetföldtani elemzés

bevezetése. SZANTNER FERENC és SZABÓ ELEMÉR vizsgálat tárgyává tették a bauxitfelhalmozódást elősegítő, a telepek fennmaradását biztosító és a lepusztulásukat okozó szerkezetalakulási folyamatokat.

A Szerző krétaidőszaki rétegtani és ősföldrajzi vizsgálatai nemcsak a bauxittelepek korbesorolását tette pontosabbá, hanem új alapokra helyezte a magyarországi kréta paleogeográfiai és szerkezetfejlődési viszonyaira vonatkozó ismereteinket. A tengerelöntések és a szárazulattá-válások korábban általános jellegűnek tartott magyarázata helyett, egyidejű szárazulati és tengeri fáciesövek létezését mutatta ki.

A részletes földtani térképezés napjainkban is folytatódik, és a bauxitkutatás klasszikus területeiről egyre inkább a fiatal üledékekkel borított peremi területekre terjed. Jelentős eredményekhez vezet a komplex geofizikai térképezési módszer alkalmazása a mezozóos aljzat pontos felderítése révén, mert a kutatófúrások telepítésének hatékonyságát és ezáltal a kutatás gazdaságosságát növeli. Az anyagvizsgálat korszerű fejlődését jelzi az elektronmikroszonda világviszonylatban első alkalmazása a bauxitvizsgálatok terén, valamint a neutronaktivációs módszer bevezetése és hazai automatizált mérőműszer kialakítása.

Az egyedülállóan megvalósított aktív vízszintsüllyesztés széles körű hidrogeológiai vizsgálatokra támaszkodik. A bauxitbányászat területén megvalósított percenkénti 310 m^3 vízemelés és a 180 m legnagyobb elért vízszintsüllyesztés igen figyelemreméltó műszaki teljesítmény. A bányaterületeken kiépített vízmegfigyelő hálózat jellegzetes példája a megbontott természetes egyensúly tanulmányozásának.

Az elmúlt két évtizedben a magyar bauxitföldtani kutatás jelentős nemzetközi tekintélyre tett szert. Számos országban magyar szakemberek közreműködésével végeztek, ill. végeznek bauxitkutatást. Ugyanakkor tekintélyes tőkés vállalatok hazánkban rendelnek meg bauxit ásvány-kőzettani és technológiai vizsgálatokat. Szakembereink aktív kezdeményezői voltak az ICSOBA létrejöttének, amely 1969-ben Budapesten tartotta második nemzetközi kongresszusát. Figyelemreméltó sikere volt a Magyar Állami Földtani Intézet centenáriuma alkalmából rendezett Nemzetközi Bauxitföldtani Konferenciának.

Mindezek után megkísérelem röviden összefoglalni, hogyan látom a bauxit-rétegtan alapvető kérdéseit, — természetesen számos magától értetődő megállapítás elhagyásával.

Mindenekelőtt a bauxitot, mint földkéregalkotó építőelemet szeretném jellemezni. Nyilvánvaló kőzetjellegén túl meg kell határozni, milyen litosztratigrafiai kategóriába sorolható? Célszerű állást foglalni abban, hogy formációnak minősül-e a bauxit a korszerű rétegtani értelmezés alapján? Genetikai értelemben valamely földtani ciklus meghatározott szerkezetfejlődési szakaszához kapcsolódó ún. legnagyobb földtani fáciesnek tekinthető-e?

Úgy gondolom, hogy a feltett kérdésekre igennel lehet válaszolni,

A bauxit, földtani ciklusok szárazföldi szakaszához kapcsolódó és meghatározott paleoklimatológiai, paleomorfológiai, paleogeológiai és szerkezetfejlődési feltételektől függő földtani fácies. Ezek a tényezők konkrétan a következők:

— időszakos esőkkel jellemzett trópusi-szubtrópusi klíma;
— tönkösen lepusztuló sziallitos térszín, amelyhez karsztbauxitok esetében a szárnyakon lapos lejtésű, karbonátos térszín, majd a talajvízszint, ill. tengerszint alatti üledékgyűjtő kapcsolódik;
— a szerkezetalakulás epirogén, ill. gyenge szinorogén jellegű, az idős, fennmaradt bauxittelepek esetében ingressziós tengerelőrenyomulással, amely a bauxittelepek megmaradása szempontjából nélkülözhetetlenül fontos tényező.

Az alsó krétától az alsó eocénig terjedő időszak bauxitföldtani viszonyairól a következő lényeges megállapításokat tehetjük:

Magyarországon a neokom folyamán három tengerrel borított területet ismerünk:

— északon: a Gerecse-hegység—Tatabányai-medence—Dorogi-medence területét, amely észak-alpi—kárpáti kapcsolatokat képvisel;
— a Délnyugat Dunántúlon: a Déli Alpoktól, a Zalai- medencén keresztül, Zirc környékéig húzódó tengerelöntés területét;
— és végül a Mecsek hegységi—alföldi—erdélyi üledékgyűjtő területet.

Ezekhez semmiféle bauxitnyom nem kapcsolódik. A valangini és a hauterivi emeletben a klíma sem volt a legkedvezőbb a bauxit keletkezése szempontjából, alapvetően azonban az üledékképződés folyamatossága, ill. rendkívül rövid idejű megszakítottsága, valamint a júrához viszonyított regressziós jelleg lehetett a legfőbb akadálya a bauxitképződésnek.

Legidősebb bauxittelepeink a Villányi-hegységben, Nagyharsány területén találhatók. Keletkezésük idejét a fedő tengeri mészkövet közvetlenül megelőzően a hauterivi-barrémi emelet határára tehetjük. Paleogeográfiai helyzetük kitűnő példa az üledékgyűjtő közelében elhelyezkedő, karsztvízszint feletti, keskeny bauxitképződési fáciesövre. A viszonylag csekély rétegtani hézag, a bauxit ásványtani és teleptani jellegei az erdélyi és az isztriai—dinári teleptípushoz kapcsolják.

A Bakony hegységi — legújabb rétegtani besorolásunk szerint albai kori — munieriás agyag fedővel rendelkező bauxittelepek —, a középhegységi szinklinórium tengelyének, bauxitképződés szempontjából kedvezőtlen területén túlterjedő, albai ingresszió hatására jöttek létre.

Alárendelt szerepük a kedvező paleogeográfiai és szerkezetfejlődési viszonyok ellenére, a karsztos területre átterjedő ingresszió korlátozottságával magyarázható.

A szenon tengerelöntést megelőző fejlődéstörténet a Bakony hegység területén, új ősföldrajzi viszonyokat hozott létre. Bauxitföldtani szempontból a kedvező klimatikus és geomorfológiai adottságokon kívül, a karsztosodott

triász aljzatra történt nagyobb arányú tengerelőnyomulás volt döntő szerepű. Ennek következtében a szenon fedőjű bauxittelepek szélesebb sávot alkotnak és nagyobb gyakorlati jelentőségűek.

Végül a larámi hegységképződés sem szüntette meg a bauxitképződés kedvező feltételeit a középhegységben. Így az alsó eocén folyamán a most már erősen tagolttá vált karsztos térszínen fokozatosan transzgredáló eocén tenger szinte areálisan fedett be nagyszámú és ipari szempontból is jelentős bauxittelepet.

A gömöri karszton a bauxittelepek hiányát, a területen található, jóminőségű bauxitkavicsok figyelembevételével utólagos lepusztulással magyarázhatjuk.

Lezárhatónak tartjuk a terra-rossa, ill. a laterites bauxitkeletkezés kizárólagosságára irányuló vitákat. Kedvező feltételek esetén, a sziallitos háttér mállási termékeinek deszilifikációján kívül, a karbonátos kőzetek Al-tartalmú mállásterméke is hozzájárult a bauxittelepek felépítéséhez.

Figyelemreméltó eredményre jutott BÁRDOSSY GYÖRGY a bauxit mikromorfológiai vizsgálata révén. Megállapítása szerint, bauxitfajtáink túlnyomó része mikrotörmelékes jellegű. Ezáltal egy szinte állandó áthalmozódást képviselő földtani képződmény áll előttünk, amelynek vándorlását csak a fedő rétegsor lerakódása állította meg.

Előadásomban röviden bauxitvagyonunk gazdasági értékelésének tudományos színvonalra emelkedett hazai gyakorlatára, és a bauxit ipari-kereskedelmi értékét befolyásoló, néhány ásvány-kőzettani-geokémiai tényezőre is kitérek. Tudományos alapozottságú vizsgálatuk a hazai nyersanyagbázis optimális hasznosításának biztosítása, valamint iparfejlesztési és külkereskedelmi döntések megalapozása érdekében alapvető fontosságú.

Bauxittelepeink ipari és kereskedelmi értékét az adott társadalmi-gazdasági szükségletek, valamint az alkalmazott és a bevezethető feldolgozási technológiák figyelembevételével, alapvetően azok ásvány-kőzettani és teleptani felépítése határozza meg. Az ipari minőség jellemzésére napjainkig az Al_2O_3 és a SiO_2 arányát jelentő modulust és az Al_2O_3—$2SiO_2$ értékkel kifejezett bázisegyenértékeket használják.

A gazdaságosan feldolgozható ércminőség alsó határát az import timföld kereskedelmi értéke és a hazai bázison előállítható timföld maximális, együttes előállítási költsége szabja meg.

A modulus-, ill. a bázisegyenérték ma is alapvető, de korántsem teljes jellemzője az ércminőségnek. Rajtuk kívül még számos egyéb tényező motiválja a bauxit ipari felhasználási értékét. Ezeket a tényezőket csak a teljes kémiai összetétel, valamint a korszerű ásványi és kőzetszövettani elemzések útján lehet meghatározni. Ezek eredményeinek együttes figyelembevétele ad lehetőséget az ipari érték pontosabb megállapítására, — ami visszahat a műrevalósági határ megállapítására is.

A kémiai összetétel fő vonásokban rámutat azokra a problémákra, amelyek a feldolgozás során többletköltséget, vagy a kinyerhetőség szempontjából veszteséget okoznak. *Ezen belül azonban pontosabb képet akkor kapunk, ha az alkotók ásványtani megjelenését, azok méreteit és kapcsolatait is felderítjük.* Ma már jól ismertek azok a műszaki problémák és gazdasági értékkülönbségek, amelyeket az alumínium és az SiO_2-tartalom eltérő ásványtani megjelenése okoz. Figyelmet érdemlő veszteséget eredményez a goethitben lekötött Al-tartalom. Többlet vegyszer igényt, és ezzel többlet költséget jelentenek a bauxitban levő karbonátos, szulfidos és Ti-tartalmú vegyületek. A jelentkező veszteség szempontjából nem közömbös az sem, hogy a szulfid piritként vagy markazitként, a titán rutilként vagy anatázként van jelen. A Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai Laboratóriuma és a Fémipari Kutató Intézet együttesen olyan ásványtani vizsgálati módszert dolgozott ki, amellyel a bauxitásvány komponenseinek mennyiségét 0,1%-os pontossággal lehet meghatározni.

Sokáig elhanyagolták a morfológiai tényezők jelentőségét. Az ásványok reakcióképességét — a kémiai összetétel mellett —, azok diszperzitásfoka, az ásványszemcsék fajlagos felülete és a porozitáseloszlás döntően befolyásolják. A finom dolomitszemcsék által okozott technológiai nehézségek példázzák ennek egyik konkrét megjelenési formáját.

A morfológiai viszonyok vizsgálata azért is jelentős, mert alapvetően befolyásolja a bauxit nemesíthetőségét —, minőségének ércelőkészítési módszerekkel történő javítását. Bár ezen a téren kutatóintézeteinkben, laboratóriumi körülmények között, egyes esetekben figyelemreméltó eredményeket értek el —, ipari feltételek között megvalósítható, gazdaságos eljárást eddig nem sikerült kidolgozni. Ezt alapvetően a hazai bauxitfajták ásványtani diszperzitásának magas foka és az alkotóelemk fajlagos fizikai tulajdonságainak csekély különbsége akadályozza meg. Jelen körülmények között járhatóbb útnak tűnik a gyengébb minőségű ércek feldolgozására alkalmas timföldgyártási technológiák bevezetése, és ezzel biztosítani a nagymennyiségű, gyenge minőségű hazai ásványvagyon gazdaságos feldolgozását. Nagyjelentőségű, komplex kutatási feladat a hazai bauxitvagyon természetes település szerinti minőségi megoszlásának, a hazai timföldgyártás technológiai fejlesztésének, az esetleges minőségjavító bauxitimportnak és a bányászati ütemezésnek az optimalizációja.

Nem elhanyagolható tényezője bauxitvagyonunk anyagi összetételének a ritkafém-tartalom:

— a könnyű ritkafémek közül a Li-tartalom a klark érték 20—25-szöröse;

— a nagy olvadáspontú ritkafémek közül a Ti a bauxit egyik fő komponensének tekinthető, mivel átlagos koncentrációja 2,2—3,2%. A Mo, Nb, V, Zr dúsulása a klark értékhez viszonyítva 16-, 7,7-, 4,4- és 1,7-szeres.

— a szórványelemek csoportjából a Ga átlagos mennyisége 2—5-szöröse a klark értéknek;
— a ritkaföldfémek mindegyike megtalálható a bauxitban, együttes koncentrációjuk 0,1% nagyságrendű;
— a radioaktív elemek közül a U és Th található a bauxitban, dúsulásuk a klark érték 5—10-szerese, azaz 30—50 g/t koncentráció.

A Magyarországon jelenleg alkalmazott BAYER-technológia körfolyamataiban a Li, V, Mo és Ga dúsul fel, és válik elvileg kinyerhetővé. A Ti, Zr, Nb, Sc, La, Th a feltárás során nem oldódik és koncentrációjuk legfeljebb kétszeresre növekszik a vörösiszapban. Kinyerésük csak a vörösiszap komplex feldolgozása révén válna lehetségessé. Világszerte, s így hazánkban is üzemszerűen a V és a Ga kinyerése folyik. 1972-ben a hazai Ga-termelés 662 kg, a V-termelés 250 tonna volt. Ez egyben azt jelenti, hogy az összes kinyerhető Ga-nak kb. 2,5%-át, a vanádiumnak pedig kb. 10%-át realizáljuk termékek formájában.

Az elmondottak, úgy gondolom, meggyőzően igazolják, milyen nagy jelentősége van a bauxitkutatás keretében végzett rendszeres, széles körű és korszerű anyagvizsgálatnak. Hazai műszerbázison lehetőség van ennek részbeni automatizálására is. A kutatási és vizsgálati adatok hatalmas mennyisége és a gyakorlat által rendszeresen megkívánt gazdasági-műszaki értékelések nélkülözhetetlenné teszik a számítógépi adattárolást és adatfeldolgozást. Már évekkel ezelőtt történtek ilyen irányú kísérletek, és folyamatban van a számítógépesítés átfogó és rendszeres alkalmazásának bevezetése.

A további kutatási feladatok összefoglalására rátérve, az azokat meghatározó népgazdasági szükségletek, a közelmúltban elvégzett elemzések és állásfoglalások alapján világosan körvonalazhatók:

— hosszú távon biztosítani kell a magyar—szovjet timföld-alumíniumegyezmény gazdaságosan kiaknázható hazai nyersanyagbázisát;
— ki kell dolgozni, majd gyakorlatilag meg kell valósítani a hazai bauxitvagyon, a bányászati kiaknázás és a timföldgyári feldolgozás hosszútávú optimalizációját;
— ásványvagyon-védelmi szempontból: a feldolgozási technológia célszerű megválasztásával, a bauxitnemesítési eljárások kidolgozásával — ideértve a minőségjavító bauxitimport igénybevételét is —, törekedni kell bauxitvagyonunk *minél teljesebb* gazdasági hasznosítására.

A népgazdasági célkitűzések ismeretében — a bauxitkutatások összes eddigi eredményeire és tudományosan értékelt történeti tapasztalataira támaszkodva kijelölhetők a legfontosabb *földtani kutatási feladatok:*

Ezek közül első helyen áll a területi konkrét bauxitprognózis, és ennek alapján átfogó felderítő bauxitkutatási program kidolgozása. Kulcsfontosságú kérdések ezen belül:

— bauxittelepeink ősföldrajzi és szerkezetföldtani meghatározottsága;

— a bauxittelepek eredeti felhalmozódásának, többszintű megjelenésének és az utólagos lepusztulás regionális hatásainak megítélése;
— a fedett—rejtett bauxittelepek, illetve területek perspektivitásának kérdése.

A timföldgyári feldolgozás hatékonyságának növelése, a felmerült problémák megoldása és a vörösiszap komplex hasznosítása érdekében folytatni kell a bauxit rendszeres és korszerű ásvány-kőzettani—geokémiai—mikromorfológiai vizsgálatát.

Kívánatos a vizsgálatoknak a kutatófúrásoknál kezdődő és az alapkutatásokig terjedő rendszeres, egységes és összehangolt megvalósítása és további korszerű vizsgálati irányok bevezetése.

Kiemelkedő fontosságúak a bauxitvagyon, a bányászati ütemezés és a timföldgyártási technológiai eljárások optimumát megalapozó komplex műszaki-gazdasági vizsgálatok. A természeti paraméterek milliós nagyságrendű adattömegéhez visszanyuló számítások, változó igények és feltételek szerinti —, több variációs megoldása nélkülözhetetlenné teszi a számítógépes eljárások bevezetését és alkalmazását.

Befejezésül mégegyszer szeretném kiemelni, hogy előadásomat az egyidejű népgazdasági szintű elemzések és döntések földtani vonatkozású tudománypolitikai vetületének szántam. Az idevágó kutatások gyorsítását kormányszervek határozata sürgeti. Konkrét formába öntésük a kutató, kutatásirányító és szaktársadalmi véleményalkotó szervek feladata. Az V. ötéves terv előtérben álló megalapozása is növeli a témával való beható foglalkozás időszerűségét. A Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának közgyűlési rendezvénye és hasonló tárgyú vitaülések szervezése jelentős fórumai lehetnek a gyakorlati célkitűzéseket elősegítő tudományos vizsgálatok pontosabb és célszerűbb megfogalmazásának, továbbfejlesztésének. Elvi-módszertani és konkrét földtani kérdésekről folytatott széles körű alkotó vitákra van szükség a kutatások végrehajtóival és a kutatási eredményekben érdekeltek aktív részvételével. Távlati tudományos kutatási tervünk egyik fő fejezete — megítélésem szerint — ilyen módon realizálhatja eredményesen a tudománypolitikai irányelvek alapvető célkitűzéseit.

A NEMZETKÖZI GEODINAMIKAI TERV JELEN ÁLLÁSÁRÓL

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

A Nemzetközi Geodinamikai Terv jelenleg a világ egyik legnagyobb konkrét nemzetközi tudományos együttműködése.

1. Előzetes nemzeti tervek

Az Inter Union Commission on Geodynamics 3. kiadványában (1972. júl.) megjelent a 10 munkabizottság, és akkor már 31 ország — köztük hazánk, az USSR, Lengyelország, Ausztria, Svájc, a két német köztársaság, Franciaország, UK (Anglia), USA, Kanada, Japán — nemzeti programja. A nemzeti és a munkabizottságok a problematika horizontális és vertikális felosztásait jelzik. A földtudományi szervezés számára is tanulságos ezek összehasonlítása. A következőkben a regionális különbségeket inkább feltüntető nemzeti bizottsági programokat jellemezzük és szólunk már egyes konkrét eredményekről is.

A geodinamikai nemzetközi program az előző tervekhez, pl. az UMP-hez képest, feltűnően megnövelte a földtudományi kutatás szervezési és témakörét. A tervek többségében kimondottan vagy közvetve kiviláglóan a lemeztektonika szempontjai uralkodnak, és — korszerű kutatást tükrözve — módszereikben is hasonlítanak egymáshoz. A kiindulás természetesen minden nemzeti tervben a saját terület, ill. annak egyes jellemző részei, részletes földtani-geofizikai vizsgálata, valamint összehasonlítása a szomszédos területekkel, gyakran geotraverzek útján. A nagy tengeri nemzetek a világóceán, ill. a Földközi-tenger egyes részeinek kutatására is kiterjeszkedni kívánnak, így Japán a Ny-Pacifikumra, Franciaország a Mediterraneum nagy részére, az Atlanti óceánban az Azorok vidékére, a délpacifikus szigetekre, az Indiai óceánban Kerguelen vidékére, a szárazföldön pedig az É-afrikai vonulatokra és a K-afrikai Afar vidéki hármas pontra. A legnagyobb óceánkutatást az USA tervezi, nemzetközi együttműködésben.

A földkéreg komplex regionális vizsgálatában a kronológiai szempont lép előtérbe. Különösen az orogén övekben a kőzetmetamorfózis, a magmaképz-

ződés és gyakran külön az ofiolitos magmatizmus vizsgálatát — a franciáknál fluid zárványvizsgálatokkal korrelálva — is rendszerint célul tűzték. A tektonofizikai tervekhez többnyire a recens kéregmozgások részben asztronómiai módszerekkel való vizsgálatához a Szovjetunióban tektonofizikai modellek is kapcsolódnak. A csatlakozó reológiai vizsgálatok nagyrészben nagynyomású-magashőmérsékletű kísérletekből indulnak ki. A francia terv a köpeny-konvenciók rendszerezésére is kiterjed. A Szovjetunió tervében az elemek geokémiai eloszlásának és izotópos vizsgálatának az idő függvényében való rendszerezése is szerepel. Az üledékes fáciesek vizsgálatára az angol (UK) és magyarországi terv helyez kiemelt súlyt.

Sokszínűek a geotermikus vizsgálat tervei (hőfluxus-mérés, regionális hőeloszlás meghatározása, azaz „geotermikus regionalizáció", ásványok-kőzetek termikus paramétereinek meghatározása részben nagynyomású és nagyhőmérsékletű kísérleti vizsgálatokkal). A szeizmikus szelvények kidolgozásához a Szovjetunió az ipari robbantások rendszeres felhasználását is programozza. Rendszeresen ismétlődik a mágneses anomáliák, ill. a magneto-aktív tömegek vizsgálata, ezeknek a gravitációs és szeizmikus anomáliákkal való kapcsolása. Több tervben megjelenik a földi mágneses erőtér szekuláris változásának meghatározása paleomágneses eljárással, a mágneses átcsapások és a pólusvándorlások konkrét mérésének és az átcsapások elméletének, az UK-nál a földmag magneto-hidrodinamikus hatásának tanulmányozása. A gravitációs inverziók szeizmikus és elektromos kimutatására többek közt a NDK helyez súlyt. A gravimetrikus hordozható készülékek alkalmazásának tervezése is gyakori. A rövid és hosszú periódusú geodinamikai folyamatok kapcsolatának rendszerezését Kanada iktatta tervébe. A belgák terve kitűnik a gravimetrikus és árapály jelenségek finom műszeres vizsgálatával, az erre vonatkozó európai mérési szelvények megszervezésével, továbbá a földforgás optikai és radioelektromos vizsgálatának és az időmérésnek igen finom módszereivel, programozásával. (E kérdéseket a BARTA GYÖRGY vezetésével működő 6. munkacsoport budapesti ülésén [1973 őszén] már pontosabban is kifejtették.) Ugyancsak a belga tervben szerepel DNy-Norvégia prekambriumi nagymélységi eredetű anortozit-norit-mangerit-granulit kőzettársulás mélykéregkénti értelmezésének szeizmikus ellenőrzése.

2. *Részletes USA terv*

Mindez az 1972-ben körvonalazott előzetes tervek anyaga. Ezeken túlmenő újabb és részletes munkaprogramot is publikált az USA egy számos ábrával alátámasztott, csaknem 240 oldalas könyvben („US Program for Geodynamics Project, Scope and Subjectes", a National Acad. of Sciences kiadása; Washington, 1973). A részletes tervet a bizottsági tagokon kívül, mintegy 270 szakember bevonásával, 14 munkacsoport útján dolgozták ki. Az USA nem-

zeti bizottság elnöke C. L. DRAKE, az egész Nemzeti Geodinamikai Bizottság Buro-jának elnöke is. A munkákban az állami szerveken kívül a földtudományi társulatokat és ipari vállalatok tudományos személyzetét is bekapcsolni kívánják.

Az 1972-ben 42 millió dollár évi állami szilárd-földkutatási költségvetést a konkrét geodinamikai terv 6 évére (1973—79) évi 59 millió dollárra szándékoznak felemelni. A terv értékes áttekintést ad a jelenleg legfejlettebb földtudományi kutatási lehetőségekről, és sok tekintetben példaszerű összegzést jelent. (Ezért megküldését hivatalosan a magyar nemzeti bizottság minden tagja számára kértem.)

E mű bevezetőül a tudományos forradalmat az egész tudománycsoportot érintő, hirtelen gyors előrehaladást biztosító, az érintett tudományágak gondolkodását összekapcsoló és a megfigyelési és kísérleti adatok új értelmezését lehetővé tevő, egyszerűsítő elméletként határozza meg és a lemeztektonikát ilyen tudományos forradalomnak minősíti. A lemeztektonika gyakorlati jelentőségét és társadalmi fontosságát a szénhidrogének, ércek és más hasznosítható ásványi anyagok számos lelőhelyének, valamint a termikus energiának a szűk lemeztektonikailag aktív határövekhez kötöttségében, másrészt eme — földrengésekkel, vulkáni tevékenységekkel és tsunamikkal jellemzett — övek veszélyességében látja a nukleáris reaktorok, olaj- és vízvezetékek, gátak, víztárolók, kórházak és közlekedési övezetek számára. (Meg kell említeni, hogy a földtudományi forradalom jelentősége ennél jóval szélesebb. Maga a lemeztektonika a szilárd Föld dinamikáján kívül a Föld külső fluid övezeteinek, sőt a társadalomnak történeti fejlődését is befolyásolja. De a földtudományi forradalom kialakulásában a lemeztektonikán kívül más tényezők, pl. az űrkutatás eredményei is lényeges szerepet játszottak, lásd Geonómia és Bányászat, 1972. p. 223.)

A részletes USA terv az általános lemeztektonikai áttekintés után 6 „új lehetőség", továbbá 7 speciális kérdés vizsgálatát tűzi ki nemzeti feladatul, a regionális kutatáson kívül. Az „új lehetőségek": 1. a kéreg és felsőköpeny finomabb szerkezetének szeizmikus meghatározása, kiindulásul nagy vibrátor segítségével; 2. a középatlanti küszöb részleteinek felkutatása (francia közreműködéssel); 3. a mélységi kőzetek 25—400 kbar tartománybeli rugalmas és nem rugalmas sajátságainak nagynyomású kísérleti vizsgálata nagyköbtartalmú mintákkal és szuperszónikus, ill. rengéstechnikai mérésekkel; 4. a magma kémiai differenciációjának kísérleti vizsgálata az izotópos összetétel-változások tanulmányozásával, részben az ionpróba metodikával; 5. geodinamikai elméleti, kísérleti és analóg modellek kidolgozása a Föld belsejében történő anyagcirkuláció meghatározására; 6. tudományos mélyfúrások az óceánokban és szárazföldön, kooperálva a Szovjetunióval, Japánnal, Kanadával, Angliával, Franciaországgal, Ny-Németországgal. Speciális kérdések: 1. a geomágneses átfordulások kronológiájának kiterjesztése legalább is a mezozoikumra; 2. a

paleozoikus pólushelyzetek meghatározása kontinentális kőzetek paleomágneses mérése útján; 3. a mágneses átfordulások kronológiájának finomszerkezete főleg a tengeri mágneses anomáliák és fúrásmagok mágnesezettségének vizsgálata alapján; 4. a lemezmozgások kapcsolata a planetáris mozgásokkal: a pólusvándorlással, Földforgással, precesszióval, árapály jelenségekkel; 5. a hőmérséklet eloszlása a kéregben és a köpenyben, hőfluxus mérések, mágneses és magnetotellurikus mélykutatás, valamint a kísérleti vizsgálatokkal korrelált kőzettani sajátságok segítségével; 6. a betolódó lemezek szerkezete és a betolódás dinamikája; 7. az asztenoszféra alakjának, vastagságának meghatározása ultrahosszú periódusú szeizmográfiai állomáshálózattal. A regionális feladatokat a terv az általános körvonalazás (lemezhatárok, lemezek belseje, geodinamikai szintézis) után gyakorlatilag a következőleg csoportosítja: 1. amerikai lemez; 2. szomszédos kisebb óceáni és szárazföldi lemezek és lemezszegélyek; 3. modellek kidolgozása a Föld mélyebben fekvő övezeteinek sajátságairól és folyamatairól szeizmológiai, gravitációs, geomágneses, hőáram és geodéziai megfigyelések, valamint laboratóriumi nagynyomású és hőmérsékletű, főleg olvadékokra vonatkozó mérések geológiai és geokémiai mérlegelése alapján; 4. a lemezhatárok, lemezszerkezetek, mai és régi lemezmozgások paleomágnesesség meghatározása túlhűtött magnetométerrel a JOSEPHSON kapcsolat alapján; 5. mélyfúrások; 6. adatok kicserélése és összefogása.

A regionális vizsgálatok terveit a vonatkozó ismeretek összefoglalását adó helyzetképek vezetik be. A magyar kutatás számára különösen érdekes a Kordillerák kiszélesedése a Kárpát-medencéhez hasonló szerkezetű Basin and Range, ill. a Colorado-plato vidékén. A terv vizsgálni kívánja, hogy ez a terület termális köpenydiapirként, hőfoltként (hot spot), vagy az É-amerikai lemez rácsúszásával jellemzett anomális radioaktivitású köpenyfeletti területként értelmezendő-e. (Az általunk a Pannon medencében kifejtettek — Acta Geol. Hung., X., p. 374, 1966. — alapján ezekben az esetekben feltehetően mindhárom tényező egymással kauzális összefüggésben együttesen működik. A Moesiai tábla rotációja és É-felé eltolódása a jelenlegi erdélyi medencei hot spot részletre való lemezrácsúszásként értelmezhető.)

Az USA részletes geodinamikai tervében tehát túlnyomóan geofizikai szemlélet érvényesül. Ez talán azzal áll összefüggésben, hogy a mai lemeztektonika alapeszméit tartalmazó század eleji európai földtani elgondolásokat — több mint félszázados geofizikai tagadás után — végül főleg éppen geofizikai mérésekkel igazolták. Ennek lehet a következménye, hogy a tervezetben — nagyvonalúsága ellenére — nem szerepel a lemeztektonikai mozgásrendszert elsősorban lehetővé tevő kenőanyag szerepének vizsgálata, továbbá az agyagásványok mélységbe illókat szállító működésének, valamint e működés légköri illókkal való kapcsolatának és paleoklimatológiai hatásának kérdése. Az illóanyagok vizsgálata az aktív vulkánok illóira korlátozódik. A lemeztektonikai mozgásmechanizmus megoldását a tervezet összefüggő nagy kőzet-

tömegek nem newtoni viszkózus mozgási egyenletrendszerének kidolgozása alapján reméli. A szublitoszferikus illórendszer tekintetbevétele nélkül teljesen megoldatlan kérdésként szerepel a betolódási övezetektől messze fekvő magmatizmus kapcsolata a lemeztektonikával, sőt részben az üledékes kőzetek betolódása is, holott az üledékek betolódása egyértelmű bizonyítékát jelenti az óceáni mélyfúrásos kutatás megállapítása, mely szerint a mai óceánok nem tartalmaznak többé juránál idősebb üledékeket. A kontinensek üledékes fácieseinek a régi lemeztektonikai szubdukciós mozgások kimutatásában is fontos vizsgálata ugyancsak háttérbe szorul a részletes tervben.

3. *Az első magyar „Contribution"*

E szempontok erőteljesebb érvényesülését elősegítheti a nemzetközi geodinamikai programhoz adott első magyar „Contribution" megjelenése, amelynek több dolgozata foglalkozik az illók sokoldalú és döntő jelentőségű geodinamikai-lemeztektonikai szerepével. Összefoglalja a MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának a Föld anyag- és energiaáramlásaira vonatkozó első 3 ankétján rögzített eredményeit (73 dolgozat, számos ábrával, 400 oldalon), amelyekkel a geodinamika nagyvonalú komplex kutatása világviszonylatban először, már a Nemzetközi Geodinamikai Program megalakulása előtt megindult. E munkálatok eredményeit folyóiratunkban nagyrészt közöltük.

4. *A japán kutatások*

A japán nemzeti bizottság is megkezdte az IGP munkálatokat és erről eddig 3 rövid Report-ot adott ki. Ezekből kitűnik, hogy e munkálatok végzésére az egyetemeken és a vele kapcsolatos szervezetekben a Japán Művelődésügyi Minisztérium 1972-ben 20 millió yent, a következő évben pedig ennek hétszeresét(!), 140 millió yent fordított, és külön alapokat kaptak a geodinamikai munkálatokra egyéb japán geográfiai, hidrográfiai, meteorológiai és geológiai intézmények is. A japán nemzeti bizottságon belül külön albizottság foglalkozik a japán részvétel szervezésével a különböző nemzetközi IGP munkálatokban. Albizottsága van a Ny-pacifikum mozgásmechanizmusa és szerkezete tanulmányozásának, amely eddig 9 óceáni kutatási szelvény felmérését irányította. Ennek során meghatározták a teljes mágneses erőt protonprecesszsiós magnetométerrel, a mikroföldrengéseket óceánfenéki szeizmométerekkel, újabb hőárammméréseket végeztek, és az óceánfenéki és tengerfenéki vulkánok (seamount) kőzetmintáit gyűjtötték. Céljaik közt az LVL az LQL meghatározása is szerepel. További albizottság a szigetívek mozgásait és szerkezetét kutatja, a tektonikai felépítés, neotektonika, az ofiolitos és egyéb magmatizmus, a metamorfózis, a paleomágnesesség és a paleozoikumot is magában foglaló geodinamikai előtörténet tanulmányozásával. Itt is nagy szerepe van a

víz alatti robbantásos szeizmológiának. Az 1973 októberére tervezett 4 tonnás robbantást 90 megfigyelőállomáson regisztrálják. A mélyfókuszú földrengések meghatározására érzékeny, rövid periódusú szeizmométereket alkalmaznak. Közölt eredmények közt szerepel hogy az új geodéziai mérések a régebbi triangulációs mérésekhez képest ÉK-Hokkaidó és Középső-Honshu területén jelentős kéregkontrakciót mutatnak, feltehetően a pacifikus lemez kompresszziójának hatásaként. A köpeny áramainak vizsgálatára alakult albizottság a Földbelső kőzeteinek fizikai sajátságait — elasztikus hullámsebesség kompreszszibilitás, rigiditás, termális vezetőképesség, termális kiterjedés és elektromos vezetőképesség — részben nagy nyomáson és hőmérsékleten mérik longitudinális ultraszónikus hullámsebességek és röntgendiffrakciók útján. A mangánszilikátok stabilitási viszonyait 300 kilobarig és kb. 1000°-ig vizsgálva ezeknek egyszerű oxidokra, MnO ásványokra és stishovitra szétesését állapították meg. Vizsgálták a köpeny fő ásványainak magnézium és ferroion eloszlását is.

5. *Perspektívák*

E perspektívák és eredmények szerint a Nemzetközi Geodinamika Program munkálatai a program befejezése időpontjáig (1979) elvezethetnek a Föld egésze fejlődéstörténete ismereteinek első valódi geonómiai közelítéséhez. Ehhez — többek közt az illók, ill. fluid övek szerepének és a Föld belső és külső övezetei kapcsolatainak vizsgálatával, a hazai földtudomány is lényeges hozzájárulást adhat.

BEVEZETŐ ZAMBÓ JÁNOS AKAD. RENDES TAG SZÉKFOGLALÓJÁHOZ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

Amikor az akadémiai székfoglaló előadásokat szokás szerint bevezetjük székfoglaló társunk munkásságának körvonalazásával, többek közt mintegy kísérletet teszünk annak elemzésére, hogyan érik el a különböző szakterületek tudósai a kutatói és tudományszervezői eredményeket. Természetesen nem lehet sémába foglalni azokat a nyilvánvalóan nagyon komplex adottságokat és utakat, amelyek a kiváló szakmai tevékenység és ugyanakkor a — virtuális vagy effektív — tudományszervezés és tudományirányítás eredményeihez vezetnek. Azonnal szembetűnnek azonban, hogy e sajátságok rendszerint igen ellentétes elemek szintéziséből tevődnek össze.

Különösen élesen példázza az ellentétes elemek dialektikus egységét Zambó János akadémikus személyisége. Egyfelől a koncentrálni tudás egy-egy kérdésre és az ezzel látszólag ellentétes odaadó figyelem igen különböző területekre, vagyis a széles alapozás mutatkozik meg mindenekelőtt abban, hogy Zambó János tudományos munkássága kiterjedt a geodézia és bányaméréstanra, az ettől távolabb álló kőzetmechanikára, majd fokozatosan a bányaművelésre, annak csaknem minden ágára, egészen a közgazdaság határáig.

A széles alapozás már valahol akkor kezdődött, amikor az első világháború nehéz éveiben egy Sopron megyei kis faluban (Hegykőn) született gyermek középiskolai tanulónak a közeli régi városi kultúrcentrumba, Sopronba került, majd az ottani nagyhírű főiskolán megszerezte a bányamérnöki oklevelet és aktív kutatásba kezdett a bányamérés és geodézia területén. Folytatódott az alapok szélesedése, amikor üzemi bányamérnökként az érc-, majd a szénbányászatban dolgozott, mélyrehatóan megismerve a klasszikus gyakorlati bányászat eme mindkét fő irányát. Az Ajkai Szénbányának már tudósként is ismert főmérnökét 1953-ban Miskolcra, a Bányaműveléstan Tanszékre nevezték ki. E funkciója során azután 16 éven át az egyetemi vezetés munkájában is nagy aktivitással és hozzáértéssel vette ki részét, mint dékán, majd rektor. Vezetése alatt a Miskolci Nehézipari Egyetem igen magas szintre emelkedett és hatalmasan kiépült.

Zambó János személyében így az üzemi gyakorlat, az elméleti kutatói

tevékenység és a tudományszervezés és vezetés egységének valóban frappáns példája valósul meg.

Az ilyen szintű kutatóra talán szükségképpen jellemző az a sajátságos realitásérzék is, amely egyrészt a szükséges és lehetséges, másrészt a lényeges és lényegtelen szelektálásban nyilvánul meg. ZAMBÓ JÁNOS felismerte, mikor érkezett el a lehetőség és szükség a magyar bányászat egész népgazdaságunk továbbfejlődésére döntő gazdaságossági kérdései kritikai átfogó elemzésére, az új korszerű bányatelepítési problematika megalapozására. Immár rendkívül széles tudása alapján e kérdésekre koncentrálva neki sikerült a bányászati telepítési elméletet olyan magaslatra emelnie, ami a gyakorlat számára is állandó és biztos útmutatást ad.

Egyedül ebben a problémakörben három könyve jelent meg. Eredményei világhírt szereztek számára. Tételeit a szovjet egyetemeken neve alatt tanítják és ott avatták díszdoktorrá is. Előzőleg hazánkban megszerezte a kandidátusi (1952), majd a műszaki tudományos doktori (1955) fokozatot. Akadémiánk levelező tagja lett 1961-ben és a múlt évi közgyűlés rendes tagul választotta meg. Munkásságát fémjelzi KOSSUTH-díja és ÁLLAMI-díja is.

Mindezt több mint 100 tudományos dolgozata és 6 könyve, valamint 100-nál több kérdésben részben egyedileg, részben irányítóan végzett szakértői munkássága alapozta meg. Egyetemi tanszékének szakoktatását is rendszeresen fejlesztette. A „Bányaműveléstan" c. könyve eddig 3 kiadást ért meg.

Munkásságának ez a taxatív felsorolása a magasszintű tudós egész további — ez esetben az akarati jegyek körébe sorolt — sajátságára hívja fel a figyelmet, az átütőerőig fokozódó kitartásra.

Konkrét tudományos eredményei a szakmájától távolabb állók számára is impresszívek és nyilvános ülésünk e szélesebb köre előtt is körvonalazásra alkalmasak. Figyeljék meg e felsorolandó néhány legfontosabb példán, hogyan vonul végig a gazdaságosság döntő gyakorlati szempontja ZAMBÓ akadémikus elméleti munkásságában.

A bányamérés területén a poligonok vektorális kiegyenlítésével foglalkozott, de vizsgálta a gazdaságos mérés elméleti alapjait is.

A kőzetmechanika terén sikerrel alkalmazta a formavisszaállító terhelés elvét, de foglalkozott a feszültségszegény övek gazdasági szerepével is.

A bányaszellőztetés tárgykörét többek közt a légszökés sokat vitatott problémájának tisztázásával vitte előre.

Már az előbb mondottakból is kitűnik, hogy úttörőek és iskolaalapítóak a bányatelepítés elmélete terén végzett munkái. Ennek kutatásával a kötött és szabad mozgás és mozgatás törvényei alapján elméletileg levezette a szabad és korlátos minimalizálás összefüggéseit. A vonatkozó kérdéseket együttesen meghatározhatókká tette a súlyozott távolságok minimum összegének általa felismert 3 törvénye segítségével. Ezeknek az elméleti vizsgálatoknak közvetlen gyakorlati alkalmazásaként kidolgozta a bányaüzemek fő paraméterei

optimalizálását, meghatározta a különböző költségfüggvényeket, levezette a kamatos amortizáció alapvető összefüggéseit és megvilágította a hazai ércbányák gazdaságossági kérdései komplexumát.

Mai ülésünk jelentőségét fokozza, hogy ZAMBÓ JÁNOS székfoglaló előadása tárgyát ebből a nagyfontosságú és a gyakorlatban igen széles körű felhasználásra kerülő témacsoportból választotta.

AZ ÁSVÁNYELŐFORDULÁSOK MŰREVALÓSÁGÁNAK ELVI ALAPJAI

ZAMBÓ JÁNOS
AKADÉMIKUS

A hasznosítható ásványok termelése a társadalmi igények kielégítésének egyik fontos alapja. Az igények kielégíthetők hazai forrásból, behozatal útján és a kettővel együtt.

Ha az igények egyaránt kielégíthetők hazai termeléssel és behozatallal is, akkor a hazai előfordulások műrevalósági határát egy fajlagos határköltség szabhatja meg, a behozott termék fajlagos költsége. Műrevalónak bizonyulnak azok az előfordulások, amelyeknek várható fajlagos reálköltsége a határköltségnél kedvezőbb.

Ha az igények úgy elégíthetők ki hazai forrásból, hogy az igénybe vett előfordulások reálköltsége rendre kedvezőbb az import adta határköltségnél, akkor az előfordulások rangsorolásáról van szó.

Ha az igény csak behozatallal elégíthető ki, akkor természetesen nem lehet szó műrevalóságról.

A fentiekből következik, hogy a határköltségnek lényeges szerepe van, és látszólag a kérdés egyszerű. Valójában összetett problémáról van szó, mert:

1. Mind a határköltség, mind a reálköltség az idő függvényében változik.
2. Az igények és a behozatali lehetőségek jövőbeli alakulásának becslése több-kevesebb bizonytalansággal terhelt.

Mind a határköltség, mind a reálköltség változásának több oka is lehet. Az igények nagymérvű növekedése egyben a költségek növekedését is jelentheti, a technológia fejlődése pedig a költségek csökkenését hozhatja magával. Természetesen lehetnek más, olyan előre nem látható tényezők is, amelyek mindkét költségre hatással lehetnek. A kérdés az, miképpen változik a két költség az idő függvényében?

Arra az időszakra, amelyben most élünk, jellemző, hogy a bányászati termékek iránti igény kereken másfél évtized alatt megkétszereződik. Ezt igazolják a sok helyen fellelhető világstatisztikai adatok, de erre utalnak az elkövetkezendő évekre vonatkozó tervek is. A kérdés az, hogy ez a tendencia milyen hosszú távra vetíthető előre?

* 1973. december 7-én elhangzott székfoglaló előadás rövidített szövege.

A másfél évtizedes kétszereződés évi 4,9%-os növekedést jelent az előző évhez viszonyítva. Ezek szerint ötven év múlva a mai igényeknek kereken tízszerese, száz év múlva már kereken százszorosa jelentkezne. A sort tovább folytatni nem is kell, belátható így is, hogy a ma érvényes növekedési kulcs az idő függvényében csökkenni fog. Az igények várható alakulását illetően többféle jóslással lehet találkozni, amelyek meglehetősen nagy szórást mutatnak. Az előrelátás megbízhatósága az idő függvényében csökken, többé-kevésbé elfogadható becslés csak egy-két évtizedre vonatkozhat. Elfogadhatónak lehet tartani egy olyan becslést, amely szerint az ásványi nyersanyagok iránti igény a századfordulóban a mainak két és félszerese lesz. Természetesen az igénynövekedés országonként szórást fog mutati, de szórás várható az egyes nyersanyagok szerint is.

Egyes fémektől eltekintve az igénynövekedés legnagyobb az energiahordozók területén. Elég csak arra gondolni, hogy a mostani növekedési ütem mellett a következő évtizedben több kőolajat kellene felszínre hozni, mint amennyit kezdettől fogva kitermeltek. Ennek ellenére a századfordulóig az energiaellátás területén különösebb problémák nem várhatók, arra azonban számítani lehet, hogy a hasadó anyagokat tartalmazó ércekből olyanokat is ki kell majd termelni, amelyeknek termelése ma nem gazdaságos.

A fúziós energia belépése csak a jövő századra várható. Nehéz lenne előre látni annak az időszaknak az energiagondjait, amely a kőolaj és földgáz termelésének hanyatlása és a fúziós energia elterjedése között lesz. Ebben a korban a kőszén reneszánsza is bekövetkezhet, mert az atomenergia egymagában aligha pótolhatja a hiányokat.

Az igények növekedése növelni fogja az energiaéhséget, különösen a szénhidrogének területén, de ez várható bizonyos fémek esetében is. A ki nem elégíthető igények növekedése a határköltség emelkedését vonja maga után. A kitermelés technológiai fejlődése elvileg csökkentheti a határköltséget, gyakorlatilag ez aligha lesz számottevő, mert a kielégíthetetlen igények hatása ennél lényegesen jobban fog érvényesülni. A technológia fejlődése a reálköltségben inkább jelenthet kedvező hatást.

Belátható időn belül alapvető technológiai változás a fémek termelésében várható. Így például a réz termelésében a hidrometallurgikus technológia már jelentős eredményeket hozott. A kőszéntermelésben a földalatti elgázosítás hozhat döntő fordulatot, bár itt még nem mutathatók ki olyan eredmények, mint a fémek hidrometallurgikus termelés-technológiájában.

A fentiek alapján belátható, hogy az idő függvényében a határköltség növekedése nagyobb lesz, mint a reálköltség növekedése.

Ezek után tekintsünk egy konkrét problémát, a hazai energiaellátás jövőjét. Ebben az esetben a határköltség lehet az import kőolaj és földgáz egységnyi hőmennyiségének költsége, az import villamosenergia fajlagos költsége. A szembe állítható reálköltség pedig lehet a hazai kőszénből nyert hő-

mennyiség egységének költsége, a belőle nyert villamosenergia fajlagos költsége, a hazai atomerőműben nyerhető villamosenergia fajlagos költsége, a hazai kőolaj és földgáz egységnyi hőmennyiségének költsége.

Hazánk kőolajimportját csaknem egészében a SZU biztosítja. A jövőben azonban az igények növekedése a ma érvényes határköltséget módosítani fogja egyrészt azért, mert egy bizonyos határon túl a költséghatárt már a világpiaci ár fogja megszabni, másrészt azért, mert a teljes igény kielégítése más országokból való importot is szükségessé tehet. Lényegében hasonló a helyzet abban az esetben is, ha a növekvő igények kielégítésére az import villamosenergiát vesszük számításba.

A növekvő energiaigények kielégítésének legkézenfekvőbb és leggazdaságosabb útja a hazai szénhidrogéntermelés fokozása lenne. Ennek azonban korlátai vannak, a mai ismereteink szerint nem várható olyan termelésnövekedés, amely a növekvő igényeket ki tudná elégíteni. A hazai energiatermelés másik útja a kőszéntermelés fokozása lenne. A harmadik lehetőséget a hazai uránérctermelés fokozása jelenthetné. Meg kell tehát néznünk, ezeken a területeken milyen lehetőségeink vannak?

A hazai szénhidrogénkutatásban még nem merítettünk ki minden lehetőséget. A geológiailag számításba jöhető területeknek mintegy a feléről még nincsenek olyan ismereteink, amelyek alapján egyértelműen eldönthető lenne ezeknek a területeknek produktivitása vagy inproduktivitása. A mélységi övezetek megismerésében pedig csak a kezdeti lépéseket tettük meg.

Hazánk kőszénben a mennyiséget illetően nem nevezhető nagyon szegénynek, de a minőséget illetően feltétlenül az, geológiai adottságaink kedvezőtlenek, korszerű bányaművelési technológia az előfordulásoknak csak egy részében valósítható meg.

Húsz-harminc év múlva a ma működő szénbányák jelentős része nem fog működni, az új bányák telepítésének a lehetősége nem nagy, ha azokat az előfordulásokat tekintjük, amelyek egyrészt nagyobb távlatokat ígérnek, másrészt lehetőséget adnak korszerű bányaművelési technológiák alkalmazására. Csak az új technológia, például a földalatti elgázosítás szélesítheti ki a lehetőségeket, csökkentheti számottevően a reálköltséget.

A hazai uránérc termelésének megtartására megvannak a lehetőségeink, elsősorban a mélységi övezetekben.

Példaként az energiahordozókat említettük. Nem érdektelen a lehetőségek számbavétele a fémek területén is. Csak két fémet emelünk ki, az alumíniumot és a rezet.

A jelenleg ismert bauxitvagyon nem ígér túlzottan hosszú távlatot, de a további eredményes kutatás lehetősége megvan a Dunántúlon, a Középhegységben. Arra azonban számítani kell, hogy újabb lehetőségeket a jelek szerint a mélyebben fekvő övezetek kínálnak (pl. Nagyegyháza vidéke), ahol a vízveszély is fokozódik.

A Mátra vidéki mélységi övezetek már ma is számottevő rézércelőfordulást hoztak, de nincs kizárva újabb lelőhelyek felkutatása sem. Itt a mélységgel járó nagyobb kőzethőmérséklet jelent komoly nehézséget. A mélységbe való lehatolás azonban nem kizárólag hazai jelenség.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a jövőt tervezni csupán a ma érvényben levő határköltség és reálköltség viszonya alapján nem elégséges, hiszen ez a viszony a jövőben változni fog. Arra vállalkozni nem tudunk, hogy ennek a viszonynak várható alakulását kvantitatíve is megadjuk, annyi azonban bizonyosra vehető, hogy az eltolódás be fog következni a reálköltség javára. Következik ebből, hogy a hazai lehetőségek számbavételét, sorbaállítását nemcsak a határköltség és a reálköltség összevetése alapján célszerű megejteni, hanem más módon is. Ilyen módszernek kínálkozik a beruházás visszatérülésének vizsgálata és még az, hogy egy telepítés esetében a visszatérülési idő hogyan viszonylik a várható üzemidőhöz.

A visszatérülési idő lehet egyszerű és kamatos. Az egyszerű visszatérülési időt a beruházási költség és a várható évi tiszta nyereség hányadosa határozza meg, ha a visszatérülési idő egységének az évet választjuk. A kamatosítást a különböző időben jelentkező, pénzben kifejezett értékek egyidejűsítése indokolja. Az egyszerű és a kamatos visszatérülési idő közötti összefüggés kifejezhető. Elöljáróban adjuk meg a jelölések értelmezését:

K: a beruházási költség [Ft]
d: az évi tiszta nyereség [Ft/év]
A: a megválasztott kamatláb [%]
p: a kamatténye ző
δ: a százalékban kifejezett kamatláb századrésze
t: az egyszerű visszatérülési idő [év]
t_k: a kamatos visszatérülési idő [év]

Rögzítsük az alapvető összefüggéseket:

$$p = 1 + \delta$$

$$t = \frac{K}{d}$$

A kamatos visszatérülési idő az alábbi egyenlőségből nyerhető:

$$Kp^{t_k} = \frac{d}{\delta}(p^{t_k} - 1)$$

A bal oldal a beruházási költségnek a kamatos visszatérülési idő végén jelentkező kamatosított értéke, a jobb oldal az évenkénti tiszta nyereségek kamatosított végértékének összege, ugyancsak a kamatos visszatérülési idő végén.

A kamatos visszatérülési idő tehát kifejezhető az egyszerű visszatériülés idő és a kamatláb függvényében.

$$t_k = -\frac{\lg(1-\delta t)}{\lg p}$$

Az egyszerű visszatérülési időnek (t) csak elvi jelentősége van. Helyette a gyakorlatban módosított egyszerű visszatérülési idővel kell számolnunk (t'), amikor t' úgy jön létre, hogy a beruházás időtartama (t_b) alatt évenként jelentkező beruházási részköltségeket ($K_1, K_2, \ldots, K_{t_b}$) kamatosítjuk a visszatérülés megindulásáig. A K helyébe tehát K' lép, azaz

$$t' = \frac{K'}{d}$$

Ennek megfelelően beszélhetünk módosított kamatos visszatérülési időről is:

$$t'_k = -\frac{\lg(1-\delta t')}{\lg p}$$

A fentiekből következik, hogy $t' > t$ és $t'_k > t_k$.

Az egyszerűség kedvéért a következőkben csak visszatérülési időről (t) és kamatos visszatérülési időről (t_k) szólunk, amikor mindkét esetben a módosított értéket kell értenünk.

Látható, hogy az egyszerű és a kamatos visszatérülési idő viszonyát kizárólag a kamatláb határozza meg. A kamatlábat pedig megválasztjuk, következik tehát, hogy a két visszatérülési idő viszonyát egy szubjektív alapú megválasztás dönti el.

Ha $\delta t = 1$, akkor $t_k = \infty$. Ha a kamatláb 12%, azaz a ma érvényes, akkor $t = 8{,}3$ év esetében már a kamatos visszatérülési idő végtelen nagy. Ha a kamatláb 5%, akkor $t = 20$ év mellett lesz a kamatos visszatérülési idő végtelen nagy. Más szóval ez azt jelenti; 12%-os kamatláb mellett a beruházási költség kamatosan soha nem térülhet meg, ha a megtérülési idő kereken 8 évnél nagyobb.

Fordítsuk meg összefüggésünket, és fejezzük ki a visszatérülési időt:

$$t = \frac{1}{\delta}\left(1 - \frac{1}{p^{t_k}}\right),$$

amikor $p > 1$.

Látható, hogy t annál gyorsabban konvergál t_k növekedésével az $\frac{1}{\delta}$ értékhez, minél nagyobb p értéke.

Legyen egy telepítés várható üzemideje: T [év]. A kamatos eredmény kifejezhető:

$$E = \frac{d}{\delta}\left(1 - \frac{1}{p^T}\right) - K$$

Látható, hogy a két függvény teljesen analóg módon viselkedik. Az eredmény is annál gyorsabban konvergál T növekedésével a $\frac{d}{\delta} - K'$ értékhez, minél nagyobb a p értéke.

A szemléletesség kedvéért tekintsük az alábbi sorokat:

t_k; T	20	30	40	50	∞
t	7,5	8,1	8,2	8,3	8,3
$E + K'$	7,5d	8,1d	8,2d	8,3d	8,3d

A sorokból látható, hogy gyakorlatilag ugyanazon visszatérülési idő (t) tartozik a 20 éves és végtelen nagy kamatos visszatérülési időhöz, illetve gyakorlatilag ugyanaz az eredmény 20 éves élettartam esetében, mint elvileg végtelen üzemidő esetében.

A ma érvényben levő ún. D-mutató a kamatosítás elvére épül, a megválasztott kamatláb 12%. A D-mutató a t_k értékét eleve megszabja $15—T_0$ évben, amikor T_0 a beruházás megkezdésétől a visszatérülés megindulásáig eltelt idő években. A D-mutató az eredményben a 15 év végén figyelembe veszi a létrehozott állóeszközök értékét is kamatos redukálással. Ez a redukció 12%-os kamatláb mellett igen erős. Lényegében az állóeszközöknek csak töredékét tekinti, kereken ötödrészét.

Megállapítható, hogy minél nagyobb az alkalmazott, a megválasztott kamatláb, annál kisebb szerepe van az üzemidőnek. A 12%-os kamatláb már alig érzékelteti az üzemidőt, csak a közeljövőt tekinti. Lényegében alig tesz különbséget olyan két bányaüzem között, amikor az egyik 50 vagy akár 100 évig működik, a másik csak 15 évig, bár a termelési, értékesítési viszonyok ugyanazok. A magas kamatláb már nem kívánatos torzítást hoz létre.

Az ipari beruházások területén a 12%-os kamatláb akkor lenne indokolt, ha az ipari beruházások átlagosan a beruházási összegek 12%-ával növelnék az ipar évi tiszta jövedelmét. Ilyen statisztika, sajnos, nem áll rendelkezésre, csak az iparban létrehozott tiszta jövedelem növekedése, valamint az évenkénti ipari beruházások értéke található meg. Az iparban létrehozott tiszta jövedelemnövekedésből tehát nem választható le az a rész, amely a beruházások következtében jött létre, így természetesen nem mutatható ki az sem, hogy a növekedésnek milyen hányada származik más hatások következtében. Annyi azonban kétségtelen, hogy a szét nem választható ipari tiszta jövedelemnövekedés és az ipari beruházások összegének aránya nem indokolja a 12%-os kamatlábat.

A kamatosítás, mint a különböző időpontokban jelentkező értékek egybevetésének eszköze, szükségszerű, de a kamatosítás egyrészt nem torzíthat, másrészt meg kell felelnie a népgazdasági tényadatoknak, bányászati vonatkozásban pedig figyelembe kell vennie az előfordulás nagyságát, az ásványvagyon mennyiségét és a várható üzemidőt.

Ha a ma használatos *D*-mutatót a fenti nyelvezetre akarjuk átfordítani, akkor azt is mondhatjuk: a *D*-mutató akkor éri el az egységet, azaz a beruházás akkor lesz éppen pozitív, ha a visszatérülési idő kereken 7 év, azaz 7 éven belül vissza kell téríteni a módosított beruházási összegnek és a visszatérítés végén meglevő állóeszközök diszkontált értékének különbségét.

A bányaüzemekre az jellemző, hogy a tervezett termelési kapacitást a belépéskor nem érik el azonnal, hosszabb felfutási időre van szükség, így az említett 7 év redukcióra szorul. Más beruházásokhoz viszonyítva a bányászati beruházások hátránya még az is, hogy viszonylag hosszú a beruházás időtartama, így a módosított és az egyszerű beruházási költség aránya lényegesen nagyobb az átlagnál. Mind a *D*-mutató, mind a magas kamatláb a bányászati beruházások számára kedvezőtlen.

Vessünk össze most két bányászati beruházást. Az egyik bányaüzem 6—7 év alatt kamatosan visszatéríti a módosított beruházási költség és a maradék állóeszközök diszkontált értékének különbségét. Ez a bányaüzem hét év után hamarosan ki is merül. A másiknál a visszatérülés csak 8—9 év alatt következik be, de utána még akár több évtizedig is él. A kettő közül a *D*-mutató szerint az első gazdaságos, a másik nem. Könnyen belátható, hogy ez az ítélet nem lehet helyes.

A fentiekből következik, hogy a *D*-mutató mellett, vele legalább egyenrangú tényezőként kell figyelembe venni az előfordulás nagyságát, előnyben kell részesíteni azt az előfordulást, amely egyrészt nagy termelési kapacitást tesz lehetővé, másrészt hosszabb üzemidőt biztosít.

Hazai vonatkozásban először a recski rézércelőfordulást kell megemlíteni. Az említett kívánalmak itt rendre megtalálhatók. Nagy az egy bányaüzemmel létrehozható termelési kapacitás, mert az egy négyzetméter alapterületre jutó érc- illetve rézmennyiség viszonylag nagy. Emellett a várható üzemidő lehetővé teszi, hogy a beruházási költség közel tízszer is visszatérüljön, mert a létrehozandó állóeszközök túlnyomó része (aknák, állandó jellegű bányatérségek, stb.) az egész üzemidő alatt korszerűen szolgálhatják a termelő tevékenységet, hiszan a bányatérségeket szilárd kőzetekben lehet kiképezni. Az előfordulás hátránya a nagy mélység, amely nehézséget nem az anyagmozgatásban okoz, hanem a mélységgel járó nagyobb kőzethőmérséklet jelent problémát. Ez azonban mesterséges hűtéssel megoldható.

A recski telepítés esetében a beruházási idő nagy, ezért a módosított és az egyszerű visszatérülési idő aránya is szokatlanul nagy. A gazdaságosság kérdésében legdöntőbb szerepe a várható fémárnak és a várható fémtartalom-

nak van. Kimutatható, hogy a várható rézár mellett a beruházás költsége 12%-os kamattal sohasem térülne vissza, ha Recsken az átlagos réztartalom: Cu% = 1,1 lenne, illetve, ha az egyszerű visszatérülési idő ez esetben eléri a kritikus értéket, $t \geq 6$ évet. Ha Recsken az átlagos fémtartalom, Cu% = 1,1 lenne, akkor az érvényben levő értékelési mód szerint a telepítést nem lehetne gazdaságosnak ítélni még akkor sem, ha az előfordulás akár egy évszázadra szóló bányászkodást is lehetővé tenne. A világon ma működő rézbányák közül számos bányaüzem nem tudna megfelelni ilyen szigorú kívánalomnak.

A másik jelentős előfordulás, amelyről szót ejthetünk, a bükkábrányi lignitelőfordulás. A külfejtéssel termelhető lignit gyenge minőségű, az előfordulás azzal hívja fel magára a figyelmet, hogy nagy termelési kapacitást tesz lehetővé. Az NDK külfejtéseinek beruházási adataiból regressziós eljárással megállapítottuk, hogy a beruházási költség (K) és a termelési kapacitás (q) között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$K = aq^{0,52}$$

Viszonylag sok adat alapján regressziós összefüggést állapíthattunk meg a fajlagos termelési költség (k) és a termelési kapacitás között is:

$$k = b\,q^{-0,42}$$

Induljunk ki abból, hogy a bükkábrányi előfordulás x-szer akkora termelési kapacitást tesz lehetővé, mint a gyöngyösi előfordulás. A két összefüggésből következik, hogy

$$\varphi = \frac{K_2}{K_1} = x^{0,52}$$

és

$$\psi = \frac{k_2}{k_1} = x^{-0,42}$$

ahol 2-es index a bükkábrányi, az 1-es index a már működő gyöngyösi előfordulásra vonatkozik.

$x = 2$ esetében $\varphi = 1,43$ és $\psi = 0,76$. Más szóval, ha Bükkábrányban a gyöngyösi termelési kapacitás kétszerese valósítható meg, akkor a bükkábrányi bányászati beruházási költség kereken csak másfélszerese lenne a gyöngyösinek, a fajlagos termelési költség (Ft/t) pedig kereken csak háromnegyede lenne.

Ezzel a műrevalóság előzetes becslésének egy olyan módját akartuk csupán bemutatni, amelyet ez ideig nem alkalmaztunk. Megbízhatóságát az a körülmény határozza meg, hogy mind a regressziós összefüggések, mind pedig a viszonyítási alap meglevő értékekre támaszkodnak.

Még a Bicske környéki szénelőfordulást kell megemlítenünk, amely a mennyiség mellett minőségével tűnik ki, valamint azzal, hogy a fekűben jó minőségű bauxit is található. Ennek az előfordulásnak végérvényes értékelésére akkor kerülhet sor, ha a bauxit mennyisége és minősége elégséges mértékben ismert lesz, valamint akkor, ha a ma még vitatott vízveszélyességi fok is egyértelműen tisztázható lesz, más szóval, ha a fekű vízvédő rétegének vastagsága és minősége is véglegesen eldönthető lesz.

A beruházások megítélésében fontos szerepe van a visszatérülési időnek, még a kamatos visszatérülési időnek is, ha a kamatláb nem túlzott, mert a túlzó kamatláb ferde szemlélethez vezethet. A bányászati beruházásokat az jellemzi, hogy a létrehozott állóeszközök túlnyomó része hosszú időn át korszerűen tudja szolgálni a termelő tevékenységet, ezért nem lehet a bányászati beruházásokat csupán a kamatos visszatérülési idő alapján összevetni olyan beruházásokkal, amelyeknél az állóeszközök korszerűsége rövid ideig áll fenn, nagy az ún. „erkölcsi" kopás. A nagyobb kamatláb alkalmazása a bányászat számára kedvezőtlen, egyébként is szükségszerű egy olyan országos szintű számítás, amely a valóságot tükröző kamatlábat mutatná ki.

A mutatószámok egymagukban holt számok. Érteni és érezni kell ezek értékét, súlyát, de nem lehet megengedni, hogy elhomályosítsák az egészséges szemléletet. A bányászat területén ilyen alapvetően egészséges szemlélet az, hogy az egy aknaüzemmel, egy külfejtéssel megfogható ásványvagyon mennyisége meghatározó lehet.

Véleményem szerint a mutatószámos szemlélet nem szoríthatja háttérbe a távolabbi jövőbe látást, különösen nem akkor, amikor a világ energiaéhsége fokozódik, az egyéb hasznosítható ásványok, különösen a fémek iránti igény soha nem látott mértékben növekszik. A jövő érdekében már most áldozatokra kényszerülünk, elsősorban a kutatás területén. Vonatkozik ez a szénre, a szénhidrogénekre, a fémekre egyaránt.

BEVEZETŐ FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA AKAD. LEV. TAG SZÉKFOGLALÓJÁHOZ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

A Magyar Tudományos Akadémia 1973. évi Közgyűlése tagválasztásával is jelentős esztendő volt az Akadémia legfiatalabb, Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya életében. A tudományos és tudományszervezői munkában addig is előkelő helyet elfoglaló új tagjai megválasztásával Osztályunkon az eddiginél szélesebb körű tudományszervezői kollektíva alakulhatott ki, melyben mindinkább megvalósul országos feladataink együttes érdeklődéssel és mérlegeléssel való ellátása.

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA személye lényeges és fontos új tényező Osztályunk életében. Korunk tudományos munkáját mindinkább jellemzi az interdiszciplináris határterületeket meghódító kollektív kutatás. Ez a tendencia tehát a kutatók munkájában is szükségképpen mindinkább érvényesül. FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA azonban pályája első percétől kezdve az interdiszciplináris feladatra szánta erejét, vállalta annak eszméjét és nehézségeit, eredményeivel pedig korán igazolta a tudományfejlődés jelenlegi, határterületeket hódító útjának helyes irányát. Kémikus diplomával a földtudomány magyar fellegvárában, a Magyar Állami Földtani Intézetben kezdte meg működését, ahol gyorsan kifejlődött rendkívüli érzéke a korszerű, új és fontos kérdések felismerése és azok finomműszeres megoldása iránt. Akkoriban Magyarországon, mint általában a világon az ásványok és kőzetek klasszikus szilikátkémiai elemzése szolgáltatta a földtani anyagkutatás egyik legfontosabb alapját. A ritka, ill. nyomelemek kutatása iránti általános érdeklődés azonban éppen csak megindult. VERNADSZKIJ és CLARKE néhány utalása után a két NODDACK, valamint különösen GOLDSCHMIDT hatalmas eredményei nyomán a nyomelemkutatás a kutatók nagy többsége előtt világszerte igen izgalmas, de a szokásos napi, valamint a gyakorlati kutatási feladatoktól távol álló kérdéseknek tűnt.

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA nemcsak felismerte a vizsgálatoknak a gyakorlati földtani munkában való jelentőségét és szükségességét, de a műszeres kezdeményezések iránti bátorságával, rátermettségével egyik elsőként kezdte meg — éspedig világviszonylatban is korán — a hazai ilyen irányú gyakorlati munkát. Érceken, szilikátkőzeteken, vizeken és kőszénhamun végzett elem-

MTA X. Osztályának Közleményei 7/1–2. 1974

zései alapján hazánkban az ilyen jellegű vizsgálatok nemcsak elfogadott, de mindinkább igényelt kutatási iránnyá váltak.

Sok gondot okozott akkoriban a földtani kutatás számára az igen finomszemű, pl. agyagos és bauxitos kőzetek pontosabb megismerése. Fejlődő bauxitkutatásunk és termelésünk miatt Magyarországon ez a kérdés különösen fontos volt. E nehézségek legyőzéséhez FÖLDVÁRINÉ ismét a kémia, ill. a fémkutatás területén is alkalmazott módszernek, a termoanalitikának hazai bevezetésével adott lényeges hozzájárulást. E vizsgálati módszert jelentősen fejlesztette, saját mérésekkel számos meghatározást végzett. Ezek, valamint az irodalmi anyag szintézise eredményeképpen csakhamar önálló monográfiában is összefoglalta a földtudományi termoanalitika eredményeit. Tudvalevő, hogy a termoanalitika végül is Magyarországon széles körben alkalmazott és a budapesti Műegyetemen világviszonylatban is vezető szintre emelkedett kutatási iránnyá vált és az első ez irányú nemzetközi folyóirat szerkesztése és kiadása is hazánkban történik. FÖLDVÁRINÉ e kutatási iránynak nemcsak hazai bevezetője, hanem jelentős továbbfejlesztője.

Harmadik, alapvetően fontos kezdeményezése volt a földtani képződmények abszolút kormeghatározásának hazai megindítása. Ismét hazánk akkori anyagi viszonyai közt is alkalmazható, egyben elegáns fizikai-kémiai módszert, a finom színképanalitikát vette igénybe a Sr-Rb eljárás alapján végzett meghatározásaihoz. Az általa megállapított, első Magyarországon végzett kormeghatározás a Velencei-hegység gránitján azonnal reális értéket adott.

Rövid bevezetőm keretében csak megemlítem számos más hasonló szellemű kutatását, így a csontok fluor-tartalma alapján való kormeghatározás lehetőségeinek kritikai vizsgálatát, az agyagásványok dielektromos kutatását, az ásványok disszociációs hője mérését. Jellemző e kutatásainak perspektíváira, hogy e téren is igen különböző szakmájú kutatókkal valósított meg kollektív együttműködést.

Közben az első nagy kezdeményezése, a hazai nyomelemkutatás mindinkább világméretű földtani és műszaki kérdéssé vált. Magyarország az elsők közt volt, mely a helyes felmérés érdekében saját földjének eme nyersanyagairól kívánt átfogó képet szerezni. Ez országos vizsgálat vezetését FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIÁnál nem lehetett volna alkalmasabb személyre bízni. Munkája igazolta a széles körű szaktudáson alapuló kiváló tudományszervezői készségét. Munkacsoportja néhány év alatt oly hatalmas adattömeget szolgáltatott, ami mind ez ideig kimeríthetetlen ismeretforrás a kapcsolatos gyakorlati és sokirányú elméleti kutatás számára. A MÁFI általa vezetett Anyagvizsgálati Főosztálya kezdeményezései és szervezése által vált jelentős tényezővé a magyarországi földtani kutatásban.

Az antik görög szellem földünket hatalmas tálként értelmezte. Ha bolygónk maga nem is, de a róla szóló tudománycsoport valóban a természettudo-

mányi ismereteket minden oldalról felfogó, eredményeit közös nagy természettudományi egységgé ötvöző tál, amely nemcsak az emberré válást biztosító legfontosabb nyersanyagokat, de napjainkban az ember és a társadalom továbbfejlődésének alapvetően új eszmei táplálékait, a tudomány legértékesebb gyümölcseit is tartalmazza. Tudományegyetemünknek ezt a különös gyűjtőerejét mintaszerűen szép eredményekkel tárja fel FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA munkássága.

A földtudomány kémiai és fizikai módszerekkel való előrevitelében elért eredményeit most székfoglalójában a matematika irányából való fejlesztéssel kívánja gazdagítani.

A KVANTITATÍV GEOKÉMIAI MÓDSZEREK KRITIKAI VIZSGÁLATA

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA
AKAD. LEV. TAG

A. B. VISTELIUS, a statisztikus geokémia egyik kimagasló művelője szerint a GOLDSCHMIDT-i geokémia napjainkban szemléletében módosult. GOLDSCHMIDT célkitűzése az elemek koncentrációjának vizsgálata kőzetekben, ércekben, természetes vizekben stb. és a koncentráció-változások követése, a változások okainak törvénybe foglalása volt. Ma az elemkoncentrációkat valószínűségi változóknak tekintjük és a koncentrációk valószínűségi gyakorisági eloszlásáról beszélünk. A kőzetek elemeloszlásainak összehasonlítására valószínűségi változók adathalmazainak korrelációs-, vagy regressziós analízisét végezzük el. Ez távolról sem azt jelenti, hogy a jelenlegi felfogásunk szerint a geokémiában nincsenek szigorú törvényszerűségek, oksági összefüggések és csak véletlenszerű jelenségek fordulnak elő. Az újabb felfogást inkább úgy kell érteni, hogy az ok- és okozati tényezők száma nagy, közöttük bonyolult kapcsolatok létesülhetnek, melyek mindegyikét nem tudjuk figyelembe venni, tehát meg kell elégednünk a törvényszerűségek statisztikus megközelítésével.

A geomatematika világszerte fellendülőben van. A geotudományi jelenségek leírására és modellezésére növekvő mértékben alkalmazzák a klasszikus statisztikai módszerek mellett a teljes matematikai apparátust. E módszerek széles körű térhódítása a számítógépek elterjedésével tovább fog növekedni. Lassanként csökken az a gátló tényező is, mely kezdetben akadályozta a módszerek gyors elterjedését: a földtani problémák matematikai megfogalmazásában való gyakorlatlanság. Annak ellenére, hogy egy absztrakt modell megszerkesztése a földtani folyamatok bonyolultsága miatt nehéz, ma már sok szép hazai példát is látunk a módszer eredményes alkalmazására.

Tisztán gyakorlati célkitűzések is indokolják a geomatematikai módszerek elterjedését. Nyersanyag készletszámítások, diagnosztikai problémák, fedett telepek keresésére végzett prospekciós munkák mind meggyorsulhatnak és eredményesebbé válhatnak geomatematikai alapon.

Intézetünkben az utolsó tíz évben felgyülemlett geokémiai adatok feldolgozása során a geomatematikai módszerek közül különösen két statisztikai

geokémiai eljárásra volt szükségünk: a kémiai elemek eloszlására és az elemkorrelációkra. Bár ezek a módszerek a geokémiában már több évtizede alkalmazást nyernek, mégis sok tisztázatlan problémával terheltek.

A legdöntőbb kérdés az, hogy alkalmasak-e ezek az eljárások arra, hogy interpretálhatóvá tegyék a földkéregben a múltban lejátszódott geokémiai-földtani eseményeket? A válaszunk az, hogy elvileg igen, de a teljes megoldásig még hosszú utat kell megtenni. Ha mind az elméleti, mind a gyakorlati célkitűzéseket a matematikai módszerek nem segítenék, akkor a módszerek öncélúvá válnának és mindössze matematikai játéknak tűnnének. Sajnos mégis a geokémiai szakirodalomban gyakori eset az, hogy a geomatematikai vizsgálatot elvégzik ugyan, de a belőle levonható geokémiai következtetést meg sem kísérlik.

Tekintsük először a *kémiai elemek gyakorisági eloszlásával* kapcsolatban felmerült problémákat. Ez a geostatisztikai eljárások közül a legelterjedtebb, de egyben a legtöbbet vitatott is. Az iránta megnyilvánult fokozott érdeklődésnek tulajdonképpen egy nagyon hibás, elhamarkodott kijelentés volt a legfőbb előidézője, melyet 1954-ben AHRENS tett. Magmás kőzetek néhány nyomelemére adódó eloszlási görbék alapján akkor úgy vélte, hogy egy általános érvényű geokémiai alaptörvényre bukkant, melyet úgy fogalmazott, hogy magmás kőzetekben az elemek gyakorisági eloszlása log-normál (vagyis a normál eloszlási görbe pozitív dőlésű). Néhány hónap alatt már jelentkeztek a cáfolatok és rövidesen tisztázódott, hogy ez a megfigyelés még a nyomelemek mindegyikére sem érvényes, de a főelemekre semmiképpen sem általánosítható. Szerencse is, mert ha minden elem eloszlási görbéje egyforma lenne, éppen az a lehetőség szűnt volna meg, hogy az eloszlások típusaiból genetikai következtetést lehessen levonni. Később AHRENS belátta tévedését, sőt maga is közölt számos más típusú elem-gyakorisági görbét is.

Az első elem-gyakorisági eloszlások megszerkesztésétől (RAMUZOVSKI (1940), KOLMOGOROV (1941)) eltelt több, mint 30 esztendő óta, de főként az említett AHRENS -féle dolgozat megjelenése óta e témában több száz szerző dolgozata jelent meg, mégis azt kell mondanunk, hogy a lényeget illetően nem sokat haladtunk. Ennek okát több alapvető hiányosságban kell keresnünk:

1. Az elem-koncentrációk statisztikus kezelése csak akkor adna valóban helyes eredményeket, ha teljesülne az az alapfeltétel, hogy statisztikus értékelésre csak e cél érdekében alkalmazott, statisztikus elven épülő mintavétellel reprezentatív mintákat használnánk. Nincs tudomásom arról, hogy akár a már említett szerzők, vagy a velük vitába szálló kutatók is statisztikus mintavételt alkalmaztak volna. Sajnos nekünk sem volt erre módunk, mert a geokémiai munkánkhoz gyűjtött mintákat más elvi alapon választottuk ki. Reméljük, hogy e hibánkat azáltal ellensúlyozhatjuk, hogy a legtöbb esetben kellő nagyszámú mintát tudunk figyelembe venni. Ezt teszik — vitatható joggal — más szerzők is.

2. Az elemgyakoriságok eloszlási típusaiból levont geokémiai-genetikai következtetéseket kevés szerző kísérelte meg. Az irodalomban szórványosan előforduló genetikai utalások is nemegyszer ellentmondóak.

3. A természetben előforduló legtöbb kőzet eleve nem egyetlen tényező hatására jutott el a mai állapotig. Az üledékes és a metamorf kőzetekről nem is beszélve, a magmás kőzetekre sem áll fenn az egy-tényezős genetikai kritérium. Utómagmás hatások, kontakt hatások, felszíni elváltozások mind befolyásolhatják az elemeloszlások végleges kialakulását. A legtöbb elemeloszlás tehát több egymásra rétegzett populáció eredménye. A genetikai következtetés akkor válna lehetségessé, ha a különböző tényezők hatását az eloszlások alakulására pontosabban ismernénk.

A hibalehetőségek sorában itt érkeztünk el a matematikai statisztikában fontos kritériumhoz, a populációk homogenitásához. Nagyon nehéz a „homogenitás" fogalmát a geokémiában definiálni. A sajátságok bizonyos számú együttese statisztikai szempontból populációnak tekinthető, melyhez található olyan valószínűségi függvény, mely azt leírja. Azonban, ha eleve tudjuk, hogy a populáció nem homogén, akkor nincs sok értelme leírni a populációt. Például egy üledékes kőzet vizsgálati adatai rendszerint nem adnak homogén populációt. Azonban, ha módunk van a heterogén fázisok szétválasztására (így pl. elkülönítetten tekintjük egy üledékes összlet agyagfrakciójának jellemzőit), akkor a genetikailag különböző keletkezésű összetevőkre már lehet eloszlási függvényeket keresni.

Nem említjük azokat a durva hibákat, melyeknek elkerülésére — feltételezésünk szerint — a statisztikus értékeléseknél mindenki ügyel. Ilyenek a nem kielégítően pontos vizsgálati adatok, vagy a helytelenül alkalmazott statisztikai műveletek.

Vizsgálataink során főként arra törekedtünk, hogy a nyert statisztikus értékeléseket a földtani-geokémiai folyamatok jellemzésére használhatóvá tegyük. Ebben a szellemben készült néhány éve BÖJTÖSNÉvel egy közös munkánk, mely a nagy-mélységi keletkezésű velencei gránit és a kisebb mélységben részleges megolvadás mellett (tehát termodinamikailag nem egyensúlyi körülmények között) kristályosodott mórágyi gránit elemeloszlási görbéinek összevetését célozta. Úgy találtuk, hogy a nyert eloszlási görbék jellege kritériumul szolgálhat a gránitok keletkezési körülményeire. (FÖLDVÁRINÉ—BÖJTÖSNÉ 1968).

A modellezés szempontjából a további vizsgálataimnál is egyelőre a legegyszerűbb kőzettípusnál, a magmás kőzeteknél maradva, az elemeloszlások három fő típusát figyelhettem meg: *a)* a *közelítőleg* GAUSS (normál) eloszlást, *b)* balra dőlő (pozitív hajlású) eloszlási görbét, melyet logaritmusos transzformációval közelítőleg normál eloszlássá alakíthatunk (log-normál) *c)* jobbra dőlő (negatív hajlású) eloszlási görbét. Normál eloszlásúnak durva megközelítéssel azokat a haranggörbéket tekintettük, melyeknél a módusz és a medián,

illetve az aritmetikai közép nagyjából egybe esik. A ferde eloszlásoknál az aritmetikai közép a módusztól a ferdeség irányába tolódik el.

Több szerző súlyt helyez arra, hogy statisztikus próbákkal ellenőrizze a nyert görbék illeszkedésének mértékét az elméleti görbékhez. Állítják például, hogy a pozitív hajlású görbék nem minden esetben log-normál eloszlások, hanem gyakran a PEARSON eloszlási családba tartozó γ eloszlások.

Elvileg igazuk van, de addig, míg az eloszlástípusok finomabb megkülönböztetéséből nem tudunk genetikai következtetéseket levonni, a nagyobb mértékű pontosításnak nem látjuk értelmét. Inkább arra törekedjünk, hogy a háromféle leggyakoribb görbetípust genetikai jellemzőnek felhasználhassuk.

A matematikai statisztika tanítása szerint elméleti GAUSS-görbe akkor alakul ki, ha a folyamat tényezői egyforma valószínűséggel gyakorolnak befolyást. Az olvadékból egyensúlyi körülmények mellett történő kristályosodás, vagy oldatból történő kiválás (ugyancsak egyensúlyi körülmények mellett) tekinthető például olyan, a természetben is végbemenő kőzetképződési folyamatnak, mely normál elemeloszlást eredményezhet. A magmás kőzetek főelemeinek az eloszlása egyes esetekben valóban közelítőleg normál.

A log-normál eloszlás tárgyalásánál a KRUMBEIN-féle őrlési példára szoktak hivatkozni. Az őrlési folyamat alatt ugyanis a részecskeméretek eloszlása log-normál. Erre az eloszlási típusra a magmás kőzetekben elemrejtéssel jelen levő nyomelemek között akad leginkább példa. A maradék magmában fokozatosan dúsuló nyomelemek növekvő beépülése a kristályosodó kőzetbe sejtet valami analógiát az előbbi őrlési példával.

Végül jobbra elhajló eloszlási görbe ismét inkább a kőzet főelemei között fordul elő, nyilvánvalóan akkor, ha az illető elemre nézve a kristályosodás nem egyensúlyi körülmények között jött létre, vagy valamelyik tényező egyirányú befolyása a többi tényezőhöz képest uralomra jutott.

Mindezen megfontolások igazolására és pontosítására a vizsgálatok ezreit kellene elvégezni a legegyszerűbb genetikájú képződményektől kiindulóan a bonyolultabbak felé haladva.

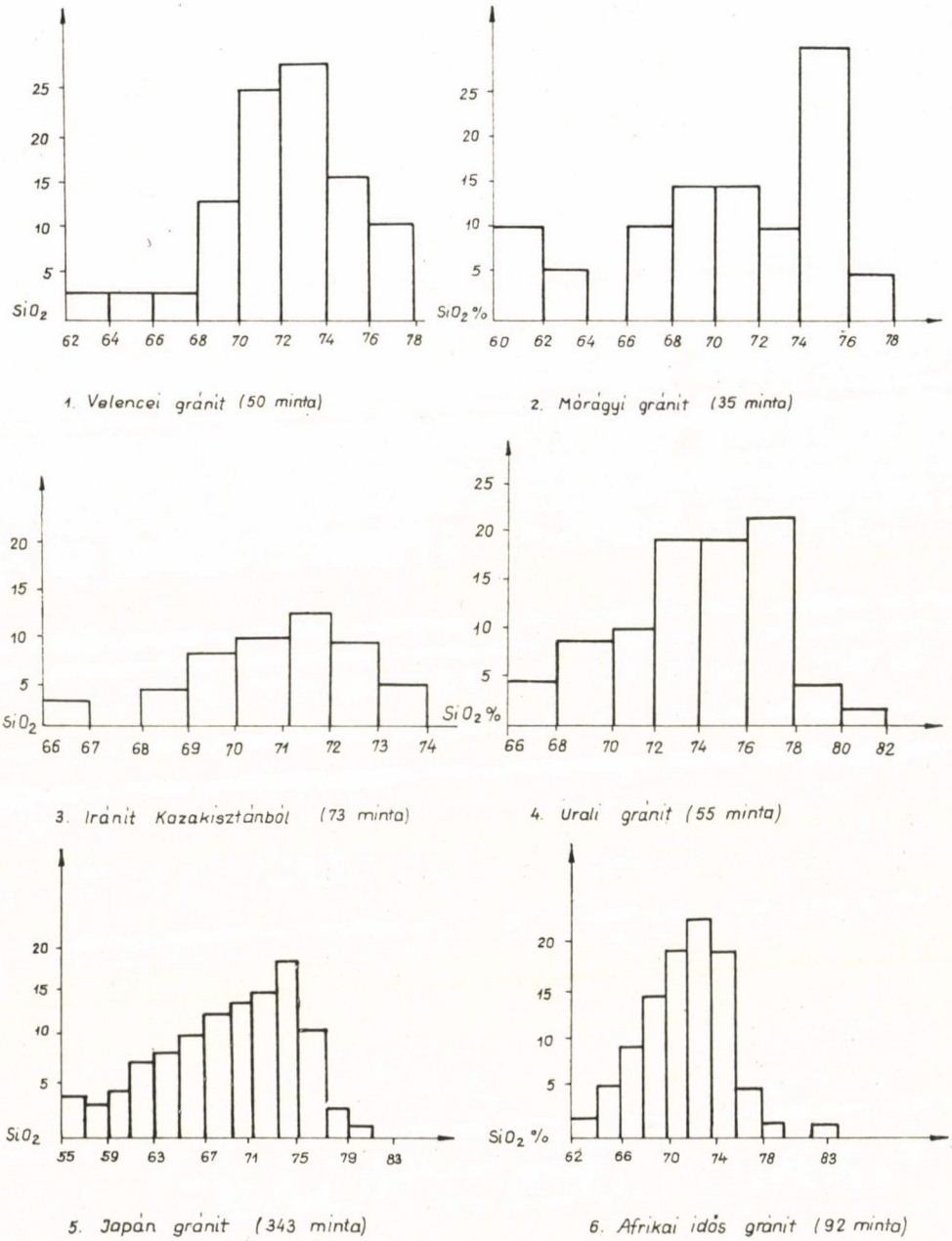
Jelenleg az SiO_2 eloszlását tanulmányoztuk különböző savanyúságú mélységi magmás és kiömlési kőzetekben.

a) Eloszlás gránitos kőzetekben

Már a régebbi vizsgálatainknál is megfigyeltük, hogy mind a velencei-hegységi, mind a mórágyi gránitban az SiO_2 gyakorisági eloszlása negatív irányba elhajló görbét ad, annak ellenére, hogy az utóbbi esetében minden elem gyakorisági eloszlása szabálytalan.

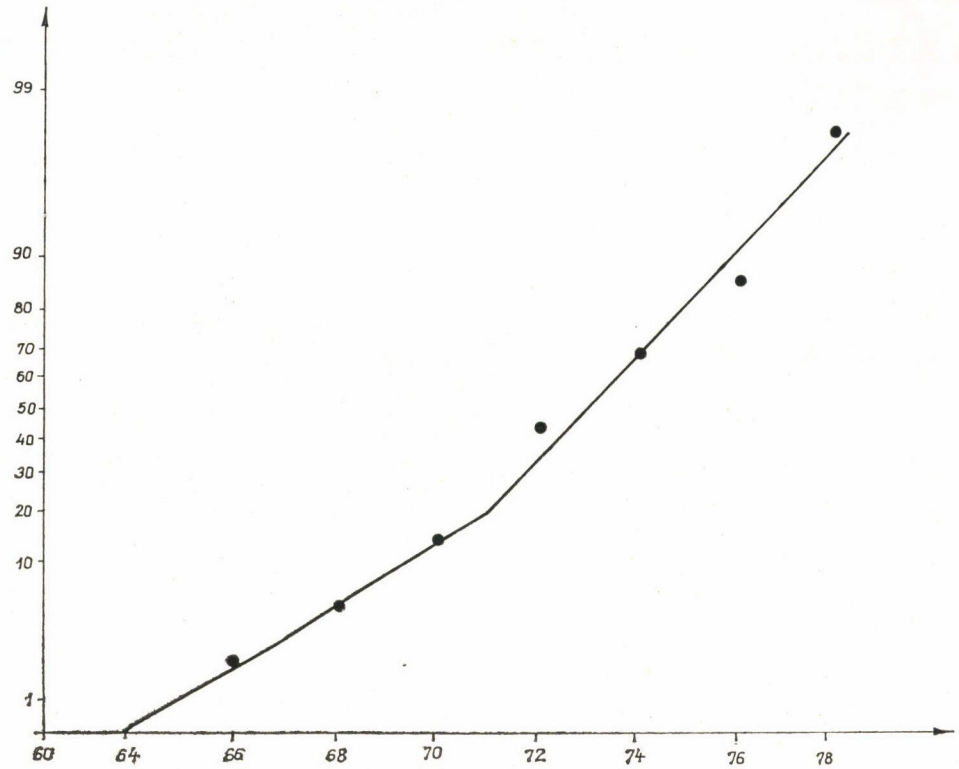
Összehasonlításul külföldi gránitelemzésekből is szerkesztettünk SiO_2 eloszlásokat. Statisztikus vizsgálatainknál a legtöbb esetben a Szovjet Tudományos Akadémia 1964-ben kiadott kőzetelemzés gyűjteményét használtuk fel (az összeállítás szerkesztője V. F. MORKOVKINA).

Az 1. sz. ábrán látható, hogy az *SiO_2 eloszlás minden gránitban negatívelhajlású*. Ugyanerről tanúskodnak irodalmi adatok is (pl. AHRENS (1963), J. M. ROOKE (1964)).



1. ábra. SiO_2 eloszlása gránitokban

Az eloszlások jellegének behatóbb tanulmányozására a kummulatív gyakorisági eloszlásokat GAUSS (valószínűségi) papíron is ábrázoltuk. Egyszerű normál eloszlás esetén ezen a módon egyetlen egyenest kellene kapnunk. A SiO_2 kummulatív valószínűségi eloszlása minden esetben legalább két, egymástól kissé eltérő iránytangensű egyenest adott, jeléül annak, hogy összetett eloszlással állunk szemben. A 2. ábra a velencei-hegységi gránit kummulatív SiO_2 eloszlását mutatja. Hasonló eloszlást mutatott minden általunk vizsgált adatsor (2. ábra).



2. ábra. Mecseki gránit SiO_2 eloszlása

Feltételeztük, hogy ezek az eloszlások azért összetettek, mert egyrészt a kőzetben levő összes SiO_2-nek eloszlását tartalmazzák, másrészt a szabad kvarcét. Feltételezésünket további vizsgálataink, melyeket intermedier és bázisos kőzeteken végeztünk megerősíteni látszanak.

b) Eloszlás intermedier kőzetekben

Modellként elsősorban hazai andezitelemzéseket választottunk. Külön vizsgáltuk a tokaji-hegységi piroxénandeziteket, majd az összes hazai andezitekről rendelkezésünkre álló elemzések SiO_2 értékeinek összesített eloszlását

is megszerkesztettük (3. ábra 1. és 2. görbéje). A szovjet elemzésgyűjteményből az SiO_2 eloszlását urali diorit és közép-ázsiai granodiorit elemzések alapján vizsgáltuk (3. ábra 4. és 5. görbéje). Egyértelműnek látszik, hogy az eloszlási görbék intermedier kőzeteknél — függetlenül a kristályosodási mélységtől — a savanyú gránitokhoz viszonyítva kisebb mértékben jobbra hajlók.

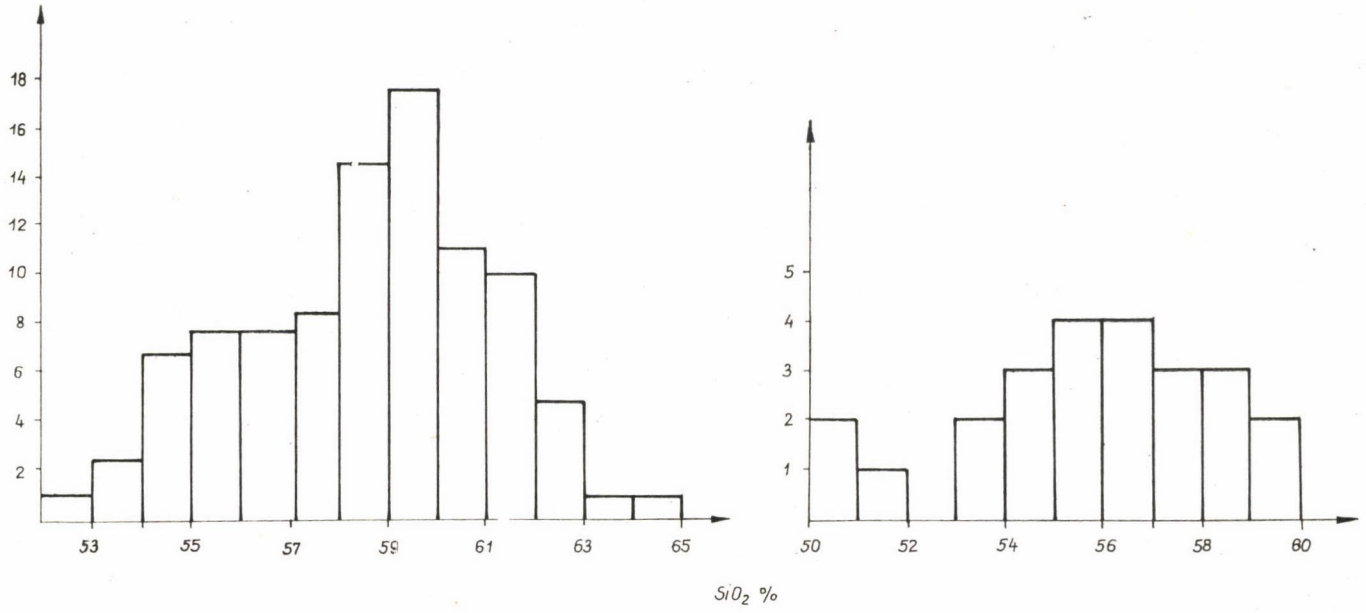
c) Eloszlás bázisos kőzetekben

Az SiO_2 eloszlását hazai elemzési adatok felhasználásával Balatonfelvidéki bazalt minták elemzési adatai alapján vizsgáltuk (4. ábra 1. görbe). A szovjet elemzésgyűjtemény segítségével elkészítettük a Vlagyivosztok környéki (Primorje) bazaltok SiO_2 eloszlását. Mint látható, ezek a görbék már majdnem megközelítik a normál eloszlást, sőt inkább gyengén balra hajlóak. Mélységi bázisos kőzetek vizsgálatára szibériai gabbro és diabáz elemzéseket választottunk (4. ábra 3. görbéje) altáji gabbrókat (4. ábra 4. görbe). Minden esetben a normális eloszlást megközelítő görbe adódott.

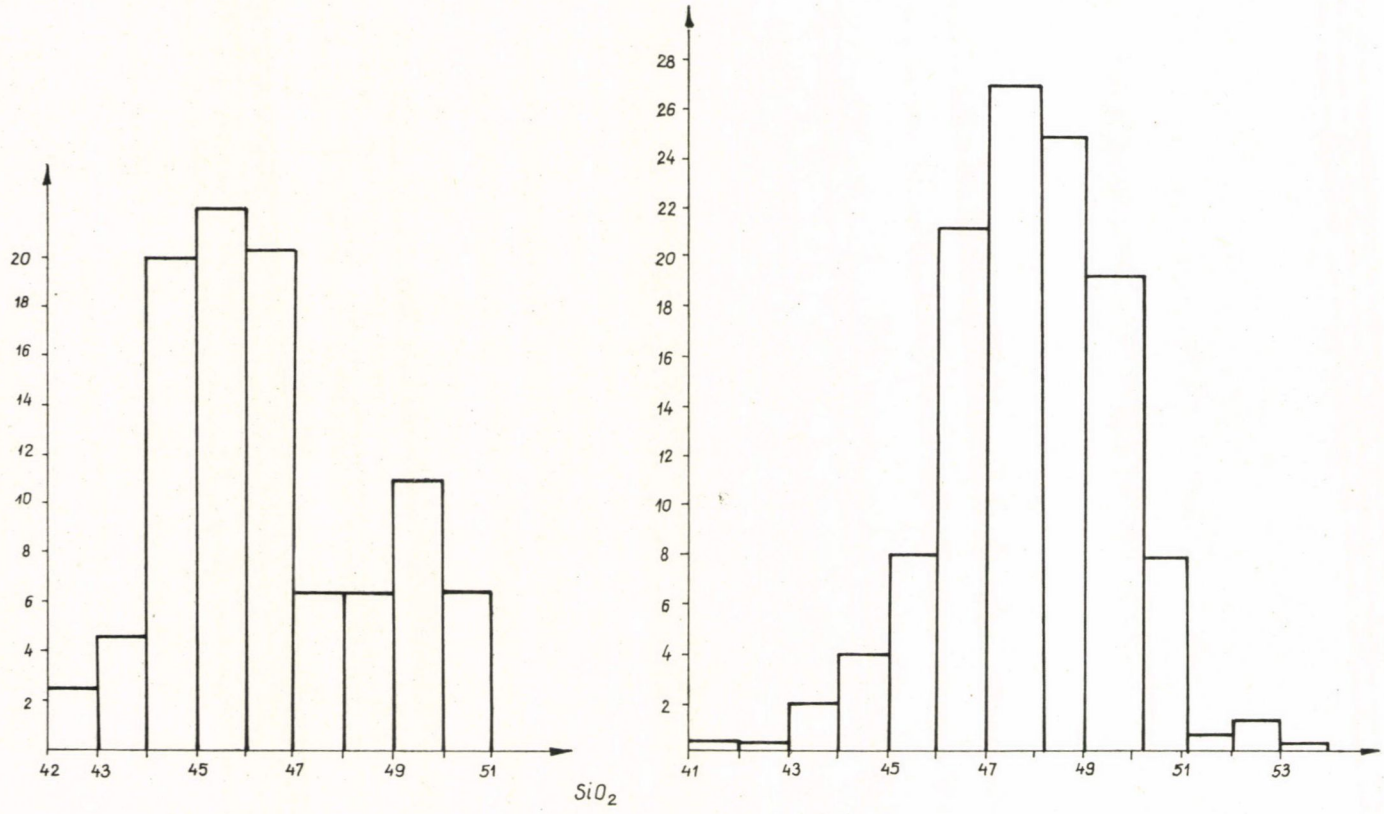
Alátámasztottnak látjuk tehát azt a feltevésünket, hogy magmás kőzetekben az SiO_2 eloszlási görbéje jobbra hajlásának az oka a szabad kvarc feleslegben keresendő és az is látható, hogy a torzulás mértéke arányban áll a kőzet savanyúságával.

A lényeget ennél jobban megközelítő következtetést az eddigi eredményekből levonni még nem mertünk, de reméljük, hogy következetes és egyéb elemekre is kiterjedő vizsgálatokkal el tudjuk érni, hogy az eloszlások geokémiai értelmezésében nagyobb gyakorlatunk lesz. Természetesen azt nem remélhetjük, hogy egy matematikai modell és a belőle levonható következtetés a valósággal pontosan egyezni fog, hiszen egy absztrakciókon épülő elmélet sohasem adhatja vissza a valóságos jelenségeket a maguk bonyolultságában. Minden előre tett lépés azonban arra az útra vezet, melyen keresztül a matematikai módszerek a geokémiának nem formális, hanem a lényeget segítő eszközévé válnak.

Az eloszlási modell további egyszerűsítésére hasznos lenne tiszta ásványok, vagy kőzetek monominerális frakcióinak elem-eloszlását tanulmányozni. Sajnos erre nincs elegendő mennyiségű elemzési adatunk. A szovjet elemzési gyűjteményben azonban találtunk ásványelemzéseket is, így pl. többek között különböző lelőhelyről és különböző kőzettípusokból származó 87 db piroxén mintáét. Az SiO_2 eloszlása ezekben igen érdekesen alakult (5. ábra). Három notmál eloszlásra bomlik a görbe, az elsőbe azok a minták kerültek, melyekben az SiO_2-t az Al_2O_3 nagyobb mértékben helyettesíti (az Al_2O_3 átlagos értéke 7,1%), a harmadik ellszlási görbét azok a minták képezik, amelyekben kicsi az $SiO_2 \rightarrow Al_2O_3$ helyettesítés. A középső eloszláshoz tartozó mintákban kiugróan magas a vastartalom. Nyilvánvaló, hogy az elemzési gyűjtemény különböző genetikájú piroxéneket tartalmaz.



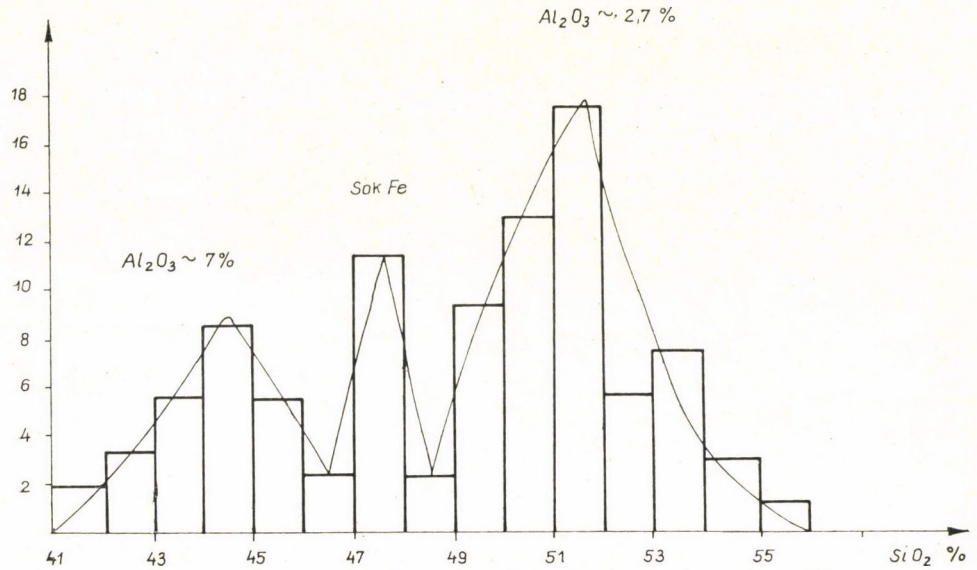
3. ábra. SiO_2 eloszlása andezitekben, dioritokban



1. Balatonfelvidéki bazaltok (45 minta)

2. Szibériai gabbró, diabáz

4. ábra. SiO_2 eloszlása bázisos kőzetekben



5. ábra. Piroxének SiO_2 eloszlása

Az elemkoncentrációk együttes eloszlásának vizsgálata

Az elemeloszlások összefüggésének tanulmányozása korrelációs módszerrel történik. Két-, vagy több elem közötti korreláció jelenléte, vagy éppen a hiánya elemtársulásokra hívhatja fel a figyelmet, vagy utalhat azokra a fizikai-kémiai viszonyokra, melyek az ásvány, vagy kőzet keletkezésekor uralkodtak, vagy esetleg a kőzetet ért utólagos hatásokra. A korreláció-vizsgálat tehát a geokémiának szintén nagyon fontos segédeszköze, ha nem élünk vissza vele. Ez alatt az értendő, hogy nem elegendő a változók közötti korrelációt megállapítani, hanem a felismert összefüggéseket körültekintéssel kell értelmezni. Elképzelhető látszólag szoros korreláció két egymástól teljesen független változó között akkor is, ha mindkettő egy harmadik külső és nem helyesen értelmezett tényezőnek függvénye. Például több évtizeddel ezelőtt SAHAMA (1945) szoros korrelációt vélt felfedezni a szerpentinesedés folyamata és a B-tartalom között. Később FAUST és munkatársai (1956) rámutattak arra, hogy ez a megállapítás csak a dolomit, vagy Mg tartalmú kalcit szerpentinesedése esetén állhat fenn, a bázisos magmatitok szerpentinesedésénél azonban nem. Vashegyi szerpentinek elemzési adatai alapján mi is megerősíthetjük ezt. A szerpentinesedéshez itt magas Cr és Ni tartalom kapcsolódik, de a B mennyisége ezekben a mintákban igen csekély és úgy találtuk, hogy a szerpentinesedés és a B tartalom között inkább negatív korreláció áll fenn. Még inkább növeli az ellentmondást, hogy pl. a perkupai szerpentinben a Cr, a Ni és a B-tartalom is csekély.

A korrelációs módszerek alkalmazására, de legfőképpen azok geokémiai-genetikai értékelésére mégis nagyon sok a sikeres példa a hazai irodalmunkban

is. Kiragadhatjuk a sok közül pl. BÁRDOSSYnak a bauxitgeokémiai munkáit (1961 és 1973) vagy CSALAGOVITS IMRÉnek a mecseki alsóliász összletekre vonatkozó geokémiai összefoglalását.

A korrelációszámítás technikai megoldása a geokémiai alkalmazás során jelentős fejlődésen ment keresztül.

Az első lépés a grafikus korreláció volt, mely síkban két-, térben három változó között nyújt módot a kapcsolatok jellegének felismerésére. Ha két változó esetén az egyik koordináta tengelyre (X tengely), az egyik adatait, az Y tengelyre pedig a másik változó adatait mérjük fel, akkor az XY síkban nyert pontok reprezentálnak minden mintát. Szoros, lineáris korreláció esetén a keletkezett pont-felhő egy egyenes környezetében helyezkedik el. Rendkívüli egyszerűsége és főként szemléletessége miatt — leginkább tájékozódásul — még ma is sok esetben használatos.

Az egyszerű korrelációs vizsgálati módszerek közé tartozik a SPEARMANN által bevezetett és a geokémiában először FLANAGAN (1957) által alkalmazott sorrend korreláció. Mivel ezt a módszert gyakran és jó haszonnal alkalmazzuk, egy nagyon leegyszerűsített példán az alkalmazását bemutatjuk.

Kerestük egy kőszénösszletben a Cu és a korrelációját a hamutartalommal. 15 mintát véletlenszerűen kiválasztottunk a megelemzett minták közül. A hamutartalmakat növekvő sorrendbe írtuk, az ugyanazon mintához tartozó Cu és V értékeket pedig azonos sorba írva megjelöltük, hogy mindegyik koncentráció érték a saját koncentráció tartományában sorrend szerint hányadik helyen áll. A sorrend az értékek mellett zárójelben van feltüntetve. Az RD (rangsor-differencia) fejlécű oszlopba a sorrend különbségek vannak feltüntetve (abszolút értékben):

Hamu %	Cu ppm	RD	V ppm	RD
5,3 (1)	3,4 (1)	0	13,5 (4)	3
10,0 (2)	5,0 (2)	0	29,0 (6)	4
10,6 (3)	13,0 (6)	3	32,0 (8)	5
11,3 (4)	12,0 (4)	0	11,3 (3)	1
15,0 (5)	13,0 (7)	2	9,0 (1)	4
18,0 (6)	12,0 (5)	1	65,0 (13)	7
20,0 (7)	10,0 (3)	4	11,0 (2)	5
25,9 (8)	16,0 (8)	0	220,0 (15)	7
26,5 (9)	20,0 (10)	1	89,0 (14)	5
30,0 (10)	20,0 (11)	1	50,0 (12)	2
32,3 (11)	35,0 (13)	2	31,0 (7)	4
33,7 (12)	31,0 (12)	0	15,2 (5)	7
37,0 (13)	16,0 (9)	4	43,0 (9)	4
43,0 (14)	45,0 (14)	0	46,0 (10)	4
54,8 (15)	50,0 (15)	0	48,0 (11)	4

A korrelációs együttható — SPEARMANN javaslatára — a következő képlettel számítható ki:

$$r = 1 - \frac{6\Sigma (RD)^2}{n (n^2 - 1)}, \quad \text{ahol}$$

n a minták száma
RD a táblázatban feltüntetett sorrend különbség
r értéke, mint bármely korrelációs együtthatóé +1 és —1 között változik.

A Cu és a hamutartalom között a korrelációs együttható a képlet alapján 0,89-nek adódik, a V és a hamutartalom között pedig 0,34-nek, vagyis már 15 minta alapján megmutatkozik, hogy a Cu-nak szorosabb kapcsolata van a hamutartalommal, mint a V-nak, bár határozott pozitív korrelációt mindkét elem esetében megállapíthattunk. A Cu dúsulást a hamuban a pirit-tartalom indokolja, a V inkább az agyagos frakcióhoz kapcsolódhat. Bonyolultabb korrelációs számítások és lényegesen több minta figyelembevételével a korrelációs együtthatók az előbb megadott értékektől nem sokkal (maximálisan $\pm 10\%$-al) tértek el.

Két valószínűségi változó közötti lineáris korrelációs koefficiens pontosabb meghatározására gyakran használják a PEARSON-féle korrelációs koefficienst, melyet az egyes elemzések átlagaiból és az átlagoktól való szórásokból, illetve a szórásnégyzetekből lehet kiszámítani.

A korrelációs együtthatók ismeretében a bonyolultabb összefüggések feltárására is mód nyílik.

A sok-változós analízis, melynek célja nagyszámú adat között fennálló bonyolult kapcsolatok egyidejű feltárása a geokémiában bevezetés alatt áll, de ez egyelőre inkább csak kísérletnek mondható, mint rendszeres alkalmazásnak. A két legismertebb eljárás a faktoranalízis és a „cluster" (csoport) analízis. Az előbbi az elterjedtebb, az utóbbit, mely talán egyszerűbb, J. N. PARKS (1966) igyekezett a geológiában meghonosítani.

Mindkét eljárásnak kétféle célkitűzése lehet:
a) kapcsolatot keresni a különböző minták között
b) kapcsolatot keresni a mintákban levő elemek között

Az eljárások lényege az, hogy a valószínűségi változók páronkénti korrelációs koefficienséből mátrixot kell szerkeszteni (ez n változó esetén n(n—1) adat) melyből a mátrixokra vonatkozó műveleti szabályokkal, megfelelő összevonásokkal, rendezésekkel információk nyerhetők. A faktor-mátrix megszerkesztéséhez azonban nagyon sok számítás kell, itt már nélkülözhetetlenné válik a számítógépes eljárás.

A matematikai módszernek még ezen a szinten is megvan a veszélye. Nagy matematikai apparátussal és igen sok információs adat felhasználásával is nyerhetünk megtévesztő összefüggéseket. Sok esetben célszerű a feltételezett korrelációk létezéséről először egyszerűbb (pl. grafikus) eszközökkel meggyőződni és szükség esetén második lépcsőként alkalmazni a munkaigényesebb eljárásokat. Itt is fontos szempont a geokémiai szemlélet elsődlegessége. Véletlen, egymástól független geokémiai események is okozhatnak az elemeloszlások

között olyan látszólagos korrelációt, melyből — ha az eredményeket csak mechanikusan kezeljük — helytelen geokémiai következtetéshez juthatunk.

Ismét visszatérve alapvető célkitűzésünkhöz, mely a matematikai módszerek geokémiai alkalmazásának kritikai vizsgálata volt, nézzük meg, hogy megállapításaink mennyiben érintik a módszer jövőjét. Ezt a jövőt igen jelentősnek és gyümölcsözőnek látjuk, ha majd leküzdjük a még napjainkban is fennálló akadályokat. A legfőbb akadály — a már említett elvi problémákat is beleértve — az, hogy a geológus képzettségű és a földtani problémákban élő szakemberek között ritka a magasabb matematikai felkészültséggel rendelkező. A matematikai eljárásokat magas szinten művelők pedig nem tudják beleélni magukat a földtannak, geokémiának sokszor nagyon is összetett és modellezésre nem mindig alkalmas problémáiba.

Az első lépés tehát az, amit a Szovjetunióban, Novoszibirszkben rendszeresen tartott geomatematikai konferenciákon is elhatároztak, hogy a statisztikus matematikai és a programozó eljárásokkal már az egyetemi kiképzés alatt meg kell ismertetni a leendő geológus szakembereket. Ennek hiányát igyekeznek most nálunk társadalmi úton pótolni a matematikai geológia iránt érdeklődők társulati szakosztályba tömörítésével.

A matematikai módszerek geokémiai alkalmazásánál fontosnak ítéljük, hogy elsősorban a megoldandó problémát kell felismerni és a megoldáshoz a legalkalmasabb módszert céltudatosan megkeresni. Helytelen viszont az az álláspont, hogy az adattömegen elsődlegesen el kell végezni az összes bonyolult számítási műveleteket és azt remélni, hátha az eredmények nyújtanak majd valamilyen új földtani összefüggést, vagy valamilyen törvényszerűséget.

A számítógépes eljárások a geotudományokban már hasznos szerepet töltenek be, de a szorosabb értelemben vett geokémiában egyelőre csak inkább a munkaigényes számítások mechanikus elvégeztetésére használják, de geokémiai problémák megoldására még nem alkalmazzák. Ennek oka, hogy hiányoznak még a matematika nyelvére átültetett geokémiai problémafelvetések.

Meggyőződésünk, hogy e nehézségek kissé elhúzódó leküzdése után a geokémia új, jelentős megismerésekkel fog gazdagodni.

IDÉZETT IRODALOM

L. H. Ahrens: Geoch. Cosm. Acta., **27,** 1187—1197, 1963.
Bárdossy, Gy.: A magyar bauxit geokémiai vizsgálata. A M. Áll. Földtani Intézet Alk. Kiadványa, 1961.
Bárdossy Gy.: Akad. doktori értekezés, 1973.
Csalagovits Imre-Vighné, Fejes M.: M. Áll. Földt. Intézet Évk., **LI.** 2, 517—593, 1969.
G. T. Faust: Geoch. Cosm. Acta, **10.** 316—320, 1956.
Földvári-Vogl M.—Böjtös-Varrók K.: Acta Geol. Ac. Sci. Hung., **12,** 99—115, 1968.
V. F. Morkovkina: Himicseszkie analizü izverzsennüh gornüh porod i mineralov. Akad. Nauk CCCP Moszkva, 1964.
J. M. Parks: Journ. of Geol., **74.** 2, 703—715, 1966.
J. M. Rooke: Geoch. Cosm. Acta, **28.** 1187—1197, 1964.
Th. G. Sahama: Comm. Géol. Finnlande Bull., **135.** 86, 1945.

BEVEZETŐ MARTOS FERENC AKAD. LEV. TAG SZÉKFOGLALÓJÁHOZ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

Kikerülhetetlenül fokozódik korunk, sőt napjaink érdeklődése a földfelszín alatti világ iránt. Növekedik a bányászati feltáró és üzemelő munka volumene, mindinkább levisszük a közlekedést a föld alá, szaporítjuk a mélycsatornák, kábelek lefektetését — nem is szólva a szilárd földtudományi elvi kutatások fokozódásáról. Minthogy ugyanakkor a földfelszíni építkezés is folyton újabb területekre terjed ki, két oldalról növekedik a mélyműveletekkel kapcsolatos anyagi és emberi életet veszélyeztető károsodás lehetősége, mind a felszín, mind a mélyövezetekben. A humánum, a műszaki tevékenység és a gazdaságosság kérdései itt is elválaszthatatlan kapcsolatban jelennek meg.

A társadalmi fejlődésnek ez a kérdése foglal központi helyet annak a tagtársunknak tudományos alkotó tevékenységében, egész eddigi művében, akinek akadémiai székfoglalójára ma itt összegyűltünk. MARTOS FERENC akad. lev. tag maga fogja most ennek a kutatási problémának egyes aspektusait megvilágítani. Bevezetőmben azokról az emberi motívumokról, egyéni erőfeszítésekről, sokoldalú problémafelvetésről, kutatói tevékenységről, szervezői, kutatásirányítói, oktatói és törvényelőkészítő munkásságról szólok, amelyek ezekhez a széleskörűen jelentős vizsgálatokhoz kapcsolódnak.

Érdekes és tanulságos már az a kérdés is, hogyan jut el ennek az elsősorban bányászati problematikának világszintre emelkedett kutatásához olyan ember, aki bányász ősök nélkül, az alföldperemi, bányanélküli városban (Temesváron) született. Ezt a kérdést MARTOS akadémikus nemrég maga világította meg a Magyar Tudomány számára készült cikkében. A természet szeretete, a természet megértésének vágya, bolyongások a D-erdélyi havasokban és a temesvári vár földsáncaiban, kazamatáiban, melyek építésében egy csodálatos pályafutású mérnökkari tiszt, a gyakorlaton messze túlmenő új világot teremtő BOLYAI JÁNOS vett részt, vonzotta őt az építészeti, majd speciálisan a földalatti építés és a természet együttes élményét nyújtó bányászat felé.

Pályáját a Zsil-völgyi és a brádi bányák mérnökeként kezdte. 1948-ban 30 évesen került a Magyar Áll. Szénbányák budapesti központjába, majd a Nehézipari Minisztériumba és utána önálló aspiránsként a Bányászati Kutató

Intézetbe. Aspiránsi témája („A telepsík dőlésszögének befolyása a külszíni elmozdulásokra") már további munkásságának főirányát meghatározó problematika körébe tartozott.

A kérdés bányaművelési jellegű és a fejtési rendszerek kérdésével kapcsolatos. Egyrészt a fejtésmódok rendszerezéséhez és alapvető fogalmai tisztázásához, másrészt a kőzetmozgások és a bányakár kérdéseinek vizsgálatához vezette őt. A speciális feladat megoldását mind több oldalról, részben a közvetlen bányamérési megfigyelések, részben a kísérleti szimulálás, az általa kezdeményezett kőzetmechanikai modellkísérletek alapján közelítette meg. A kísérletekhez laboratóriumi bázis építésére volt szükség, a térbeli modellek pedig sztereofotogrammetriai méréseket és kompjúteres kiértékelést igényeltek. A bányaművelések hatására történt kőzetelmozdulások és a bányakár összetett jelenségeinek vizsgálatával felismerte és a gyakorlatilag alkalmazható képletekben is kifejezte az összefüggéseket, amelyek alapján lehetővé vált a mozgáselemek számítása, a földalatti üregek tér- és időbeli jellegei és a földfelszíni elmozdulás mértéke közti kapcsolatok feltárása. Eredményeit ma különböző tervezőirodák, a Bányaterv, UVATERV, Városterv, Lakóterv alkalmazzák, módszereivel számított adatok alapján alakítják ki az aláfejtendő, vagy mozgásban levő területre elhelyezendő épületeket és műtárgyakat.

Munkásságának jelentős eredménye az is, hogy a frontfejtésekben évtizedeken keresztül nélkülözhetetlennek gondolt munkaigényes ún. „máglyabiztosítást" el lehetett hagyni, miáltal a fejtések haladási sebessége csaknem ugrásszerűen növekedett.

Martos Ferenc pályafutásában tehát megnyilvánul a vezető műszaki tudósokká váló személyiségek csaknem törvényszerű, szükségképpeni állomásainak sorozata: a közvetlen üzemi munkában való részvétel, azután a gyakorlat szervezésére irányuló aktivitás, ily módon jelentős élő problémák felismerése, amelyek megoldására teljes erővel odaadó kutatást kell koncentrálni.

Eredményei a fiatal kandidátust gyorsan a Bányászati Kutató Intézet osztály-, majd főosztályvezetőjévé, végül 1966-ban a hatalmas, 560 fős intézet igazgatójává emelték.

Nem véletlen, hogy az egyetemi oktatásban való részvételét egyetemi tanári címmel való kitüntetéssel is fémjelezni lehetett.

Kezében más témák is kapcsolódtak kutatási főirányához. Résztvett egy új, hatékony frontfejtési biztosító szerkezet kialakításában, amely végül is az általa irányított kutatóintézet, a bányagépgyártás és főleg a Várpalotai Bányák komplex együttműködésében a fejtési páncélpajzs megalkotásához vezetett. Ezt hazai bányaműveletek mellett a népgazdaság számára több millió deviza márkás hasznot hozóan a Ruhr-vidéki bányászat is eredményesen alkalmazza.

Munkássága valódi magyar bányakártani iskolát teremtett.

Fő kutatási irányokhoz és személyes kezdeményező és irányító munkájához kapcsolódik a földalatti robbantások hazai bevezetése is. Kutatóként e téren többek közt a robbanó energia és a kőzettörés térbeli kiterjedésének vizsgálatát vitte előre. E munkálatok egyrészt az inproduktív szénhidrogén fúrások termelő kúttá való alakítását tették lehetővé, már eddig is igen jelentős haszonnal. Másrészt a különböző kémiai és mikrobiológiai kioldási eljárásokat kapcsolva a robbantásos kőzetrepesztéshez, véleményünk szerint a jövő ércbányászatának új korszakát jelenti majd, megvalósítva eddig elérhetetlen nagy mélységek érckincseinek kitermelését, méghozzá a klasszikus bányászati módszereknél sokkal gazdaságosabban. Ez különösen a fiatal üledékekkel takart területeken, pl. hazánkban lesz döntő jelentőségű.

Az eddigiek is bizonyítják, hogy MARTOS akadémikus munkásságában jelentős részt foglal el a tudományszervezés és irányítás, a kutatási tervek kidolgozása is. Ehhez kapcsolódik pl. az új bányatörvény kidolgozásában való részvétel.

Különböző tisztségeinek — köztük az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületben végzett főtitkári működésének, a Nemzetközi Kőzetmechanikai Irodában és a Nemzetközi Bányászati Komité-ban kifejtett munkáinak taxatív felsorolását mellőzve, itt csupán az akadémiai Bányászati Bizottság alelnöke, majd elnökeként, valamint a TMB-ben végzett tevékeny, kezdeményező eredményes munkáját emelem ki.

Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya MARTOS FERENCnek tagjai közé választásával új távlatot kapott. Ő eddig Osztályunk egyetlen belső tagja, aki vállalati rendben dolgozó nagy intézet igazgatója, olyan intézeté, melynek a mindennapi követelmények szabják meg a tennivalóit és ahol a műszaki-tudományos gondolatnak gyorsan anyagi erővé kell válnia. Rendkívül jelentős tehát az ipari intézetek és az akadémiai kezdeményezésben végzett kutatások kapcsolatainak fejlesztése. Különböző akadémiai tudományos szervezéseink során MARTOS FERENC erre már példát is adott. Az ilyen együttműködés és egymásrahatás továbbfejlesztésében Osztályunk és az egész magyar tudományos élet MARTOS FERENC szervező erejére, kivételes képességeire a továbbiakban is joggal számít.

KŐZETMECHANIKAI JELENSÉGEK VIZSGÁLATA MODELLEKEN

MARTOS FERENC
AKAD. LEV. TAG

Közel 140 esztendeje annak — 1835-ben történt — hogy az Akadémia először emelt soraiba olyan szakembert, akinek eredetileg bányamérnöki alapképzettsége volt. Hadd említsem meg a nevét is: FÜLEPP JÓZSEFről van szó — többek között — egy bányászati „műszógyűjtemény" jeles megalkotójáról.

Utána sorban még 12-en következnek, közöttük olyan szellemi óriások mint ZSIGMONDY, PÉCH ANTAL, FINKEY és olyanok, akik nem mint a bányászat, hanem mint a földtan, az ásványtan, vagy az őslénytan tudósai váltak ismertté itthon és a határokon túl: SZABÓ JÓZSEF, ROZLOZSNIK, BÖCKH és mások. De ez a körülmény is legfeljebb csak jobban erősíti azt az igazságot, hogy a földtan és bányászat általában egymástól elválaszthatatlan, de különösképpen végső közös célkitűzéseikben: az anyagi világ törvényeinek jobb megismerésére irányuló tudományos törekvéseikben.

Mai előadásom tárgya is ezekről a határterületekről való.

Több mint két évtizedes munka a tudományos igényű ipari kutatás terén, nem egy témát kínálhat a székfoglaló számára. Hogy miért választottam éppen a modellkísérleteket? Mert azon kívül, hogy határterület, talán minden más témánál jobb alkalmat ad néhány — a tudománnyal és a tudományos felismeréssel összefüggő — általános gondolat megfogalmazására.

Tudomány: az ember ismeretanyagának egy olyan rendszere, amely bizonyos természeti vagy társadalmi jelenségek létrejöttének és lefolyásának, — egyszóval: változásainak — törvényszerűségeit foglalja össze; ok és okozati összefüggéseket keres és tár fel, a legtöbbször azzal a szándékkal, hogy ezek az eredmények előbb vagy utóbb, közvetve vagy közvetlenül, hasznosíthatóvá váljanak az ember anyagi létének, vagy tudatformáinak szféráiban. Magam is érzem, hogy ez a fogalmazás, ha úgy tetszik: a tudomány-definíciónak ez a „modell"-je, eléggé leegyszerűsíti a valóságot, s ennek következtében kissé egysíkú, vagy legalábbis ilyennek látszik. De erre a meghatározásra is igaz az, ami egyébként minden, vagy majdnem minden tudományos igényű vizsgálatunkat jellemezheti, nevezetesen: törekvés az egyszerűsítésre, kísérlet a lényeg

kiemelésére, az egyes esetek bonyolult részleteiből. Más szóval: kísérlet az általánosításra.

Márpedig az absztrahálás, az elvonatkoztatás folyamatában a valóság valamelyest mindig leegyszerűsödik; valamilyen meggondolás alapján elfoglalt nézőpontunkból a látómezőt bizonyos mértékig eleve determináljuk. Meghatározzuk és beszűkítjük. Ezért az objektív valóság képe valóban veszít színeiből és plasztikusságából. Mégis, ha mindezt úgy sikerül elvégezni, azt a bizonyos nézőpontot úgy választjuk meg, hogy a lényeg nemcsak megmarad, de éppen e kutatói tevékenységünk révén (mert hiszen éppen erről van szó!) még világosabbá, még egyértelműbbé válik, akkor a vizsgált jelenségről, vagy fogalomról alkotott ismereteink a részletek tekintetében lehetnek ugyan hiányosak, de semmiképpen sem torzak vagy hamisak. S amiről azt hittük, hogy egysíkúbb és szürkébb a valóságnál, amire az imént még azt mondtam: „beszűkült" képe az igazságnak, az tulajdonképpen éppen az elvonatkoztatás révén nyit számunkra szélesebb horizontot, ad alaposabb és biztosabb ismereteket. Az ilyenfajta munka pedig nem illetéktelenül viselheti a „tudományos" jelzőt, mert ennek a sajátos és állandóan bővülő ismeretrendszernek, amit tudománynak nevezünk, egyik alapvető funkciója hasonlít a szűrőre: állandóan el kel választania egymástól a lényegest a lényegtelentől. Egyébként a valóság megismerésében csak így lehet előbbre jutni.

Fizikai és anyagmodellek

A tudomány valamilyen meghatározásáról kezdtem beszélni, de tulajdonképpen már a modellekről is szólok, mert hiszen a modellek, ill. a modellezés egy olyan célszerű, a valóságot szükségszerűen leegyszerűsítő, de a lényeget mégis megtartó, sőt még inkább kiemelő tudományos kutatási eszköz és eljárás, amellyel a vizsgált jelenségről kapott kép ugyan vázlatos, de semmiképpen sem hamis, s ebben a leegyszerűsített vázlatban az egyedi bonyolult esetek elemei felismerhetők, sőt összefüggéseik tekintetében reprodukálhatóan értékelhetők.

Félreértések elkerülése végett célszerű lesz, ha mindjárt az elején tisztázzuk: mit kell „modell" alatt érteni. Mindenekelőtt a vizsgált jelenség (folyamat) fizikai lényegét leíró, mégpedig lehetőleg matematikai formában leíró összefüggéseket. Valamilyen mozgás esetében ez általában differenciálegyenlet, ill. egyenlet csoport. Ma már a bonyolultabb alakzatokra is lehet — legalábbis kielégítően közelítő — megoldásokat találni. (A számítógépek korában élünk!)

Sokszor modellnek mondják (én is), pedig másként kellene nevezni azokat az *anyagi*, *technikai eszközöket*, *szerkezeteket*, amelyek ekvivalens vagy analóg formában képezik le a valóságos folyamatot, s amelyben olyan anyagi tulajdonságokat „építünk be", amelyek működésbe hozva mérhető értékeket szolgáltatnak. Talán nem kell itt bővebben magyarázni, hogy ez a „modell",

nevezhetném „kis-mintának", nem tévesztendő össze valamilyen „makett"-tel, amely csak bemutat, szemléletet, mert azok az anyagi modellek (kis-minták), amelyekről szólok, bizonyos vonatkozásban ellátják egy egyszerűbb — néha talán egy nem is túlságosan egyszerű — számítógéptől elvárt feladatokat.*

Annak érdekében, hogy a modellkísérletek helyét a megismerés mechanizmusában pontosabban megjelölhessem, célszerű még néhány általános megállapítást tenni.

A tudományos megismerés állandó folyamat, amelyben a kutatás különböző szintjei (alap, alkalmazott stb.) szervesen és a leggyakrabban szétválaszthatatlanul kapcsolódnak egymásba, anélkül, hogy közöttük éles határvonal húzható lenne. E folyamatnak még az a tulajdonsága is megvan, hogy egy már elért magasabb, előrehaladottabb állapotból (szintről) gyakran vissza kell „csatolni" az alaphelyzetre, ill. egy előző fázisra, akár az eredmények valóságtartalmának ellenőrzése, akár már az alkalmazásba vétele végett. Ez a látszólag is, meg ténylegesen is bonyolult folyamat — rendszer — technikailag néhány fontos fázisra bontható.**

A rövidség és egyszerűség kedvéért a megismerés mechanizmusában három szakaszt különböztetnék meg. Ezek:

Első szakasz:

Véletlen észlelések, vagy tudatos (tervezett) megfigyelések, ezek eredményeinek gyűjtése és rendszerezése, amit előbb-utóbb, vagy már kezdettől fogva célra irányítottan avégből végzünk, hogy megfogalmazhassuk valamely jelenség alapvető törvényszerűségeit. Történhet ez intuitív módon, vagy racionálisan, matematikai analízissel, fizikai modell alapján.

Második szakasz:

Rendszeres kísérletsorozatok ismert és ellenőrizhető feltételekkel, mérhető mennyiségekkel az előző fázisokban megfogalmazott elméleti feltevések bizonyítása, ill. megfelelő korrekciója céljából.

Harmadik szakasz:

Olyan törvényszerűségek, szabályok, vagy előírások megfogalmazása, amelyek megegyeznek az elmélettel és amelyek alkalmazása révén bizonyos folyamatok ismertté, ellenőrizhetővé, adott esetben pedig reprodukálhatóvá, befolyásolhatóvá és szabályozhatóvá válhatnak. Ez utóbbi fázis végső szakasza jelenti a feladat tényleges megoldását.

* A későbbiekben sem fogom a „kis-minta" kifejezést használni, megmaradok a modellnél, s ha a szövegből nem tűnne ki eléggé egyértelműen, akkor a „fizikai" jelzőt mindig kiteszem, ha nem a másodsorban említett *anyagi*, hanem az *elméleti-gondolati* modellekről van szó.

** Itt jegyzem meg, hogy innen kezdve most már egyre inkább csak a műszaki vagy természettudományi, de mindenesetre a jellegzetesen kísérletező tudományágazatokról szólok, bár véleményem szerint még a továbbiak is transzponálhatók egyéb tudományágak vagy szakok területére is.

A modellkísérleteknek vagy kis-minta kísérleteknek a megismerés e folyamatában jól meghatározott helyük van, mégpedig az általam másodiknak nevezett szakaszban. Tudták ezt a nagy természetkutatók már szinte az ősidőktől fogva, hiszen ARISZTOTELÉSZ, GALILEI, LEONARDO DA VINCI is végeztek modellkísérleteket. NEWTON alapozta meg a mechanikai hasonlóság törvényeit, s ő utána, különösen a dimenzióanalízis kialakításával valóban egyre bővül és gazdagodik a sor. Hogy csak a legnagyobbakat említsem: CAUCHY és BERTRAND, FROUDE, HELMHOLZ és REYNOLDS, LAPLACE, KOHLRAUSCH és SOMMERFELD, majd RJABUSINSZKI, BUCKINGHAM, VAN DRIEST és LANGHAAR, és még sokan mások.

A bányászatban, elsősorban kőzetmechanikai jelenségek vizsgálatára, talán FAYOL kísérletei nyitják meg a sort, a fotoelasztikus modellezést DORSTEWITZ, a centrifugálist DENKHAUS, az ún. mechanikailag ekvivalenseket KUZNYECOV és JACOBI, a sztohasztikusokat LITWINISZYN kezdeményezte és fejlesztette.

A hazai bányászati kutatások keretében fotoelasztikus modelleket nagy sorozatokban KAPOLYI alkalmazott, elsősorban biztosítószerkezetek hatásának vizsgálatára, míg az ún. ekvivalens modellekkel való kiértékelést éppen két évtizeddel ezelőtt [1] a Bányászati Kutató Intézetben magam kezdeményeztem.

E nagyon is hiányos felsorolás, mely korántsem kívánt történelmi áttekintés lenni, csupán azt célozza, hogy rámutasson a modellkísérletek széles körű alkalmazására a természettudományokban és a műszaki tudományokban, különösen pedig a bányászat, mint a földtudományok és a műszaki tudományok egy sajátos ötvözete terén.

A bányászati és azon belül is a kőzetmechanikai jelenségek modellezése bizonyos fokig azonban nehezebben megoldható feladat, mint más műszaki-fizikai folyamatoké (pl. hidrodinamikai, aerodinamikai folyamatok, bonyolult szerkezetek feszültségi állapota a rugalmassági határon belül stb.). Mielőtt azonban e megállapítás indoklásaként néhány érvet megemlítenék, még egy-két fogalom meghatározását szükségesnek vélem. Nem elsősorban tartalmi okok miatt, mert — mint látni fogjuk — közismert fogalmakról lesz szó, amelyek értelmezését fölösleges lenne ismételgetni a szakemberek számára, hanem bizonyos szemléletbeli kérdések exponálása céljából. E meghatározások érzékeltethetik leginkább azt a bizonyos — már említett — sajátos nézőpontot, amelyből a bonyolult valóság egyszerűsített, de lényeges vonásait fel lehet vázolni.

Mindenekelőtt magát a bányászatot mint fogalmat is értelmezni lehet, ill. kell. Mégpedig természetszerűen most nem társadalmi — közgazdasági alapon, hanem inkább fizikai-mechanikai nézőpontból. Ilyen módon az objektív, tudományos megismerés szempontjából számomra a bányászat nem más, mint az inhomogén és anizotróp, diszkontinuumot jelentő kőzetkörnye-

zetben, különféle méretű, térbeli helyzetű és rendeltetésű, időben állandóan változó üregek rendszere. Következésképpen a bányászati kőzetmechanika pedig éppen az a tudományágazat, amely a kőzetek különféle tulajdonságainak függvényében azokat az alakváltozási és mozgásjelenségeket vizsgálja, kutatja és mutatja be, amelyek ennek az üregrendszernek a változásai (kialakítástól a megszüntetésig) folytán részben a kőzetben, részben az abba beépített és vele egy közös mechanikai egységet képező szerkezetekben végbe megy.

Az üregrendszert az ember az ásványelőfordulás adottságainak és a termelés technológiájának megfelelően alakítja, de a kőzetmechanika törvényszerűségeinek ismerete szükséges ahhoz, hogy ez a tevékenység műszaki, gazdasági és biztonsági szempontból egyaránt a legkedvezőbb megoldásokat eredményezze.

A kőzet — a maga földtani „előéletével" — egy rendkívül változatos, az egyszerű fizikai, ill. anyagtörvényekkel csak nagyon nehezen és csak nagyon közelítő módon leírható közeg. Szokták rugalmas-viszkózus állapotjellemzőkkel közelíteni. Mindenesetre állandó terhelés alatt, az alakváltozás időfüggvényes és tulajdonképpen az állapotjellemzők és anyagi tulajdonságok, a helynek, az időnek, s a mindenkori feszültségi állapotnak is függvényei. A mindenkori feszültségi és alakváltozási (elmozdulási) állapot pedig önmagában is összetett, mert a primér képre folyamatosan szuperponálódnak a másod-, harmad-, n-ed rendű fázisok az egymásrahatások következtében. A jelenségek jó része pedig már a törés utáni kvázi-plasztikus állapotban játszódik le, amikoris az üregrendszer egy része még mindig alkalmas arra, hogy eredeti funkcióit ellássa, azoknak megfeleljen.

A bányászat talán az egyetlen tevékenység, amely olyan „építményben" folyik, amelynek építő elemei, egyes szerkezeti tagjai, már összetörtek, de legalábbis erősen megközelítették a törés határfeltételeit. Az egyensúlyi állapot tehát mindenképpen csak relatív, sőt néhány különleges esettől eltekintve nem is célszerű valamilyen közel abszolút egyensúlyra (merev stabilitásra) törekedni.

A kőzetkörnyezetnek e néhány mondatos jellemzése talán már elég ahhoz, hogy érzékeltesse akár a fizikai, akár az anyagi modellezés nehézségeit, problémáit.

A modell alapja lényegében az a differenciálegyenlet kellene legyen, amely a modellezni kívánt fizikai jelenséget megfelelően írja le, a természetben és a modellben egyaránt. Ilyen fizikai-matematikai modellt a legtöbb kőzetmechanikai jelenségre felírni nem lehet. Litwiniszyn szemcsék halmazából álló, ún. sztohasztikus modell segítségével az aláfejtett külszín elmozdulására adott valamilyen differenciálegyenletet, amelyet saját kísérleteim alapján némileg módosított formában magam is levezettem. A módosítás a fedőréteg aláfejtés utáni térfogatváltozásaira vonatkozott [2].

Egyéb üregkörnyéki jelenségekre azonban ilyen — az összetöredezett

kőzettartomány állapotváltozásait is figyelembe venni képes — differenciálegyenlet tulajdonképpen nincs. Ezért, miután a jelenséget jellemző lényeges fizikai változók önmagukban ugyan ismertek, a közöttük levő kapcsolatok azonban nem, a dimenzióanalízisre támaszkodva csak ún. *parciális modell*eket lehet alkotni. Úgy is mondhatnám, hogy ismerjük a „bemenő" adatok csoportját és ismerjük a „kimenő" adatokat, hiszen ez utóbbiakat mérjük a modellen. Ismeretlenek maradnak a belső összefüggések, a rendszeren belüli eloszlásfüggvények, ismeretlen a modellnek — mint „számítógépnek" a belső mechanizmusa.

A kőzet, a maga heterogenitásával mikro- és makrotektonikájával, s egyéb bonyolult sztohasztikus tulajdonságaival olyan anyagi rendszer, amelynek állapotát véges számú, egymástól független extenzív jellemző mennyiséggel egyértelműen nem lehet meghatározni. Nem is zárt ez a rendszer, mert a kiválasztott térrész állapota nem független a környezet állapotától, ill. az abban végbemenő változásoktól, s ezek mint határfeltételek sem szuperponálhatók a modellre, vagy csak hiányosan (pl. egy többlet-terhelés, ami a hiányzó kőzettömeget, vagy rétegeket pótolja stb.).

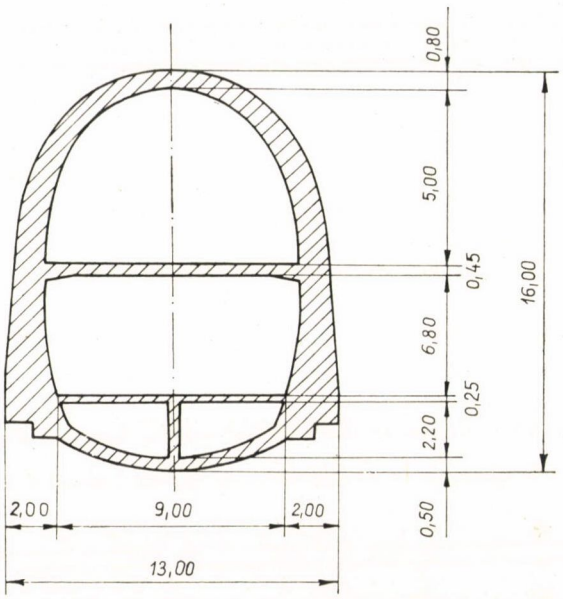
Általában háromféle modelltípust alkalmaznak, de nem azonos mértékben.

A centrifugális erőtérben végzett modellkísérletek az erősen korlátozott méretek, az üreg folyamatos változtatásának lehetetlensége miatt bányászati kőzetmechanikai jelenségek vizsgálataira nem tudtak elterjedni. A fotoelasztikus modellek természetszerűleg csak a rugalmas állapotban maradó közeg erősen közelítő leképzésére alkalmasak. Az ún. ekvivalens (mechanikailag „egyenértékű") modellek azok, amelyek a leginkább alkalmasak a kőzetkörnyezetben lejátszódó elmozdulások, a törés feltételeinek és befolyásolásának, esetleg szabályozási lehetőségeinek vizsgálatára, elemzésére. A következőkben elsősorban már csak ezekről lesz szó. Az előzőekben vázolt indokok alapján pedig a modell hasonlóságát a fizikai jellemzők dimenzió arányainak állandóságával (invariánsokkal) fogjuk biztosítani.

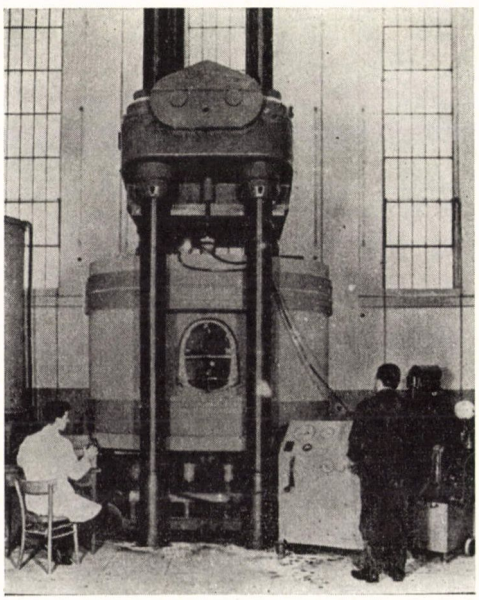
Mielőtt az igen leegyszerűsített és inkább csak az elmélet gondolatmenetét felvázoló részre rátérnék, bemutatok két ábrát az anyag-modellek érzékeltetésére. Nem bányászati, de ahhoz nagyon is közelálló — alagútépítési — példa.

Az 1. ábra mutatja vázlatosan az Appennineken keresztül Parma és La Spezia között tervezett autópálya egy nagyszelvényű alagútjának kontúrvonalait és méreteit.

A 2. ábra a bergamói ISMES nevű kutató-tervező intézetben végzett modellvizsgálatról készült fénykép. A biztosítószerkezet terhelés alatt a megfelelő kőzetkörnyezetben van. A „kőzet" és a „biztosítás" egyaránt olyan anyagokból készült, amelyek kielégítik a feladatnak megfelelően megválasztott feltételeket. A szerkezet egyes elemeiben mérhetők a fellépő feszültségek,



1. ábra. CISA-autópálya (Olaszország) alagútjának tervezett szelvénye



2. ábra. CISA-autópálya alagútjának modellje

ill. az alakváltozások. Mindmegannyi adat a tervező számára. A modell önmagában is valóban figyelemre méltó műszaki alkotás.

A hasonlósági feltételek

A bányászati kőzetmechanikai jelenségek lefolyásában a következő tényezőknek van, vagy lehet meghatározó szerepe:

1. a geometriai méretek (l), ill. a térbeli koordinátákkal (x, y, z) meghatározható (vektor-jellegű) elmozdulások ($\overline{w}$);
2. a sebességek (v);
3. a jellemző erőhatások, ill. reakciók (P);
4. a sűrűség vagy térfogatsúly (ϱ, vagy γ);
5. a dinamikai viszkozitás (μ);
6. a kohézió (c) és a belső súrlódás (φ), főleg a törési állapot határán, majd pedig az azt követő állapotban végbemenő jelenségek miatt;
7. a nehézségi gyorsulás (g), hiszen magát a kőzetnyomást is ez idézi elő.

E tényezőkkel felírható egy, a folyamatra jellemző dimenziómátrix a fizikai egységrendszerben az alábbiak szerint:

	l	v	P	ϱ	μ	c	φ	g
C	1	1	1	−3	−1	−1	0	1
G	0	0	1	1	1	1	0	0
S	0	−1	−2	0	−1	−2	0	−2

A dimenziómátrixot az egyes tényezők dimenzióinak hatványai alkotják, s annak rangszáma $\Delta = 3$, miután belőle 3-nál magasabbrendű determinánsokat képezni nem lehet. A folyamatra jellemző tényezők száma pedig $n = 8$. LANGHAAR szerint ezért a képezhető dimenzionélküli csoportok száma

$$d = n - \Delta = 5$$

Miután tudvalévő, hogy a modell és a valóság közötti hasonlóságot biztosítani, ill. jól megközelíteni annál nehezebb, minél több invariáns arány teljesítését kötjük ki, célszerűségi okokból a dimenziómátrixból a g-t elhagyjuk, annál is inkább, mert a valóságos folyamat és a modell is gyakorlatilag ugyanabban a gravitációs erőtérben játszódik le. Ennek az egyszerűsítésnek a konzekvenciáit persze a későbbiek során sem fogjuk figyelmen kívül hagyni. Így az $n' = 7$ és

$$d' = n' - \Delta = 4$$

A mechanikai és energetikai hasonlóságot valóban négy invariáns arány betartásával kíséreljük meg realizálni. (A gyakorlatból ismert, hogy kőzetanyagok modellezésénél ez már egyáltalán nem enyhe követelmény!)

A következő hasonlósági feltételeket írjuk elő:

1. *geometriai hasonlóság*, a lineáris méretek, vagy elmozdulási vektorok arányának állandósága

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{y_1}{y_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{w_1}{w_2} = \lambda = \text{Const.}$$

2. *kinematikai hasonlóság*, a sebességek hasonlósága az 1. pont alattiak figyelembevételével már csak azt követeli meg, hogy

$$\frac{t_1}{t_2} = \tau = \text{Const.}$$

azaz az idők aránya állandó legyen. Ebből persze már a gyorsulások (a) aránya is állandó, mert:

$$\frac{v_1}{v_2} = \lambda \cdot \tau^{-1} \quad \text{és} \quad \frac{a_1}{a_2} = \lambda \cdot \tau^{-2}$$

3. *dinamikai hasonlóság*, az erők arányának állandó volta

$$\frac{P_1}{P_2} = \pi = \text{Const.}$$

Ehhez a háromtagú feltételrendszerhez hozzárendelhető egy, amely célszerűen már az anyag valamely tulajdonságát tartalmazza, pl. a sűrűséget, vagyis:

4. *anyagi hasonlóság*, a sűrűségek, vagy a térfogatsúlyok arányának állandósága

$$\frac{\varrho_1}{\varrho_2} = \alpha = \text{Const.}$$

amely ha $\varrho = \gamma/g$ értéket írunk, azt adja, hogy

$$\alpha = \pi \cdot \tau^2 \cdot \lambda^{-4}$$

Vagyis, visszahelyettesítve és rendszerezve, a newtoni ekvivalencia egyik lehetséges formáját kapjuk:

$$\frac{P_1}{\varrho_1 \cdot l_1^2 \cdot v_1^2} = \frac{P_2}{\varrho_2 \cdot l_2^2 \cdot v_2^2} = N = \text{Const.}$$

mint alapvető invariáns összefüggést, azaz olyan kifejezést, amelynek számértéke nem változik, bármilyen mértékegységben is helyettesítjük az egyes mennyiségeket.

Kőzetmechanikai jelenségek esetében az erő és felület arányokat, valamilyen feszültséggel (σ, τ, akár E) helyettesítve, a mechanikai hasonlóságot célszerűen

$$\frac{\sigma_1}{\varrho_1 \cdot v_1^2} = \frac{\sigma_2}{\varrho_2 \cdot v_2^2} = S = \text{Const}$$

formára hozzuk. Gyakorlati okokból sűrűség helyett a térfogatsúlyokat bevezetve, és a $g_1 = g_2 = g$ feltételezés miatt a gravitációt elhagyva, az

összefüggés dimenzionálisan ugyan már elveszti homogenitását, de modelltörvényként így is alkalmazható (a dimenzionális homogenitás elvesztése csak látszólagos, hiszen a gravitáció a valóságban működő tényező, tehát az egyenlet mindkét oldalán a számlálóban „megtalálható"):

$$\frac{\sigma_1}{\gamma_1 \cdot v_1^2} = \frac{\sigma_2}{\gamma_2 \cdot v_2^2} = S' = \text{Const.}$$

A modellbe beépített anyag, elsősorban durvaszemcséjű kvarchomokot tartalmaz és egyéb adalékokat, minek következtében térfogatsúlya alig különbözik a természetes üledékes kőzetek térfogatsúlyától, tehát gyakorlatilag, további egyszerűsítésként feltételezhető, hogy:

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$$

és ezért végülis (a γ-ra is áll az, amit előbb a g-re mondtunk):

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

A valóságban és a modellben is mozgásban levő tömegekről van szó, célszerű ezért a megfelelő energiák arányának állandóságát is hasonlósági feltételként előírni. Vagyis:

$$\frac{m_1 \cdot g_1 \cdot l_1}{m_2 \cdot g_2 \cdot l_2} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{m_2 \cdot v_2^2}$$

azaz

$$\frac{v_1^2}{g_1 \cdot l_1} = \frac{v_2^2}{g_2 \cdot l_2} = \text{Fr} = \text{Const.}$$

A FROUDE-féle invariáns, melyet az eddigiekhez hasonló elgondolások alapján módosítva ($g_1 = g_2 = g$) kapjuk, hogy:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

vagy:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \lambda$$

A

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \lambda$$

összefüggésből egyébként az is következik, hogy

$$\left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2 = \lambda$$

s így a négy hasonlósági kritérium (invariáns) a következő lehet:

$$\frac{l_1}{l_2} = \lambda; \quad \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \lambda; \quad \frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\lambda}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\lambda}$$

A λ nem más, mint a modellezés méretaránya, a modell és a természet lineáris méreteinek viszonya. Ezek a hasonlósági feltételek a lehető legegyszerűbbek, megfelelő teljesítésük gyakorlatilag mégsem könnyű, hiszen jóformán mindegyik a jellemző tényezők egy egész csoportját jelenti. Pl. a $\sigma_1/\sigma_2 = \lambda$ arány tulajdonképpen mindenféle szilárdsági jellemző (nyomó, húzó, hajlító, nyíró stb.), sőt a rugalmassági modulusok (E_1/E_2) arányát is megszabja, mert minden kp/cm^2 dimenzióban kifejezhető mennyiségre egyaránt és egyidejűleg vonatkozik. Hasonlóképpen a többi invariáns is nem egy-egy jellemzőt, hanem jellemző tényezők csoportjait tartalmazza (az időt kivéve). Mindezek mellett sem szabad elfeledkezni azokról a feltevésekről, amelyek révén e látszólag egyszerű hasonlósági feltételekhez eljutottunk.

Szó volt már eddig is róla, de említsük ismét meg, hogy kőzetmechanikai modell-, ill. kismintakísérleteink gyakran, és a mozgó fejtési üregek mozgás-, vagy nyomásjelenségek vizsgálatakor mindig, olyan anyag megfigyelésére irányulnak, amely a feszültségi állapot hatására már túl van a rugalmassági határon, repedezett, összetört és részben úgy viselkedik, mint laza tömbök, szemcsék halmaza. Ilyenkor szokták a kőzetre a „rugalmas-plasztikus-viszkózus" jelző-csoportot alkalmazni és a fizikai modellben a viszkozitást jelezni, sőt hangsúlyozni. A dimenziómátrixban a dinamikai viszkozitást (μ) éppen ilyen okok miatt szerepeltettem mint egy, a jelenség(ek) kialakulásában adott esetben figyelembe vehető tényezőt.

Lévén ez is anyag-jellemző, fontosabb vizsgálatok során — amennyiben ez egyáltalán gyakorlatilag megoldható — a négytagú invariáns-rendszer még egy ötödikkel kiegészíthető lehet, és akkor a korábban említett egyszerűsítő feltétel is elmaradhat.

A természet és a kisminta anyagainak (most már feltételezhető, hogy $\gamma_1 \neq \gamma_2$) dinamikai viszkozitásai, ill. a dimenziók arányai a következő összefüggést adják:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \pi \cdot \tau \cdot \lambda$$

Visszahelyettesítve, de P/l^2-et feszültség jellegű tényezőnek véve

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot \frac{t_1}{t_2} = \lambda\sqrt{\lambda} = \sqrt{\lambda^3}$$

lehet az ötödik hasonlósági feltétel, ugyancsak a méretarányban kifejezve.

A következőkben néhány modellvizsgálatot és az azokból levont, a gyakorlatban is hasznosított megállapítást fogok ismertetni.

Modellvizsgálatok körszelvényű vágatokon

A hazai szénbányászat közismerten olyan telepeket kénytelen feltárni és lefejteni, amelyek mellékkőzetei kisszilárdságúak. Ezekben, a kőzetnyomás következtében, s az üregnyitás hatására könnyen alakulnak ki olyan feszültségek, amelyek az anyag szilárdságát legyőzve, törésekre, a folyási határon túli állapotra vezetnek. A viszonylag nagy víztartalom ezt a folyamatot elősegíti.

A részletek tárgyalása nélkül, csak annyit jegyzek meg, hogy az 1950-es évek elején megindult fejlődés egyik fontos fejezete volt a körszelvényű vágatok mennyiségének gyors növelése, mert ezek kőzetmechanikai szempontból kedvezőbbek voltak a korábbi — fával ácsolt — általában trapéz-szelvényűnek nevezett vágatprofilokhoz képest. A körszelvényű vágatokat hosszú élettartamra betonidomkővel falazták, rövidebb időszakra (és ezek jelentik a nagyobb mennyiséget) acélgyűrűkkel biztosították, ill. biztosítják még ma is.

Az acélgyűrűs biztosítás esetén többek között két tényező befolyásolhatja a vágat műszaki-gazdasági-biztonsági paramétereit: a gyűrű-elemek fajlagos súlya (ami a gyűrű hengerelt-acél anyagának szelvényméreteitől függ), és a gyűrűk egymás közötti távolsága, vagyis pl. a 100 m vágathosszra eső gyűrűk darabszáma. Könnyen belátható, hogy egy nehezebb profilból készített gyűrű nemcsak túlzott acélmennyiséget, de sokkal nehezebb munkát is jelent, és ezzel együtt nagyobb költséget. Egy túl könnyű, kis-szelvényű gyűrű viszont túlzott deformációkat szenved és csökkenti a biztonságot. Hasonló problémákat okoz a gyűrűk közötti távolság megválasztása is.

A bányákban végzett méréseken kívül, a gyűrűket különleges laboratóriumi próbapadokon is vizsgáltuk. Néhány feladat megoldásához — kiegészítő vizsgálatokként — modellkísérletekből igyekeztünk adatokat nyerni; vagy az empirikus úton szerzett adatokat ilyen módon is ellenőriztük.

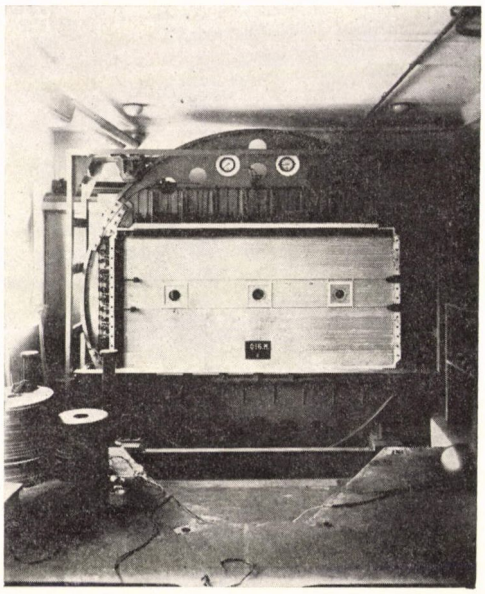
A 3. ábrán látható sík modell (a vágat tengelyszimmetriája, valamint szelvényméreteihez képest igen nagy hosszirányú kiterjedése, a tér harmadik dimenzióját elhanyagolhatóvá teszi) három egyenlő átmérőjű vágatot mutat. A vágatok közül a középsőben egy merevebb, a tőle balra levőben egy engedékenyebb „acél"-biztosítást építettünk be. A jobb oldali vágatban merevnek mondható „falazat" van.

A modellen hidraulikus terheléssel a geosztatikus feszültségi állapot változtatható, ezzel gyakorlatilag a

$$p_z = \gamma \cdot z$$

függőleges terhelés növelhető, vagyis ugyanaz történik, mintha a vágatok egyre növekvő mélységben (z) lennének. A modell lineáris méretaránya

$$\lambda = \frac{3}{100}$$



3. ábra. Körszelvényű biztosítószerkezetek modellje

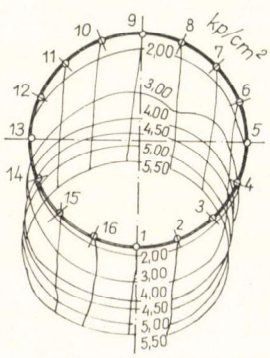
A kezdeti függőleges fajlagos terhelés

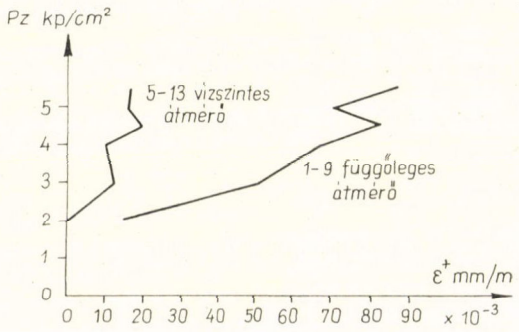
$$p_z^0 = 0{,}405 \text{ kp/cm}^2$$

a végleges

$$p_z^n = 5{,}500 \text{ kp/cm}^2$$

volt, ami $z_0 = 60$ m, ill. $z_n = 810$ m valóságos mélységnek felel meg. Egyéb adatok ismertetését most elhagyva, a közbenső állapotok bemutatását is mellőzve, a 4. ábrán a végső eredményeket adom, természetesen már a mérések





4. ábra. Körszelvényű biztosítószerkezet mozgása és torzulása a nyomás hatására

grafikus ábrázolásával, hiszen a fénykép a kis elmozdulásokat már nem tudja eléggé érzékeltetni. A mérés pontossága egyébként $\mu = 0{,}03$ mm középhibával jellemezhető. (A mérés pontosságát a későbbiekben lényegesen fokoztuk.)

Az ábrából, amelyen egyébként a modell középső, tehát merevebb gyűrűvel biztosított vágata látszik, értékelhető a szelvény torzulása a nyomás függvényében, de azonos nyomásszinteken, tehát azonos mélységtartományokban összehasonlíthatók a különböző merevségű biztosítószerkezetek is. Ez a modell azonban azt is megadta, hogy az adott körülmények között milyen távolságra telepíthetők egymástól ilyen vágatok anélkül, hogy azok egymásrahatása jelentősebb károsodást okozna. A vágatok közötti távolság (L_v) a vágat átmérőkben (d) kifejezve, itt a

$$4{,}2\ d < L_v < 6{,}3\ d$$

határokkal jellemezhető, vagyis a valóságban $d = 3$ m esetén, a minimális távolság mintegy 15 m kell legyen a vágattengelyek között mérve.

A most bemutatott modellen alkalmazott viszonylag nagy terhelés, amely a valóságban mintegy 800 m mélységben végzett művelésnek felel meg, utal arra, hogy vizsgálataink főleg a hazai mélybányászat problémáira koncentrálódtak. Elsősorban a mecseki, változó vastagságú és dőlésű liasz-kőszéntelepek feltárása és fejtése kapcsán jelentkező feladatokra. Ezen a területen a többtelepes szintművelés következtében, kereszt- és irányvágatok gyakran kerülhetnek a nagy kőzetmozgást kiváltó fejtési üregek közvetlen hatása alá, és ez a jelenség analitikai úton nem vizsgálható, csak modelleken, ill. bányabeli mérésekkel szerzett adatok értékelésével közelíthető.

Az 5. ábra azt a modellt mutatja, amelyen egy 3,6 m átmérőjű körszelvényű, fedűben kihajtott irányvágat látszik egy 45° dőlésű, 1 m vastagságú telep fölött, ill. arra merőlegesen mérve, a valóságban 15,5 m távolságra. A vágat a külszín alatt 400 m mélységnek megfelelő terhelés alatt áll.

A közvetlen fedű és fekű rétegeit a pontos méretekkel a 6. ábrán külön is kirajzoltuk.

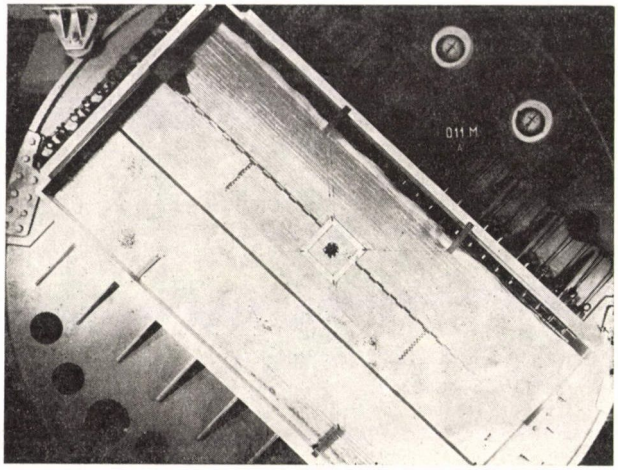
Az ábráról a természetes kőzetanyag nyomószilárdsága (egytengelyű), és térfogatsúlya is leolvasható.

A modell lineáris méretaránya

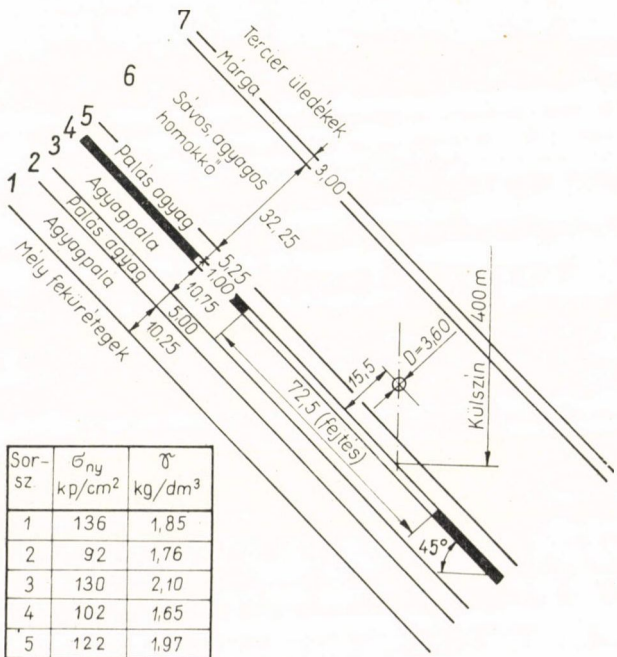
$$\lambda = \frac{1}{50}$$

A 7. ábra az aláfejtés előtt mutatja a modellt, a mérési pontokkal és a modelltől független koordinátarendszerrel.

A 8. ábrán a dőlésben felfelé haladó omlasztásos fejtés már elhaladt a vágat alatt. A lefejtés sebessége a valóságban 1,3 m/nap értéknek felelt meg, a fejtés kifutási hossza 72,5 m volt.

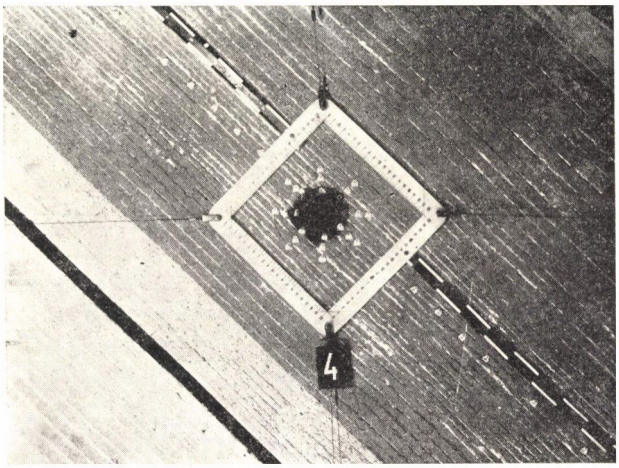


5. ábra. Vágat-aláfejtés 45° dőlésű telepben (kezdő állapot)

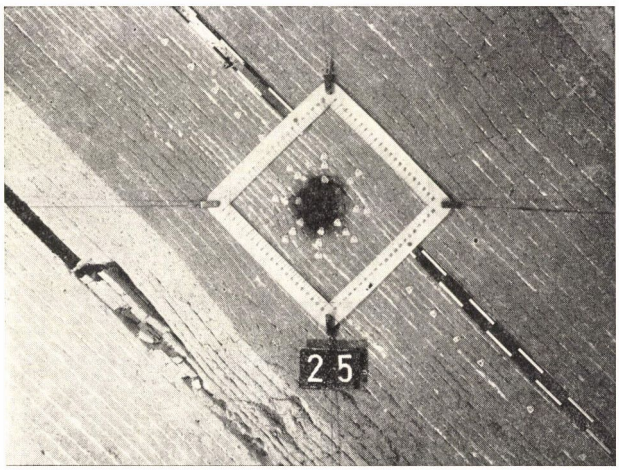


Sor-sz	σ_{ny} kp/cm²	γ kg/dm³
1	136	1,85
2	92	1,76
3	130	2,10
4	102	1,65
5	122	1,97
6	163	1,61
7	109	1,86

6. ábra. Vágat-aláfejtés modelljének terve



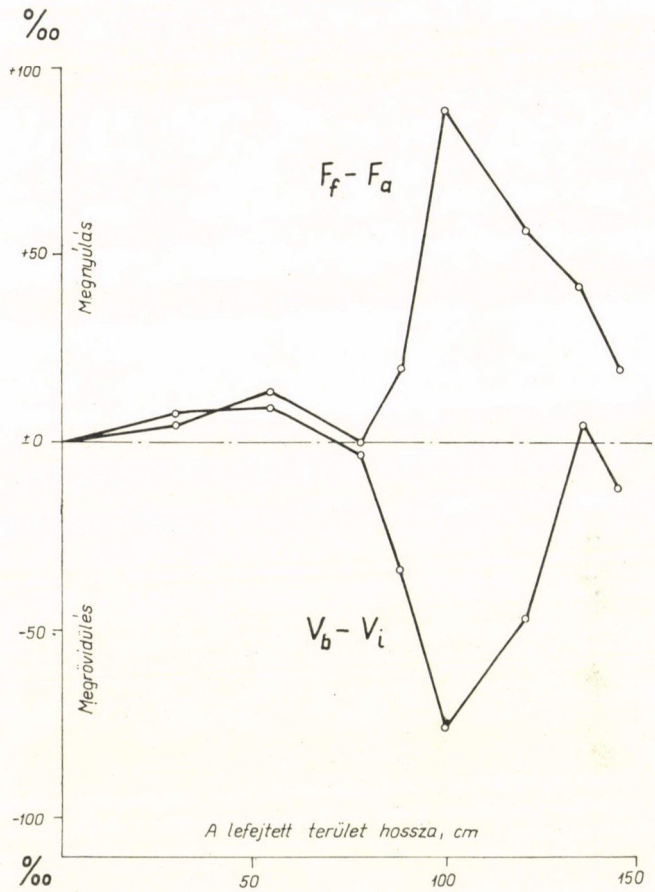
7. ábra. Vágat-aláfejtés 45° dőlésű telepben (4. fejtési szakasz utáni állapot)



8. ábra. Vágat-aláfejtés 45° dőlésű telepben (25. fejtési szakasz utáni állapot)

Az adott körülmények közötti vágatdeformációk értékeléséből a 9. ábrán most csak a körszelvény két merőleges átmérőjének fajlagos hosszváltozásait mutatom be.

Látható, hogy az aláfejtés kezdeti szakaszában mind a függőleges, mind pedig a vízszintes tengely valamennyire megnyúlik. A terhelés alól bizonyos mértékig felszabadult szelvény „megnő", kiterjed. E nyúlások azonban legfeljebb 10—15‰ nagyságrendűek. Amikor a vágat középpontjából a telepre húzott normálist a fejtés homloka eléri, már szinte az eredeti állapot állt vissza. A fejtés továbbhaladásával bekövetkezik a gyors alakváltozás. A függőleges tengely erősen megnyúlik (87,7‰), a vízszintes tengely viszont majdnem ilyen



9. ábra. A vágatátmérők hosszának fajlagos változása

mértékben megrövidül (76,3‰), vagyis a körszelvény álló ellipszissé torzul. A modell igazolja az elméletet, legfeljebb annyival mond többet, hogy kvantifikált értékeket és összefüggéseket szolgáltat. A vágattengelyek (átmérők) elcsavarodása természetesen ugyancsak pontosan regisztrálható.

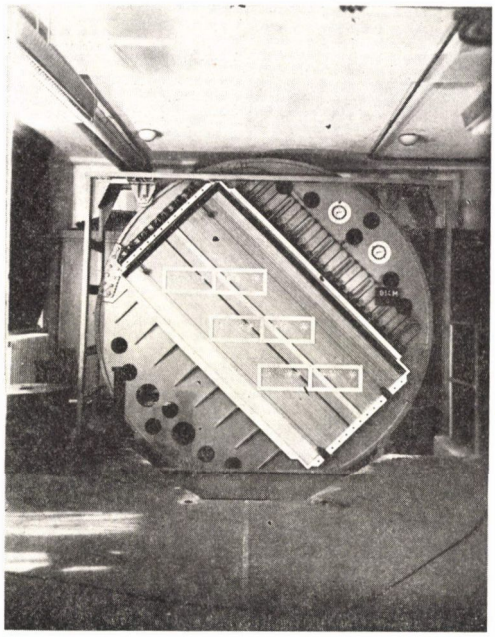
A vékony telep lefejtése által okozott csekély mértékű mozgást a vágat elviselte, a teleptől mért távolsága tehát kielégítő volt. A lefejtés után visszaállott egyensúlyi helyzetben egy enyhe ellipszis alakú maradó alakváltozás jelzi a folyamat végét.

Ez a kísérlet szinte egyértelműen adja fel a következő kérdést: milyen legyen az irányvágatoknak a teleptől mért optimális távolsága? Túl közel vezetett irányvágatok erősen deformálódnak, túl messzire telepítettek pedig jelentősen növelik a segédkeresztvágatok hosszát. Nyilván lehet optimalizálni a kőzetek tulajdonságainak, a lefejtett telep vastagságának, a fejtés módjának és még egy sor tényezőnek a függvényében.

A körszelvényű vágatokkal kapcsolatos számos vizsgálat közül most már befejezésül csak egy modellt mutatok be.

A 10. ábra modelljén már két 45° dőlésű telep, három szint és szintenként egy-egy telepben kihajtott körszelvényű csapásvágat, valamint két-két különböző távolságokra elhelyezett fekü-, ill. fedü-irányvágat látható.

A szintek a külszíntől 500, 550 és 600 m mélységben vannak, telepvastagság 1,5, ill. 2,0 m. A fejtési, vagyis a szénben hajtott vágatok átmérője 4 m, a fekűben, ill. fedűben telepített irányvágatoké 4,5 m.



10. ábra. Aláfejtett irány- és keresztvágatok modellje

Egy ilyen modell mérési anyaga már igen sok adatot szolgáltat, és sokféle értékelést tesz lehetővé. Mindezek bemutatására itt nincs lehetőség. Csupán megjegyzem, hogy a kísérlet végeredménye a fekűvágatok távolságára 8 m, a fedűvágatok távolságára pedig 15 m optimálisnak modható értéket adott, mindenkor a telepre merőleges egyenes mentén mérve. A fedűkőzetek erős összetöredezése a fejtés fölött 10—12 m-ig terjedt. Mindez persze a lefejtés sebességének állandóságát és a vágatra viszonyított „többletfelület" lefejtését is feltételezi.

Modellvizsgálatok a kőzet–biztosítószerkezet együttműködésére frontfejtésekben

A 60-as évek eleje óta a bányászat korszerűsítésének főiránya a földalatti koncentráció [3]. A fejtési homlokhossz növelését nálunk sok esetben az elő-

fordulások tektonizáltsága erősen korlátozta és sajnos a kifutási hosszat is. Mégis központi kérdéssé vált a lefejtés sebességének növelése, vagyis az egy fejtésre eső napi termelés fokozása, a fejtési munkafolyamatok komplex gépesítése révén. Tért hódítottak a különböző súrlódásos és hidraulikus támok, majd a gépesített biztosítószerkezetek. A biztosítás szabályainak megfogalmazása nem nélkülözhette a bányabeli mérések sorozatát [4] — ezeket általában konvergenciaméréseknek neveztük — a laboratóriumi vizsgálatokat, közöttük az ekvivalens modelleket sem.

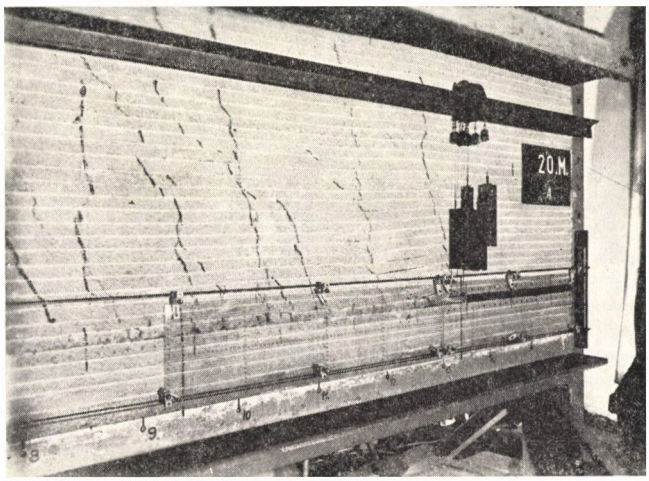
A mérések — bányában és modellen — arra irányultak, hogy statisztikai összefüggéseket (korrelációkat) állapítsanak meg a támreakció, a fejtési sebesség, esetleg a kőzetek tulajdonságai, vagy a termelés technológiai folyamatának, e folyamat egyes szakaszainak hatásmechanizmusa, valamint a fejtési üreg főte-, ill. talpsíkjának elmozdulása, és e mozgást térben és időben jellemző különböző tényezők között. A nagy mennyiségű mért adat gépi feldolgozása néhány jól használható korrelációs egyenletet szolgáltatott. Több helyen lehetővé tette az optimális támsűrűség megállapítását, néhány — a gyakorlat számára — fontos szabály megfogalmazását. Csak példaként utalok itt az egyes biztosító keretek vagy pajzstagok jövesztés utáni, gyors előreléptetésének szükségességére, a főtetartó vagy a süveg vége és a homlok közötti távolság szerepének nagy jelentőségére az egész fejtési technológia szempontjából, beleértve a front biztonságos üzemmenetét is; a fejtési homlok kidőlésének veszélyét, ill. e veszély elhárításának lehetőségét stb. De utalhatnék olyan — nyugodtan nevezném — „forradalmi" tettre is, mint amilyen pl. volt az ún. „kalitkák", a famáglyák felszámolása, elhagyása, amelyek nélkül pedig korábban frontfejtést el sem lehetett képzelni. Szükségtelenségét ugyancsak a mi méréseink mutatták ki. Végül pedig meg kell említeni azt a sok munkát is, amely 1952—58 között, majd pedig 1964 óta folyt, ez utóbbi szakaszokban üzemi és gépgyártó szakemberekkel együtt, a világviszonylatban is korszerű, új biztosítószerkezet: a magyar fejtési páncélpajzs kialakítása érdekében. Ma több tucat működik belőle sikeresen a Ruhr-vidék szénbányáiban.

A vizsgálatok részleteit azonban mellőznöm kell. A fejtési modellek közül csak egyet mutatok be a következő ábrákon.

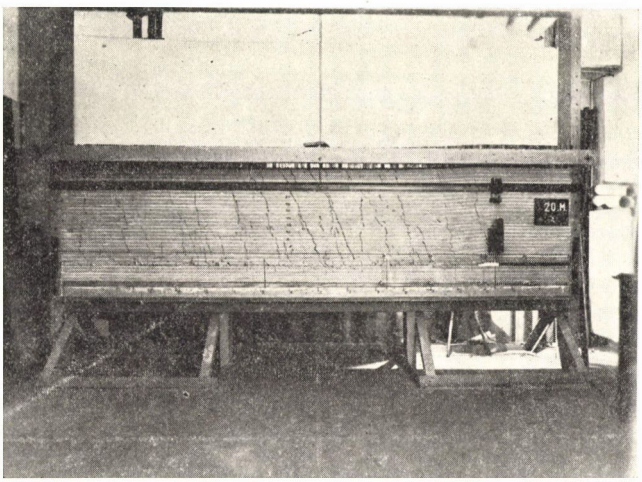
A 11. ábrán látható a modell, már a telep egy részének a lefejtése után. A telepet változó, mégpedig 1,25—2,50—5,00 m/nap sebességgel fejtettük le. (Ezek az értékek a valóságra vonatkoztak.) A fejtési biztosítószerkezet — itt három támsor — reakciója állandó volt. Ezt az erőt az ábrán látható ellensúlyok biztosították.

Az ábrán már a fedűben kialakuló törések is jól láthatók, sőt a 12. ábra az omlás periodicitását is megadja, ami a megválasztott körülményekkel összefüggésben, jellemző távolságokat és hajlásszögeket mutat.

A modellen végzett mérések alapján — bizonyos mértékig — általánosítható megállapításokat is lehetett tenni. Ezekből idézek néhányat:



11. ábra. Konvergenciamérés modellen



12. ábra. Konvergenciamérés ekvivalens modelleken (végállapot, az omlások periodicitásával)

a) a konvergenciának a lefejtés sebességének függvényében optimuma van; jelen esetben a legkisebb konvergencia a 2,5 m/nap sebességnél következett be;

b) egyenlő szilárdságú fedű, szén és fekű esetén, az összes konvergencia 82—95%-a fedű süllyedéséből, 5—18%-a a fekű emelkedéséből adódik;

c) a fedűben és a fekűben horizontális mozgás is van, a fekű mozgása az egyenletesebb;

d) a fedűben kialakuló törések hajlásszöge csökken a lefejtés sebességének növelésével;

e) az ún. WEBER-féle üregek, azaz a fedűkőzetek réteglapok mentén történő elválása folytán keletkező üregek, amelyek mint víztárolók veszélyforrást is jelenthetnek, a lefejtés sebességének növelésével megnyúlnak (hosszabbak lesznek), de magasságuk csökken, tehát vízzel telített állapotban, nagyobb felületre eloszló, tehát kisebb fajlagos terhelést jelentenek;

f) az omlás felőli oldalon a sebesség fokozásával növekszik a felfekvés távolsága.

Még több, ilyen és ehhez hasonló, az optimális fejtési technológia kialakítása szempontjából fontos és hasznos megállapítást lehetett tenni. Közöttük számszerűsíthető összefüggések is voltak. Így például felírható volt a relatív konvergencia, a fejtési homloktól mért távolság, az idő, a sebesség vagy a támreakció függvényében.

Rétegrepesztő robbantások modellezése

A rétegrepesztő mélyrobbantások célja a tárolókőzetek áteresztőképességének növelése azért, hogy a folyadék, ill. a gáz a fúrólyukba juthasson, onnan pedig kitermelhető legyen. A hazai energiahordozó-készletek jobb hatásfokú kitermelésének szükségességéről és jelentőségéről — úgy gondolom — most nem kell külön is értekezni, indoklásokat felsorakoztatni. Az energiahordozók termelésével, elosztásával kapcsolatos kérdések bevonultak a „mindennapok" témái közé.

Mélyfúrásaink mintegy harmada bizonyul meddőnek, nem mintha nem harántolná a megfelelő, egyébként produktívnak ismert szinteket, ill. rétegeket, hanem azért, mert a fúrás helyén, annak közvetlen környezetében a kőzet annyira tömör, áteresztőképessége nincs vagy oly csekély, hogy a beáramlás nem indulhat meg, és ez a helyzet a hagyományos rétegnyitási eljárásokkal sem javítható. Ilyenkor újabb fúrás vagy fúrások telepítése válik szükségessé.

Ilyen okok miatt hazánkban jelenleg több millió tonna kőolaj és több 100 millió m^3 földgáz egyelőre kitermelhetetlen.

Először a Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának 1971. április 8—9-én megtartott II. Anyag- és Energiaáramlási Ankétján, majd az 1972. május 11-i Osztályülésen tartott előadásomban [5, 6] jelentettem be, hogy megkezdtük, és már sorozatban végezzük az ún. rétegrepesztő mélyrobbantásokat kőolaj-, ill. földgáztermelő kutak produktivitásának növelésére. Azóta ez a munka folyamatosan haladt és fejlődött mind elméleti, mind technológiai vonatkozásban. Újabban vízkutató fúrásokban is végeztünk már ilyen robbantásokat. Az eddig végrehajtott robbantások közül több volt egyértelműen eredményes.

Mindezeket csak azért bocsátottam előre, hogy aláhúzzam a kutatás fontosságát ezen a területen is, hozzátéve ehhez azt, hogy ebben a témakörben is folytattunk és folytatunk jelenleg is modellkísérleteket.

A jelenség amit modellezni kell, azonban sokkal bonyolultabb annál, mint amelyeket eddig ismertettem, s amelyekről eddig látott modelljeink is készültek. Itt a robbanóanyag dinamikus hatása csak mintegy megindítja az üregképzés, a kőzettörés folyamatát, de a repedéshálózatot már a robbanás során fejlődő, nagy mennyiségű gáz expanziója terjeszti ki, s a savas oldat maró hatására a kőzetben kialakuló felületek egyenletlenségei tartják nyitott, áteresztőképes állapotban.

Világos, hogy a téma ma még nincs lezárva. Első modellkísérleteink csak a jelenség kialakulásának néhány minőségi jellemzőjét igyekeztek megközelíteni. Bár azzal a korántsem titkolt szándékkal, hogy a robbanóanyag energiája és a repedéshálózat kiterjedése között némi — legalább tájékoztató, statisztikai jellegű — kapcsolatot szeretnénk találni.

A rugalmasnak feltételezhető kőzetben a detonáció nyomóhullámának hatására a lyukfalon fellépő (p_0) nyomás a lyuktengely körüli koncentrikus körök mentén gyűrűs húzófeszültségeket ébreszt (σ_h), amelyek a repedéseket elindítják. A rugalmas, kis húzószilárdságú kőzetben ezek a repedések nem hatolnak túl mélyre. Mégis pl. a Bajcsa-35-ös kútban a repedések valószínű kiterjedése eléri vagy meg is haladja egy kb. 30 m sugarú kör határát, tehát a gázexpanzió és az egyéb tényezők — mint látható — igen jelentősek lehetnek.

Az eddig használt hasonlósági modelltörvények itt már nem alkalmazhatók, legalábbis az előbbiekben ismertetett egyszerű formában nem. A modellben nem is volna használható ugyanaz a robbanóanyag, mint a valóságban, hiszen azonos vagy majdnem azonos detonációs jellemzők érvényesülnének a csökkentett méretű modellben, és a természetes kőzetben egyaránt. (Bár a detonáció zavartalan lefolyása szempontjából határértéknek tekinthető kis töltetátmérő esetében a detonáció sebessége erősen lecsökken, de ez a csökkenés nem szabályozható a modelltörvénynek megfelelően.) Nem szólva a 2—3000 m mélységből adódó hőmérséklet- és nyomásparaméterekről stb.

Éppen ezért a kísérletek első fázisát a rugalmas anyagban a robbantás dinamikus hatására kialakuló feszültségi állapot folyamatábrájának rögzítése képezte.

A robbantás viszonylag kis átmérőjű fúrólyukakban történik, ezért nagyobb energiamennyiséget csak a töltet hosszának jelentős növelésével lehet a megfelelő helyre juttatni. Hogy a hatás növelhető legyen, a töltet indítása egy hasítósík esetén a két végpontból egyszerre történik, és általában a szükséges hasítósíkok száma (n_{hs}) és a robbanást indító detonátor-elemek száma (n_{dt}) között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$n_{dt} = n_{hs} + 1$$

A töltet végpontjain egy-egy, közbenső szakaszain páros (kettes vagy iker) detonátorokat kell használni.

Egy ilyen robbantás által előidézett feszültségoptikai kép felvételéhez meglehetősen bonyolult berendezést kellett létrehozni, és így is csak a színsávok (izokrómák) képét lehet rögzíteni, amelyek a terhelés hatására változtatják alakjukat és rendszámukat. A gyors folyamat miatt a fényszűrők állásának változtatása (legalább 8 szűrőállás) nem oldható meg, s így a főfeszültségek irányait ezek a képek nem mutatják. A jelenség a modellben 240 μs (1 $\mu s = 10^{-6}$ s) alatt lejátszódik. A felvételt a folyamat rögzítésére olyan filmfelvevőgéppel kell készíteni, amelynek teljesítőképessége vagy felvételi sebessége 100—200 000 kép/s, és olyan fényforrásra van szükség, amely a polarizált fény előállításához szükséges szűrőkön áthaladva is még elég erős ahhoz, hogy az egy felvételre eső kb. 5—6 μs alatt a filmkockán értékelhető nyomot (képet) adjon. Ilyen fényforrást csak nagy feszültség hatására elégő, ill. robbanó fémszálakkal (Al, Cu) lehet előállítani. A modell és a működtetés egyes elemei külön-külön is hosszas kutató munka eredményei, működésük szinkronizálása pedig ugyancsak önálló tanulmány lehetne. Itt a részleteket mellőzni kell, csak megemlítem, hogy a berendezésnek azt kellett biztosítania, hogy a felvevőgép indítása és felvételre kész állapotba kerülése, a fényfelvillanás indulása és a robbantás indítása egymást 100 μs-nyi időn belül kövesse, és minden folyamat egyidőben érje el legkedvezőbb paramétereit. Lényegében a fényforrás kisülési árama indukciós úton kapcsolja a tirisztoros robbantógépet.

A gyors filmfelvételek nem adnak vetítésre alkalmas ábrákat, ezért azokat a filmkockákról készített rajzok alapján mutatom be.

A 13. ábra az 1 cm hosszúságú mikrotöltet elrobbantásának hatására kialakuló izokróm vonalakat mutatja különböző időpillanatokban. A 40 felvételből 8 db jellegzetes állapotot választottunk ki.

Ugyanezt mutatja a 4. ábra a 2 cm hosszúságú, tehát az előzőhöz képest kétszeres energiatartalmú töltettel történt robbantás után.

A 15. ábra a 4 cm hosszúságú töltet hatását mutatja.

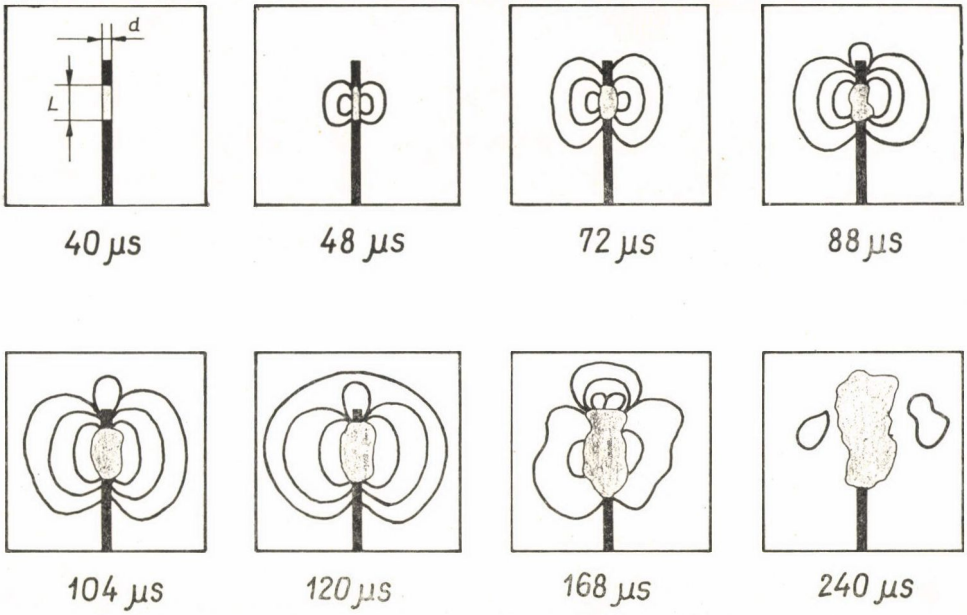
A részletes elemzést elhagyva, a fontosabb megállapítások:

a) a feszültségek csúcsértékei mindenkor a szembeindított töltet hossztengelyére merőleges síkban alakulnak ki.

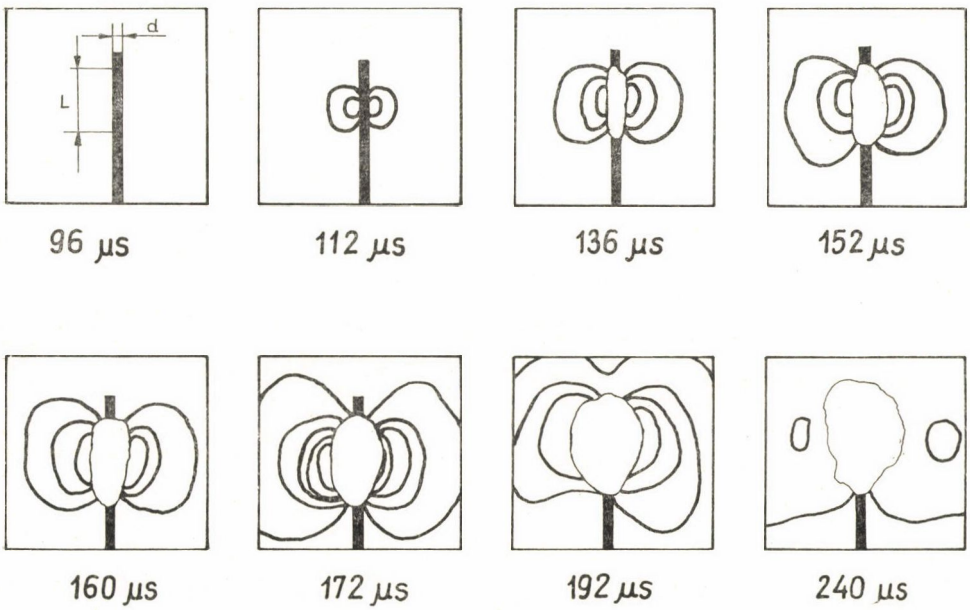
b) a maradék feszültségek, a törés után a modell anyagába „befagyasztott" képek formájában is mutatják a leginkább igénybevett helyeket az elliptikus kitörés hossztengelyére merőlegesen.

c) a töltethossz növelése a képződött üreg, ill. az összetört tartomány kiterjedését növeli, de egyértelmű törvényszerűségeket e vonatkozásban még korainak tartjuk megfogalmazni. Az összetört tartomány időbeni kialakulását a 16. ábra mutatja.

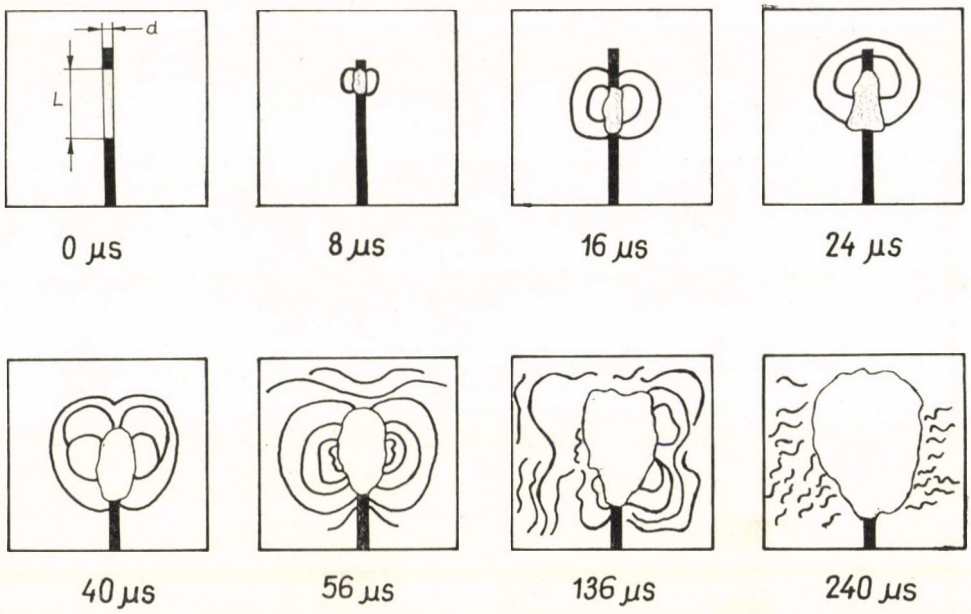
Végül néhány ábrán bemutatom a modellekről készült felvételeket a végállapotban. Láthatók a robbantás hatására kialakult törések és repedések,



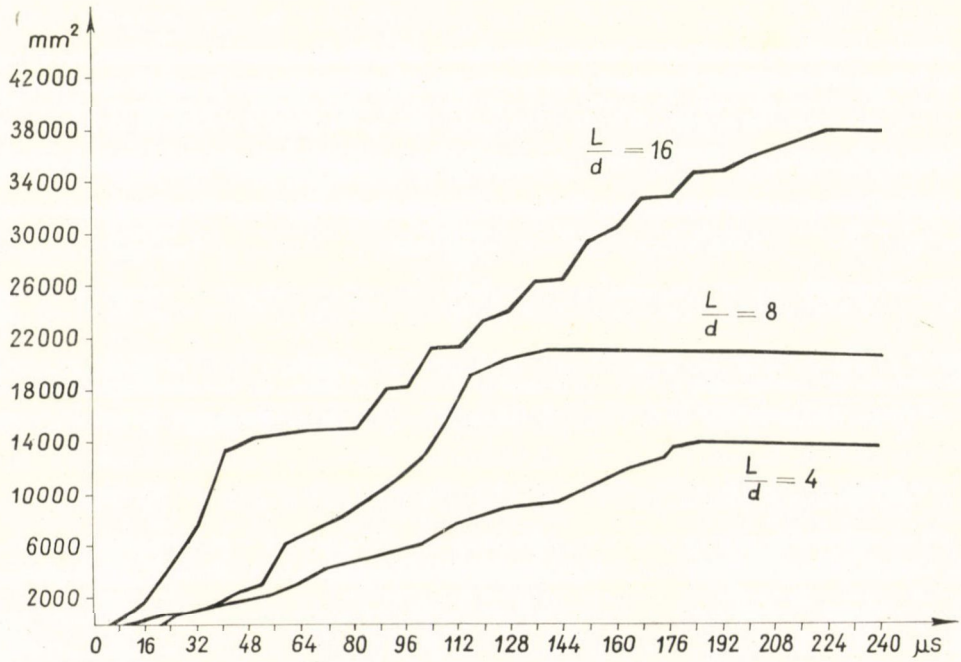
13. ábra. Izokromáták a rétegrepesztő robbantások folyamatának modelljéről
Töltet: $\frac{L}{d} = 4$



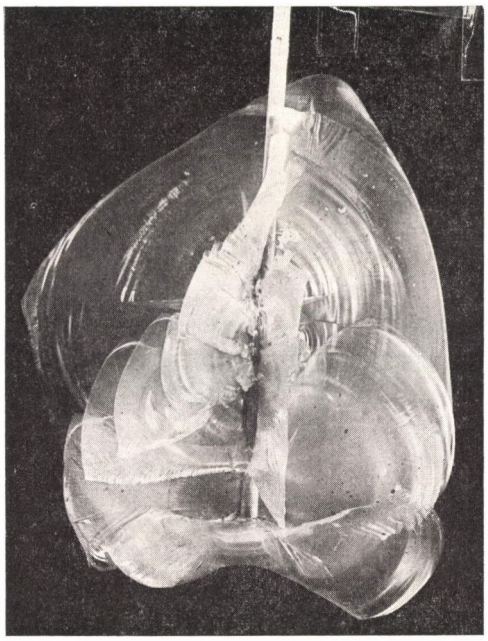
14. ábra. Izokromáták a rétegrepesztő robbantások folyamatának modelljéről
Töltet: $\frac{L}{d} = 8$



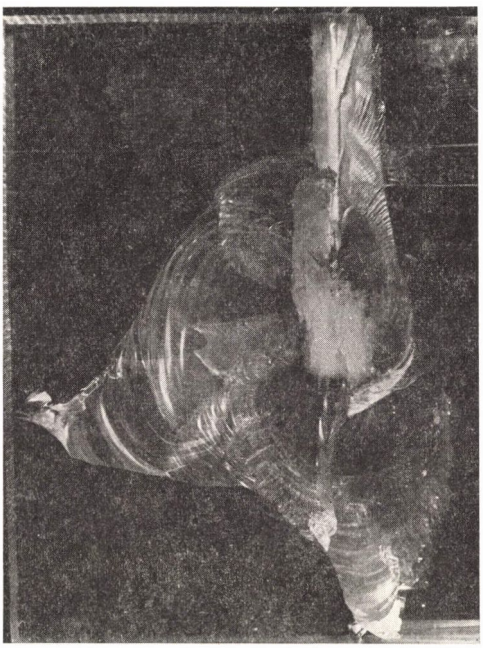
15. ábra. Izokromáták a rétegrepesztő robbantások folyamatának modelljéről
Töltet: $\frac{L}{d} = 16$



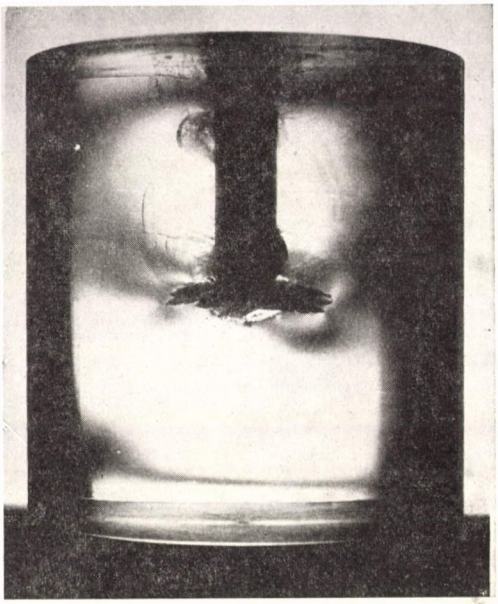
16. ábra. A tönkremenetel időbeni változása



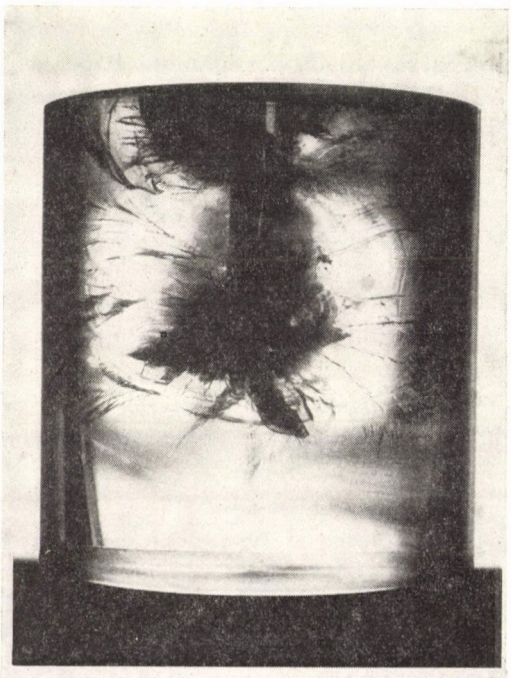
17. ábra. A modell végállapota az $\frac{L}{d} = 4$ töltet esetén



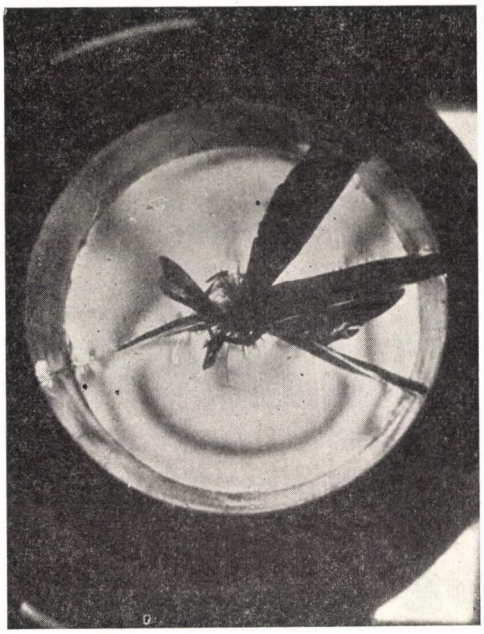
18. ábra. A modell végállapota az $\frac{L}{d} = 16$ töltet esetén



19. ábra. Végállapot polarizált fényben $\frac{L}{d} = 4$ töltetű hengeres modell esetén



20. ábra. Végállapot polarizált fényben $\frac{L}{d} = 16$ töltetű hengeres modell esetén



21. ábra. Végállapot polarizált fényben $\frac{L}{d} = 16$ töltetű hengeres modell esetén (az alap felől)

sőt a megmaradt feszültségcsúcsok is. A 17. ábra az 1 cm-es, a 18. ábra a 4 cm hosszúságú töltettel végzett robbantás végállapotát mutatja.

A 19., 20. és 21. ábrák a hengeres modelleket mutatják, a 19. és 20. a hengert álló helyzetben, a 21. pedig az alapja felőli nézetben ábrázolja. Az egyik egy 1 cm-es, a másik egy 4 cm-es töltet hatását rögzítette. Az összetört tartományon kívül a feszültségkoncentrációk helyei is láthatók. Jól kivehetők a húzófeszültségek hatására kialakul sugárirányú repedések.

Ezek a vizsgálatok még korántsem tekinthetők lezártaknak, s ezért végleges következtetések levonására még nem alkalmasak. Legfőbb eredményeik azonban egyeznek az elméleti feltevésekkel, s a gyakorlat sem mond nekik ellent.

Szerettem volna megmutatni a modellek szerepét, jelentőségét a tudományos megismerés folyamatában. A modell is elvonatkoztatás, akárcsak a fogalomalkotás, és ezért nélkülözhetetlen a gondolatok, a tudományos összefüggések helyes megfogalmazásához.

A jelenségeknek az a köre, amelyre alkalmazásukat megkíséreltem, túlságosan is bonyolult ahhoz, semhogy túl egyszerű feladatot kínáljon a kutatás számára. Viszont egy cseppnyi hozzájárulás az összesség ismereteinek bővítéséhez, már nem teszi fölöslegessé a befektetett erőfeszítéseket.

Talán vonatkoztatható ez erre a munkára is.*

* Itt mondok köszönetet azoknak a kitűnő munkatársaimnak, akik segítségemre voltak e kísérletek kialakításában és végrehajtásában.

IRODALOM

1. MARTOS F.: Fejtésekkel kapcsolatos kőzetnyomás és kőzetmozgás vizsgálata modellezés útján. Bányászati Lapok, **4,** 169—182, 1954.
2. MARTOS, F.: Modellversuche zur Bestimmung von Bewegungsfeldern im unterbauten Deckgebirge. Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung., **2,** 121—129, 1967.
3. MARTOS F.: A földalatti koncentráció kialakításának lehetőségei és feltételei a hazai szénbányászatban. Bányászati Lapok, **11,** 827—831, 1963.
4. MARTOS F.—ZOLTÁN T.: Néhány adat a mellékkőzetek és a biztosítószerkezetek együttműködésének törvényszerűségeihez. Bányászati Lapok, **11,** 736—741, 1964.
5. MARTOS F.: A szilárd ásványbányászat hatása a felszínre és a felszínközeli vizek áramlására. II. Anyag- és Energiaáramlási Ankét, Bp. 1971. Akadémiai Kiadó, 149—165, 1972.
6. MARTOS F.: Föld alatti nagyrobbantások néhány kőzetmechanikai és robbantástechnikai problémája. BKL Bányászat, **105,** 9, 577—580, 1972. (MTA közgyűlése keretében a Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya ülésén 1972. május 11-én elhangzott előadás.)

HELYZETKÉPEK

LEMEZTEKTONIKA ÉS PALEOBIOGEOGRÁFIA

GÉCZY BARNABÁS
A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Bevezető

Jogos-e a lemeztektonikai kérdések őslénytani megközelítése. Ami a kontinensvándorlás *feltevését* illeti, a mérleg az őslénytan számára kedvező. WEGENER-nek 1911-ben a drift-elmélet végleges kidolgozására az indítékot a Brazília és Afrika közt fennálló őslénytani egyezések adták meg (vö. WEGENER, 1922). Magyar részről NOPCSA (1934) is, Európa és Észak-Amerika paleozóos terapoda faunájának egyezését a kontinensek kapcsolatával, majd utólagos szétválásával magyarázta (vö. MILNER et PANCHEN, 1973). — Abban az időben viszont, amikor a kontinensek vándorlása az akkori geofizikai ismeretek alapján elfogadhatatlannak tűnt, az őslénytan a nyilvánvaló flóra- és faunaegyezéseket kénytelen volt áttételesen magyarázni, kontinentális hidak, szerencsés elterjedési körülmények stb. segítségével. Lényegében „fixista" alapokon nyugszik SIMPSON (1953 etc.) életműve és TERMIER (1952) paleobiogeográfiai térképsorozata. Újabban WESSON (1972) — MEYERHOFF-ra hivatkozva — az egykori flórából és faunából stabil kontinensekre következtetett. Nehéz lenne tehát azt állítani, hogy az őslénytani anyag a kotinensek vándorlásának feltevését *egyértelműen* igazolja.

Megváltozott azonban a helyzet akkor, amikor a lemeztektonika, így a kontinensek vándorlása is, mennyiségi alapokon nyugvó *ténnyé* vált. A lemeztektonika globális jellege maga után vonja a földtudományok eddigi eredményeinek újraértékelését, közöttük kiemelkedő helyen az ősföldrajzi rekonstrukciók új alapokra fektetését (DICKINSON, 1972). Az óceáni és szárazföldi kéregrészek mozgását hangsúlyozó dinamikus szemlélet ugyanolyan lépést jelent a földtanban a korábbi, óceánok és kontinensek állandóságára alapozott statikus szemlélettel szemben, mint amilyen fejlődést hozott az őslénytanban DARWIN evolúciós elmélete, a korábbi fixista szemlélethez viszonyítva. MAXWELL (1970) jogosan nevezte el az utolsó fél évszázad földtanát WEGENER érájának.

SZÁDECZKY-KARDOSS (1971) és STEGENA (1972) magyar nyelvű, úttörő munkássága nyomán a lemeztektonika alapjait (LE PICHON, 1968) ismertnek tekintjük.

Kérdés: hogyan alkalmazhatók a lemeztektonikai eredmények a bioszféra történetének értékelésénél? Az élőlények nemcsak időben, hanem térben is élnek, *az őslénytan részben tértudomány*. A paleobiogeográfiai viszonyok tisztázása az őslénytan alapvető feladata. A lemeztektonikai mozgások befolyásolják az élőlények földrajzi elterjedését, az élővilág sokrétűségét, és kihatnak a törzsfejlődésre is. Indokolt tehát a lemeztektonika és a paleobiogeográfia viszonyát az area, a diverzitás és az evolúció szemszögéből vizsgálni.

Area

A lemeztektonikai mozgások biogeográfiai szempontból elsősorban a tengeri és a szárazföldi szervezetek *szélső* elterjedési határait szabják meg, és utólagosan átrendezik az eredeti elterjedési területeket.

HESS (1962) első megfogalmazásában „Az óceáni medencéket az impermanencia, a kontinenseket a permanencia jellemzi . . .". A szimaikus óceán és a szialikus kotinens szembeállítása itt geofizikai szempontból történt meg, nem pedig a geológia és a biogeográfia szempontjából szembetűnőbb tenger—szárazföld ellentétében. A kontinensek állandóságának elve nem zárja ki az időnkénti transzgressziókat és regressziókat. Ezek a tengerszint-változások azonban közvetlenül vagy közvetve a lemeztektonikai mozgásokhoz kapcsolódnak. A keletkező óceáni hátságok kiszorítják a tengermedencék víztömegét, ami a kontinenseken transzgresszióval jár. Megfordítva, a kontinensek kiemelkedése és szétesése (riftesedése) regressziót idéz elő (HALLAM, 1969; BROOKFIELD, 1969). Mivel a mozgások során a kontinensek egyesülhetnek (prekambriumi és permo-triász Pangea) vagy szétválhatnak, a mozgások befolyásolják a kontinensek, valamint a hozzájuk kapcsolódó — és a tengeri szervezetek számára elsőrendűen fontos — self területek méretét (VALENTINE, 1971).

Érthető tehát azoknak a munkáknak gazdagsága, amelyek adott időszak, adott növény- vagy állatcsoportjának térbeli elterjedését már a lemeztektonikai mozgások figyelembevételével vizsgálták, és általánosan értékelték (MIDDLEMISS et RAWSON, 1971; HALLAM, 1973; TARLING et RUNCORN, 1973).

A lemeztektonikai mozgások biogeográfiai értékelése kettős veszéllyel járhat: a fizikai tényezők túlhangsúlyozásával vagy teljes elhanyagolásával. A lemeztektonikai mozgások egész földfelszínre kiható dinamizmusa a lehetőségek olyan vonzó gazdagságát rejti magába, hogy könnyen hajolhatnánk arra a gondolatra, a lemeztektonikai folyamatok nemcsak befolyásolják, hanem végső fokon meghatározzák a szerves élet elterjedését. A mai megfigyelések azonban ezt a feltevést nem támasztják alá.

A növények és állatok elterjedését és megtelepedését *biológiai* tényezők is elősegíthetik vagy korlátozhatják. Figyelembe vehető itt:

— a spórák, magvak, illetve a lárvák súlya, mérete, lebegőképessége és élettartama, a felnőtt állatok mozgáskészsége stb.;

— a szállítást biztosító növények (uszadékfa, úszó sziget) és állatok (rovarok, madarak) úszó, illetve repülő képessége;
— az új környezetbe került szervezet tűrő- és alkalmazkodó képessége, ide értve azt a kapcsolatot ami a korábban ott élt szervezetek, és az újonnan jöttek között létesült (telítettség, verseny stb.).

A biológiai tényezők széles köre, mint amilyen az új anyagok felhasználása (kutin, mészváz) vagy új szervek megjelenése (pl. szállító szövet, coeloma, a melegvérűséget biztosító szív- és takarórendszer), illetve a szaporodás intenzitásával kapcsolatos túlnépesedés ugyanúgy elindíthatja az inváziót, mint azok a lemeztektonikai mozgások, amelyek az elterjedés kedvező fizikai feltételeit szélesítik ki.

Az elterjedés tehát nemcsak fizikai-ökológiai probléma, hanem genetikai és történeti is, ez utóbbi alatt értve a külső és belső tényezők dinamikus kapcsolatának időbeli kihatásait. Így érthető, hogy a vegetációtérképek ugyan szorosan a klímahatárokhoz igazodnak, a flóratérképek azonban már nem, és a faunaföldrajzi egységek mégkevésbé. A mai szárazföldi fauna-provinciák legjobban *magukkal a faunákkal* definiálhatók (HEWER, 1971). A biogeográfiai elkülönítés szempontjából tehát a faunák egyezése és eltérése a döntő tényező, nem pedig a köztük feltételezett földrajzi határ. Még a környezetre oly érzékeny növények esetében is indokolatlan lenne azt feltételezni, hogy az adott faj elterjedési határait közvetlenül a külső tényezők szabják meg (WALTER, 1970). Más szavakkal, a szervezet nem mindenütt él ott, ahol a fizikai feltételek alapján élhetne. A tengerben az elhatárolás lehetősége még kedvezőtlenebb (SYLVESTER BRADLEY, 1971). A Brachiopodák rövid ideig tartó lárvaállapota például nem engedi meg azt, hogy az egyik self területről a másikra, az óceánt keresztezve, áthaladjanak. A különböző self területek Brachiopoda-faunáinak eltéréséből tehát arra következtethetünk, hogy e területek között egykor óceán húzódott, ennek a „válaszfalnak" a szélességét azonban paleobiogeográfiai alapon már nem becsülhetjük meg.

Mindezek után érthető, hogy a mai biogeográfiai problémakört nem annyira a provinciahatárok megvonása köti le, mint inkább az olyan kérdések, mint az adott területen a bevándorolt és kipusztuló fajok egyensúlyának viszonya, ami quantitatív úton is megközelíthető (SIMBERLOFF, 1972). A fosszilis fajok areaja a fennmaradási lehetőségek esetlegessége miatt mindig bizonytalan. A paleobiogeográfia fő-feladatát a flóra-, illetve fauna-provinciák *határainak* pontos megvonása éppen ezért nem képezheti. Az *elkülönült provinciák felismerése* és jellemzése, ha nem is a teljes fauna, hanem csak a fennmaradásra alkalmas csoportok alapján viszont megvalósítható. Leghelyesebb, ha a paleobiogeográfiai térképek szerkesztése a fáciestérképek mintáját követi.

A paleobiogeográfiai értékelés szempontjából nagyon fontos az a szerep, amit a lemeztektonikai mozgások *utólagosan*, az egykor összefüggő areák szétszórásával, illetve az eredetileg távoleső areák egymás mellé helyezésével

okoznak. A kézikönyvek az egyes genusok földrajzi elterjedésének rögzítésénél általában megelégszenek a kontinens (Európa, Észak-Amerika stb.) megjelölésével. Ez azonban csak a lelőhely mai területegységét jelzi, és nem vonatkozik a taxon eredeti elterjedési körére. Lemeztektonikai meggondolások alapján Európa és a többi kontinens kontinentális kéregrészek kolliziójából alakult ki. Azok a keskeny orogén övek, amelyek Európát keresztülszelik (kaledonid, hercin, alpi öv) egy-egy szétnyíló, majd összezáruló óceán maradványai. Az Európa területén gyűjtött ősmaradványok eredetileg különböző óceánok (Protatlantikum, Theic, Rheic, Pleionic vö. McKERROW, 1972) különböző self területeinek a lakói voltak. Minél inkább távolodunk a jelentől, az utólagos mozgások hatásával fokozottabb mértékben számolni kell. Európa térképének viszonylag kis foltjain, mint Skóciában vagy Nyugat-Norvégiában a paleozoikumban különböző paleobiogeográfiai egységek kerültek egymás mellé (WILSON, 1966; NICHOLSON, 1971; GARSON et PLANT, 1973). A területileg úgyszintén kicsiny Pannon-medence mezozóos faunái eredetileg *két*, egymástól óceánnal (Tethys) elválasztott self területhez tartoztak, és utólag, összetett kolliziós és szubdukciót követő laterális mozgások során kerültek egymás mellé (GÉCZY, 1972). Magyarország tehát még a mezozoikumban sem tekinthető paleobiogeográfiai egységnek.

Az egyes fajok térbeli elterjedésnek rögzítése, általában a lelőhelyek táblázatos összeállításával vagy térképi ábrázolásával az őslénytani monográfiák állandó következménye volt. A lemeztektonikai eredmények felhasználásával ezknek a lelőhelyeknek „*visszarendezése*" a látszólagos areából a tényleges area megközelítése az őslénytannak új távlatokat nyitó feladata.

Diverzitás

A paleobiogeográfiai rekonstrukció, a faunaprovinciák elkülönítése lényegében két ellentétpáron nyugszik:

— a *taxonok hasonlóságán és különbözőségén*, ami qualitatív;

— a *taxonok sokféleségén és egyhangúságán*, ami quantitatív értékelés.

A hasonlóság és a különbözőség az összehasonlított területek endemikus alakjainak arányával mérhető, a diverzitás a különböző területeken élő taxonok számával, illetve a taxon- és egyedszám (denzitás) viszonyával fejezhető ki.

A diverzitás a fizikai környezet bioszférára gyakorolt hatását tükrözi. Mivel a fizikai környezetet az egész földfelszínre kiható lemeztektonikai mozgások befolyásolják, ennek megfelelően a diverzitás is általános jelenség. A diverzitás geonómiai jelentőségét a mennyiségi kifejezhetőség növeli. Nem véletlen tehát, hogy a diverzitás fontosságát a paleogeográfiai viszonyok rekonstruálásánál számos szerző (FISCHER, 1961; VALENTINE, 1968, 1969,

1970, 1971; VALENTINE et MOORES, 1972; HALLAM 1972, 1973; RAUP, 1972; KAUFFMAN, 1973; STEHLI, 1973 etc.) hangsúlyozta.

A *magas diverzitás*, az egyedszámhoz viszonyított nagy taxonszám a környezeti feltételek állandóságára, stabilitására utal. Állandó mennyiségű energiaforrás állandó táplálék termelést, és annak sokoldalú teljes felhasználását biztosítja. Így számos elemből összetett élelemlánc alakulhat ki. Az állandó feltételek mellett lehetőség nyílik a sokoldalú alkalmazkodásra. A számos, állandó, kicsiny, meghatározott környezethez és táplálékhoz alkalmazkodott populáció betölti a szűk és különböző ökológiai „zugokat". A tengerben a szervezetek az összes lakható területet birtokukba vehetik, az iszapban élő inbenthosz szervezetek mellett a tengerfenéken élő, epibenthonikus szervezetek is jelentősek. Az endemikus alakok a specializálódásnak és a kedvező körülményeknek megfelelően gyakoriak. Az *alacsony diverzitást* a környezeti feltételek váltakozása, labilitása idézi elő. Az energiamennyiség ingadozása a táplálék termelés váltakozásához vezet, időnként hirtelen felszaporodó, majd rohamosan csökkenő plankton-termeléssel, és ehhez alkalmazkodó, gyorsan szaporodó, de ugyanígy gyorsan pusztuló, tágas de egyhangú populációval. Az élelem felhasználása tökéletlen, az élelemlánc hiányos. A sok szerves detritus inkább az infaunának kedvez, mintsem az epifaunának. A váltakozó feltételek stress hatását csak kevés szervezetcsoport viseli el, ezek viszont nagy területen elterjedtek. Az endemikus alakok tehát ritkák, az ubiquisták gyakoriak (VALENTINE et MOORES, 1972).

A bioszféra diverzitására ható fizikai tényezők közül a *klíma* a legjelentősebb.

Különösen a fény-, hő- és csapadékeloszlás egyenletessége lényeges. Ennek megfelelően a legmagasabb diverzitás az egyenlítő-körüli területeken található, a szárazföldön és a tengerben egyaránt. Az egyenlítőtől a pólusok felé távolodva a diverzitás fokozatosan csökken (latitudinális diverzitás változás). A kiegyenlített feltételekkel jellemzett mélytengeri régiókban a diverzitás viszonylag szintén magas (MENZIES et al., 1973). Az éghajlat szélsőséges ingadozásához hasonlóan más tényezők váltakozása csökkenti a diverzitást (sótartalom-változás, árapályövi vagy oszcillációs változások). Ez utóbbiak természetesen függetlenek a földrajzi szélességtől.

Az éghajlat kiegyenlítettsége vagy szélsőséges volta függ a kontinensek *méretétől*, *kiemeltségi* fokától és pólushoz viszonyított *helyzetétől*. Az elkülönült, vagy részben tengerrel borított kontinenseken, különösen ha az egyenlítő közelében helyezkednek el, a klíma kiegyenlített. A planetáris szélrendszer gyengébb, a tengeráramok sebessége csökken és a tengervíz sótartalma állandóbb (GORDON, 1973). A pólus körüli óceán hideg vizét a trópusi víztömegek melegítik fel. — A kontinensek egyesülése viszont szélsőséges klímát eredményez, meleg nyárral, hideg téllel és erős monszun hatással. Amikor a kontinens kiemelt helyzetű, tehát a nagyarányú regressziók idején, a szélsőségesség

fokozódik. A kontinentális hatás akkor a legnagyobb, amikor a kontinens a pólusnál helyezkedik el. Ilyenkor az évi középhőmérséklet lecsökken, és a mérsékelt éghajlati öv összeszűkül.

A lemeztektonikai mozgások a kontinensek méretét, kiemeltségét, és a pólusokhoz viszonyított helyzetét egyértelműen befolyásolják. Amennyiben a Föld klímarendszerét változatlannak tekintenénk, a pólus vagy egyenlítő irányában elmozduló lemezen akkor is klímaváltozás mutatkozna, hiszen a lemez szükségképpen keresztezné a klímaöveket. Az adott területen („szelvényben") megfigyelhető, hosszú időn át egyirányú diverzitásváltozás egyik oka a latitudinális lemezmozgás lehet. Az egyenlítővel párhuzamos irányú, longitudinális lemezmozgás viszont a diverzitást elvben nem változtatja meg. Mindez elsősorban a kontinentális lemezek szárazföldi részére vonatkozik. A tengerben az áramlás okozta hőszállítás miatt a kérdés összetettebb. A melegigényű zátonyépítő korallok diverzitása ma nem az egyenlítőnél a legmagasabb, hanem attól kissé északabbra, ahol a tengervíz az áramlások hatására a legmelegebb (STEHLI et WELLS, 1971).

Magyarország északnyugati része a mezozoikumban a széles értelemben vett trópusi övbe tartozott. Az eddig vizsgált bakonyi szelvényekben az Ammonitinák diverzitása magas fokú volt. Így az alsó-jura carixi alemeletében a Davoei Zónában a fajszám (70) és az egyedszám (6679) viszonyából adódó diverzitás érték elérte a 11-et (GÉCZY, 1974). A hosszú földtörténeti időn át (jura—alsó kréta) lényegében keveset változó óceáni területen az Ammonitinák diverzitásának további kutatása indokolt. A magas diverzitás feltehető állandósága valószínűleg azzal magyarázható, hogy a mezozoikumban a Tethyst határoló kontinensek („stabil" Európa, „stabil" Afrika) fő mozgásiránya az alsó-jurától a felső-krétáig, azaz 117 millió éven át (180—63 m. év) az egyenlítő irányától keveset tért el, tehát lényegében longitudinális irányú volt (vö. DEWEY et al., 1973). A Tethys óceáni lemezén feltételezett latitudinális változások magának a Tethys kinyílásának és záródásának következményei.

Evolúció

Az area és a diverzitás történeti folyamatok eredménye. Azok a fizikai tényezők, amelyek mindkettőre hatást gyakoroltak, közvetve befolyásolták a szerves élet fejlődését is. Mivel az összefüggések itt áttételesen jelentkeznek, a lemeztektonikai mozgások és az evolúció kapcsolatának kutatása a legnehezebb. Az evolúció belső, genetikai tényezőit a jelen dolgozat értelemszerűen nem vizsgálja.

Az evolúció alapja a fajképződés, aminek a *genetikai* elszigetelődés az előfeltétele. Ma izoláció nélkül nincs evolúció. A lemeztektonikai mozgások (barrierek) létesítésével közvetlenül elősegíthetik az elszigetelődést. A *távolódó lemezek* esetében a barriereket a riftesedés, driftesedés és a közép-óceáni hát-

ságok kialakulása okozza. Az *összetartó lemezek* peremén hegyláncok (kordillera) vagy szigetívek alakulhatnak ki, amik elkülöníthetik a populációkat. A mozgásokkal együttjáró éghajlatváltozás, pl. sivatagi öv kialakulása, szintén elszigetelődéshez vezethet. A kontinensek vándorlásával létrejött elszigetelődés, és új evolúciós centrum keletkezésének szép példája a felső-krétában a — kinyílt Atlanti-Óceán eltávolodott selfjein önállósult — kagyló faunaprovinciák kialakulása (KAUFFMAN, 1973), vagy pedig a harmadidőszakban Ausztrália primitív erszényes faunáinak sajátos fejlődése (KURTÉN, 1969).

A lemeztektonikai és az evolúciós folyamatokat általában a *lassúság* jellemzi. Nem véletlen, hogy e folyamatok felismerése oly sok nehézséggel járt. Az evolúció gondolatát a biológia csak hosszú harc után fogadta el. A kontinens-vándorlás feltevése bizonysággá csak akkor válhatott, amikor a geofizika műszerezettsége, és a szervezett óceánkutatások ezt igazolták. A lassú lemeztektonikai folyamatokra az élővilág lassan válaszol. Ma a Vörös-tengert a lemeztektonikusok kialakuló óceánnak tekintik. Ez a „barrier" azonban a szárazföldi szervezetek számára még túl keskeny ahhoz, hogy akár florisztikai, akár faunisztikai szempontból biogeográfiai határ lenne. A mediterrán, és a „kelet-afrikai" faunaprovincia határa keresztezi a Vörös-tengert. — A mezozoikumban hasonló volt a helyzet az Atlanti-óceán kinyílásával kapcsolatosan. Az óceán kialakulását bevezető riftesedés a jurában, esetleg helyenként már a triászban megkezdődött. Észak- és Dél-Atlantikum egyesülése azonban — az ammonites faunák egyezése alapján — csak a turonban következett be (LARSON et LADD, 1973). Tehát a legszerényebb becslések szerint is Afrika és Dél-Amerika elkülönülése 40 millió évet igénylő folyamat volt. Az összetartó lemezek esetében a tektonikai folyamatok *felgyorsulhatnak*. Különösen érvényes ez az óceáni és kontinentális lemez találkozásakor, azaz a kordillera típusú hegységképződésnél. OBERHAUSER (1973) szerint a Kelet-Alpokban a felsőkréta időszaki takaróredők földtani időben mérve nagyon rövid idő alatt (1—2 zóna, esetleg egy alemelet) jöttek létre. Annak ellenére, hogy a paleogeográfiai változások rendkívül jelentősek voltak, az egymást követő transzgressziók faunája lényegében keveset változott. — Abban az esetben viszont, ha két egymástól hosszú földtörténeti időn át elkülönült kontinens faunája eltérő fejlettségi fokot ért el, a kollízió a bioszféra összetételében mélyreható változást okozhat. A Dél-Amerika sajátos emlősfaunáit a felső-pliocénben hirtelen kipusztító észak-amerikai ragadozó faunák klasszikus példái ennek.

A földrajzi elkülönülés csak *egyik* lehetősége a fajképződésnek. Ezért a lemeztektonikai és az evolúciós folyamatok összefüggése többször vitatható. Az evolúcióhoz vezető elszigetelődés ugyanis sok esetben *ökológiai* vagy *fiziológiai* okokra vezethető vissza. Az ökológiai változásokat gyakran a szedimentációs viszonyok is tükrözik, és így a lithofácies változásából a környezet átalakulására következtethetünk. Sokszor azonban nagyon jelentős evolúciós változások figyelhetők meg az üledéksorban (mint pl. a Dinosaurusok vagy a

nagytermetű harmadidőszaki emlősök kihalása) anélkül, hogy a lithofácies megváltozna (RUSSEL, 1973). Azok a tényezők, amelyek az ősföldrajzi és a törzsfejlődési kutatásokat megnehezítik (a fosszilizáció esetlegessége, az üledékképződés esetlegessége, és a fosszíliák, valamint az üledékes kőzetek fennmaradásának esetlegessége) a kutatási tárgy *történiségéből* szükségképpen adódnak. Ebből a szempontból figyelemreméltó RAUP (1972) munkássága. RAUP a tengeri gerinctelenek, diverzitását vizsgálta, részletesen tárgyalva a diverzitás földtani alkalmazásánál felmerülő hibalehetőségeket. A diverzitásban mutatkozó legfeltűnőbb törést a perm/triász határon (a családok 50%-a pusztult ki) a lemeztektonikai iskolázottságú paleontológusok a Pangea kialakulásával magyarázták, amely szükségképpen a sűrűn lakott self terület összeszűkülésével és változó, instabil feltételek (kontinentális klíma) kiterjesztésével járt. A gerinctelenek, esetében azonban figyelemreméltó az a tény, hogy a perm/triász határon nagyméretű regresszió volt, ennek megfelelően a dokumentációban, azaz a km^3-ben kifejezhető üledék-mennyiségben feltűnő csökkenés mutatkozik. Ez esetben tehát az is lehetséges, hogy a lemeztektonikai mozgások (a kontinensek kiemelkedése) nem az evolúcióban, hanem a *dokumentációban* okoztak olyan változást, ami evolúciós törésnek tűnik. Az óceáni területeket benépesítő szervezetek esetében az óceáni lemez utólagos megsemmisülése okozhat a faunafejlődésben hasonló látszólagos töréseket (GÉCZY, 1972).

FLESSA et IMBRIE (1973) mennyiségi vizsgálatai szerint a nagyobb lemeztektonikai eseményekre a tengeri és szárazföldi szervezetek a diverzitás változásával általában „válaszoltak". A Nyugat-Tethys kinyílása kivétel lenne, ami sem a tengeri, sem a szárazföldi szervezetek szempontjából nem járt diverzitásban mutatkozó következményekkel. Az ammoniteseket véve alapul, a kérdés valószínűleg összetettebb. Az alsó-jurában, a Tethys szétnyílásának megfelelően, az északi és déli peremrész elvált egymástól, és a déli peremrészen a nyílttengeri jelleg fokozatosan uralkodó lett. A térbeli elkülönülést az ammonites-faunák differenciálódása kísérte (GÉCZY, 1972), ami elsősorban a magasabb diverzitásban, másodsorban a paleoendemikus és neoendemikus alakok nagyobb számában mutatkozott az állandóbb környezeti (óceáni) feltételekkel jellemezett déli területeken. VALENTINE (1969) a mezozóos diverzifikációs viszonyok mélyreható analíziseinek szükségére utalt. Remélhető, hogy a különböző időegységekre és a különböző taxonokra (Brachiopodák, Gastropodák, Lamellibranchiáták) kiterjesztett további hazai vizsgálatok a lemeztektonika és az evolúció számára egyaránt használható eredményekhez vezetnek.

Következtetések

A lemeztektonikai eredmények paleobiogeográfiai jelentőségét figyelmen kívül hagyni vagy túlhangsúlyozni egyaránt helytelen. Az őslénytan részben tértudomány; ugyanakkor az élet és a törzsfejlődés bizonyos mértékben füg-

getlen a fizikai feltételektől. A lemeztektonikai mozgások térbeliségükkel *befolyásolják*, de nem egyértelműen irányítják a szervezetek areáját, diverzitását és evolúcióját.

A fosszilis anyag hézagossága miatt a tényleges areát nem ismerhetjük meg. A lemeztektonikai rekonstrukciók azonban hozzásegítenek a *lehetséges* area körvonalazásához; megkönnyítik a szervezetek elterjedésének értelmezését; megmagyarázzák a távoli területek faunahasonlóságát (driftesedés), illetve a közeli területek faunaeltérését (kollízió). Mivel azonban az elterjedést nemcsak fizikai tényezők határozzák meg, az egykori areák rekonstruálása nem a lemeztektonikai határok, hanem a fosszíliák elterjedése alapján történik. A mai lelőhelyek „visszarendezése" viszont, a lemeztektonikai utólagos mozgások figyelembevételével, az őslénytan fontos feladata.

A taxonok számában, vagy a taxonok és az egyedek számának viszonyában tükröződő diverzitás, elsősorban a fizikai feltételek állandóságától vagy ingadozásától függ. A diverzitás és az abban mutatkozó változás elsősorban lemeztektonikai mozgásokkal magyarázható. Mivel a fizikai tényezők közül a klíma különösen jelentős, az adott területen hosszú időn át megnyilvánuló, egyirányú diverzitás-változás a lemez latitudinális mozgásával is magyarázható.

A lemeztektonikai mozgások evolúciós szerepe az area változásokban (földrajzi elszigetelődés) és diverzitás változásokban (pl. kihalás) áttételesen jelentkezik. A lassú lemeztektonikai folyamatok különösen figyelemreméltók. Az evolúciós láncszemek hiányának legegyszerűbb magyarázata az óceáni szervezetek esetében magának az óceáni lemeznek utólagos megsemmisülése.

A lemeztektonikai és paleobiogeográfiai változások vizsgálatára a kicsiny, de nagyon összetett múltú Magyar Medence gazdag és jó megtartású faunájával nagyon alkalmas.

Köszönet: Ezúton mondok köszönetet Stegena L. és Szádeczky-Kardoss E. professzoroknak, valamint Horváth F. és Vörös A. kutatóknak értékes segítségükért és tanácsaikért.

IRODALOM

Brookfield, M. E.: Eustatic changes of sea-level and orogeny in the Jurassic. Tectonophysics, **9**, 347—363, 1970.

Dewey, J. F.—Pitman, W. C.—Ryan, W. B. F.—Bonnin, J.: Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geol. Soc. Amer. Bull., **84**, 3137—3180, 1973.

Dickinson, W. R.: Evidence for plate tectonic regimes in the rock record. Amer. Journ. Sci., **272**, 551—576, 1972.

Flessa, K. W.—Imbrie, J.: Evolutionary pulsations: evidence from Phanerozoic diversity patterns. in Tarling op. cit., 247—285, 1973.

Fischer, A. G.: Latitudinal variations in organic diversity. Amer. Sci., **49**, 50—74, 1961.

Garson, M. S.—Plant, J.: Alpine type ultramafic rocks and episodic mountain building in the Schottish Highlans. Nature, **242**, 34—37, 1973.

GÉCZY B.: A jura faunaprovinciák kialakulása és a mediterrán lemeztektonika. Magy. Tud. Akad. X. Oszt. Közl., **5**, 297—311, 1972.
GÉCZY B.: Lemeztektonika és paleogeográfia a kelet-mediterrán mezozóos térségben. Magy. Tud. Akad. X. Oszt. Közl., **6**, 219—225, 1973.
GÉCZY B.: Les Ammonites du Carixien de la Montagne Bakony. Akad. Kiadó, Budapest (sajtó alatt), 1974.
GORDON, W. A.: Marine life and ocean surface currents in the Cretaceous. Journ. Geol., **81**, 269—284, 1973.
HALLAM, A.: Tectonism and eustasy in the Jurassic. Earth. Sci. Rev., **5**, 45—68, 1969.
HALLAM, A.: Diversity and density characteristics of Pliensbachian-Toarcian molluscan and brachiopod faunas of the North-Atlantic margins. Lethaia, **5**, 384—412, 1972.
HALLAM, A. edit.: Atlas of palaeobiogeography. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam, 1—531, 1973.
HESS, H. H.: History of ocean basins. in: Petrologis Studies. Vol. Honor A. F. BUDDINGTON, Geol. Soc. Amer., 599—620, 1962.
HEWER, H. R.: Modern zoogeographical regions. In: MIDDLEMISS op. cit., 19—30, 1971.
KAUFFMAN, E. G.: Cretaceous Bivalvia. In: HALLAM op. cit., 353—384, 1973.
KURTÉN, B.: Continental drift and evolution. Amer. Sci., **220**, 54—64, 1969.
LARSON, R. L.—LADD, J. W.: Evidence for opening at the South Atlantic in the Early Cretaceous. Nature, **246**, 209—212, 1973.
LE PICHON, X.: Sea-floor spreading and continental drift. Journ. Geophys. Research, **73**, 3661—3697, 1968.
MAXWELL, J. C.: The Mediterranean, ophiolites and continental drift. In: JOHNSON SMITH B. edit: The megatectonics of continents and oceans. New Brunswick, 167—193, 1970.
MCKERROW, W. S.—ZIEGLER, A. M.: Paleozoic oceans. Nature, **240**, 92—94, 1972.
MENZIES, R. J.—GEORGE, R. Y.—ROWE, G. T.: Abyssal environment and ecology of the world oceans. Wiley Edit. New York, 1—488, 1973.
MIDDLEMISS, F. A.—RAWSON, P. F.: Faunal provinces in space and time. Geol. Journ. Spec. Issue 4, Liverpool, 1—210, 1973.
MILNER, A. R.—PANCHEN, A. L.: Geographical variation in the tetrapod faunas of the Upper Carbonifeous and Lower Permian. In: TARLING op. cit., 353—368, 1973.
NOPCSA, F.: The influence of geological and chronological factors on the distribution of non-marine reptiles and Stegocephalia. Quart. J. Geol. Soc. London, **90**, 76—140, 1934.
NICHOLSON, R.: Faunal provinces and ancient continents in the Scandinavian Caledonies. Geol. Soc. Amer. Bull., **82**, 2349—2356, 1971.
OBERHAUSER, R.: Stratigraphisch-Paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonische Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. Geol. Rundschau, **62**, 96—106, 1973.
RAUP, D. M.: Taxonomic diversity during the Phanerozoic. Science, **177**, 1065—1071, 1971.
RUSSEL, L. S.: Geological evidence on the extinction of some large terrestrial Vertebrates. Canad. Jour. Earth Sci., **10**, 140—145, 1973.
SIMBERLOFF, D.: Models in Biography. In: SCHOPF, T. J. M.: Models in paleobiology. Freeman edit. San Francisco, 160—191, 1972.
SIMPSON, G. G.: Evolution and geography. Oregon Stat. Syst. High. Educ. Eugene, 1953.
STEGENA L.: Lemeztektonika, Tethys és a Magyar-medence. Földt. Közl., **102**, 280—300, 1972.
STEHLI, F. G.: Permian Brachiopods. In: HALLAM, 1973 op. cit., 1943—150, 1973.
STEHLI, F. G.—WELLS, J. W.: Diversity and age patterns in hermatypic corals. Syst. Zool., **20**, 115—126, 1971.
SYLVESTER-BRADLEY, P. C.: Dynamic factors in animal paleogeography. In: MIDDLEMISS op. cit., 1—16, 1971.
SZÁDECZKY-KARDOSS E.: A Kárpát-Dinarid terület az új globális tektonika szemszögéből. Geonómia és Bányászat, **4**, 64—67, 1971.
TARTLING, D. H.—RUNCORN, S. K.: Implications of continental drift to the Earth Sciences. Vol. I. Acad. Press, London, 1—622, 1973.
TERMIER, H., TERMIER, G.: Histoire géologique de la biosphère. Masson edit. Paris, 1—721, 1952.
VALENTINE, J. W.: Climatic regulation of species diversification and extinction. Geol. Soc. Amer. Bull., **79**, 273—276, 1968.
VALENTINE, J. W.: Patterns of taxonomic and ecological structure of the shelf benthos during Phanerozoic time. Palaeontology, **12**, 684—709, 1969.
VALENTINE, J. W.: How many marine invertebrate fossil species? Journ. Paleont., **44**, 410—415, 1970.
VALENTINE, J. W.: Plate tectonics and shallow marine diversity and endemism: actualistic model. Syst. Zool., **20**, 253—264, 1971.
VALENTINE, J. W.—MOORES, E. M.: Global tectonics and the fossil record. Journ. Geol., **80**, 167—184, 1972.

WALTER, H.—STRAKA, H.: Arealkunde. Ulmer Verl. Stuttgart, 1—478, 1970.
WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente. Geol. Rundschau, **3**, 276—292, 1912.
WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente und Ozeanes. Vieweg Verl. Braunschweig, 1—144, 1922.
WESSON, P. S.: Objections to continental drift and plate tectonics. Journ. Geol., **80**, 185—197, 1972.
WILSON, J. T.: Did the Atlantic close and then re-open? Nature, **211**, 676—681, 1966.

A KÖZELI ÉGITESTEK HELYZETE ÉS A NAGYERejű SEKÉLYFÉSZKŰ FÖLDRENGÉSEK KÖZÖTTI KAPCSOLAT

NEKOVETICS OSZKÁR

Előző dolgozatokban valószínűsítettük, hogy a Föld vulkáni és szeizmikus folyamataiban lokális és globális jellegű 3 éves periodicitás nyilvánul meg. A szeizmikus jelenségek a 3 év egész-számú többszöröseivel is bizonyíthatóan kapcsolatot mutattak. Mivel a holdpálya anomalisztikus és drakonitikus nagy periódusainak (8,85 év; 18,6 év) relativisztikus tendenciái időben hasonló változásokat mutatnak, indokolttá vált a földrengések kipattanási időpontjainak a Hold- és Nap-állások függvényében való vizsgálata.

A földrengések időpontjaiban fennállt holdhelyzeteket három koordinátával jellemezzük:

1. Szinódikus koordináta: a mindenkori napirányhoz viszonyított holdhelyzet értendő alatta (1 ciklus $Sz = 29{,}530588$ nap);
2. anomalisztikus koordináta: a mindenkori földközelségi ponthoz viszonyított holdhelyzetet jelenti (1 ciklus $A = 27{,}554550$ nap);
3. drakonitikus koordináta: az ekliptikához viszonyított holdhelyzet adja (1 ciklus $D = 27{,}212220$ nap).

A vizsgálat az 1897. január 1.—1964. december 31. időszakban kipattant nagyerejű, sekélyfészkű rengésekre terjed ki. A felhasznált adatok SEWERYN J. DUDA (1965) Tectonophisics-ben megjelent publikációjából valók.

Az egyes rengések holdkoordinátáinak számításánál az anomalisztikus és szinódikus értékeket 1961. január 16-tól mint bázisidőponttól retrográd értelemben számították, míg a drakonitikus értékek bázisidőpontjának 1961. január 21-et tekintették.

Hasonlítsuk a Hold mozgását egy óra mutatójának mozgásához. Az óra-számlap beosztása egyezzen meg a ciklusidő napokban mért idejével. A háromféle ciklusidő három különböző beosztású órát definiál.

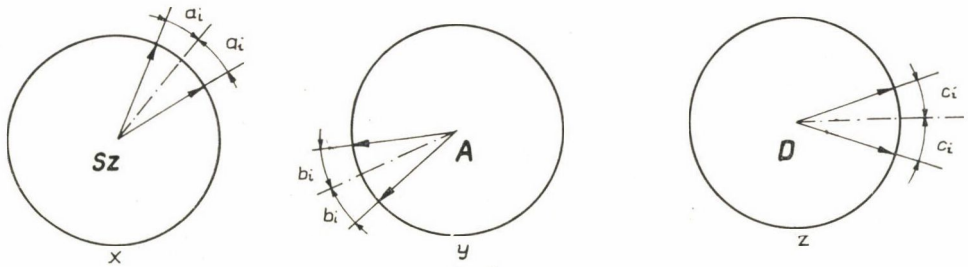
Ha a földrengések kipattanásában szerepet játszanak azok a geometriai tényezők, amelyet a szinódikus (Sz), anomalisztikus (A), drakonitikus (D) jellemzők képviselnek, akkor ennek abban kell megnyilvánulnia, hogy a különböző földrengésekhez tartozó időpontokban az Sz, A, D koordináták közel azonos értékűek lesznek.

MTA X. Osztályának Közleményei 7/1—2. 1974

Vizsgáljuk meg, általánosan mekkora az esélye a véletlenszerű közelítő koordináta egyezésnek.

Három óra probléma

Adott tehát három óra, amely méri az időt. Az órák rendre x, y, z beosztásúak. Az osztásközök mindhárom órán azonos időtartamokat jelölnek (1 nap). Tételezzük fel, hogy egy esemény bekövetkezésekor az órák mutatói az 1. ábrán jelölt helyzetben vannak. Tekintsük ezt az irányt kitüntetett iránynak. Mi annak az esélye, hogy egy újabb esemény időpontjában a kitüntetett irányhoz viszonyítva közel hasonló helyzetben lesznek a mutatók?



1. ábra

Az órák járása közben a mutatók között mindenféle relatív helyzet megvalósul.

Legyen az újabb esemény időpontjában a mutató-eltérés rendre $|a_i|$; $|b_i|$; $|c_i|$

Az *Sz* jelű óránál „a_i" eltéréssel $\frac{x}{a_i}$ lehetséges állás képezhető. A $\pm a_i$ helyzetek megengedésével az 1 kedvező állásra eső lehetséges állások száma $\frac{x}{2a_i}$-ra módosul. Ugyanez a jellemző érték az A órára $\frac{y}{2b_i}$, a D órára $\frac{z}{2c_i}$ összefüggéssel adható meg.

Annak esélye tehát, hogy az újabb eseménykor mindhárom mutató, közel hasonló helyzetben lesz

$$1 : \frac{x}{2a_1} \cdot \frac{y}{2b_1} \cdot \frac{z}{2c_1}$$

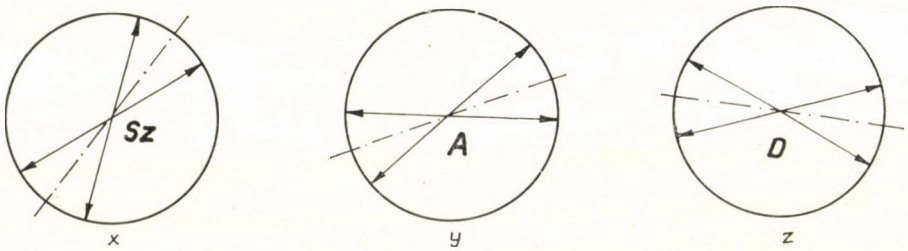
Annak esélye, hogy két esemény hasonló mutatóállásnál következik be

$$1 : \frac{x}{2a_1} \cdot \frac{y}{2b_1} \cdot \frac{z}{2c_1} \cdot \frac{x}{2a_2} \cdot \frac{y}{2b_2} \cdot \frac{z}{2c_2}$$

és n esemény esetén:

$$1 : \frac{x}{2a_1} \cdot \frac{y}{2b_1} \cdot \frac{z}{2c_1} \cdot \frac{x}{2a_2} \cdot \frac{y}{2b_2} \cdot \frac{z}{2c_2} \cdot \ldots \cdot \frac{x}{2a_n} \cdot \frac{y}{2b_n} \cdot \frac{z}{2c_n}$$

Engedjük meg lehetséges esetként az eddig kitüntetett mutatóállásokkal átellenes mutatóállásokat is (2. ábra).



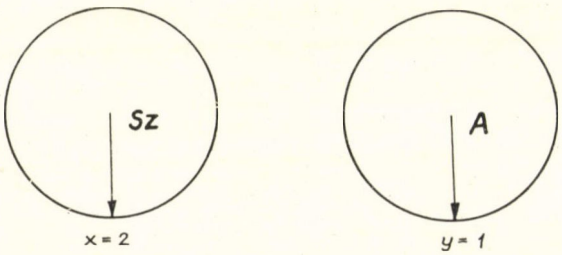
2. ábra

Ez esetben annak esélye, hogy n esemény a kedvezőnek tekintett mutatóállások esetén következik be:

$$1 : \frac{x}{4a_1} \cdot \frac{y}{4b_1} \cdot \frac{z}{4c_1} \cdot \frac{x}{4a_2} \cdot \frac{y}{4b_2} \cdot \frac{z}{4c_2} \cdot \ldots \cdot \frac{x}{4a_n} \cdot \frac{y}{4b_n} \cdot \frac{z}{4c_n}$$

Felvetődhet az a gondolat, hogy a három óra mutatóinak mozgása nem minősülhet egymástól független eseménynek, mivel mindhárom óra mutatójának pillanatnyi helyzete ugyanazon változó, az idő lineáris függvénye. Ebből viszont az következik, hogy a klasszikus valószínűségszámítási kategóriák alkalmazásánál egyéb szempontokra is figyelemmel kell lenni.

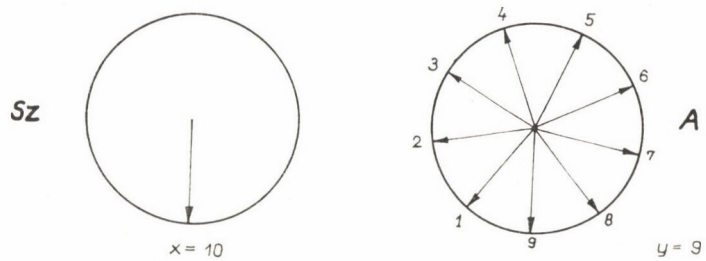
A szemléletesebb megvilágítás érdekében olyan két óra esetét vizsgáljuk meg, amelyek mutatóinak körülfordulási ideje 2 és 1 nap (3. ábra). Az *Sz* óra mutatójának 3. ábrán látható hasonló helyzetei 2 naponként következnek be, de kétnaponként az *A* óra mutatója is mindig az ábrán jelölt helyzetben



3. ábra

lesz látható. Tehát az *Sz* óra mutatójának hasonló helyzetéhez az *A* óra mutatójának egy meghatározott helyzete fog tartozni. Ilyen viszonyok esetén az *Sz* óra azonos mutatóállásához hiba lenne feltételezni az *A* óra mutatójának különböző helyzeteit.

Tűnjön fel, hogy a körülfordulási idők hányadosa $\frac{2}{1} = 2$ egész szám. Általánosan megállapítható, hogy ha a körülfordulási idők hányadosa $\frac{x}{y}$ egész szám, akkor az *Sz* óra mutatójának hasonló helyzeteihez az *A* óra mutatójának egy meghatározott helyzete rendelhető.



4. ábra

Legyen az órák körülfordulási ideje 10 és 9 nap, vagyis a képezhető hányadost $\frac{x}{y} = \frac{10}{9}$ tekintve tört érték. Az *Sz* óra mutatójának hasonló helyzeteihez az *A* óra mutatójának 9 különböző helyzete van rendelve. Az *Sz* óra első fordulata végén az *A* óra mutatója az 1-es, a második fordulata végén a 2-es, és így tovább helyzetekbe fog kerülni (4. ábra).

Általánosan megállapítható, hogy ha $x \neq cy$ ahol c egész szám, akkor az *Sz* óra azonos állásaihoz az *A* óra y különböző helyzete lesz rendelve.

Mivel a tényleges $x = 29{,}530588$ és $y = 27{,}554550$ értékekre áll, hogy $x \neq cy$ ezért az *Sz* óra azonos állásaihoz tartozó *A* mutatóhelyzetek száma napos pontossággal való értékmegadás esetén 27 lesz. Mivel az x, y és z értékek milliomod-nap pontossággal adottak, kijelenthető, hogy az *Sz* óra hasonló helyzetéhez az *A* óra mutatójának 2 7554 550,00 különböző és a *D* óra mutatójának-27 212 220,00 különböző helyzete van rendelve. Ilyen lehetséges mutató helyzetsűrűségnél azonban az *A* és *D* óra várható mutatóállásainak vonatkozásában a klasszikus valószínűségszámítás kategóriák biztonsággal alkalmazhatók.

A vizsgálat tárgyát képező időtartamban kb. 200 nagyerejű, sekélyfészkű földrengés pattant ki. Ezek közül olyanokat kell kiválasztani, amelyeknél az említett koordináták közel azonosak. Ha minden órán a kitüntetett iránytól

1 napos eltérést engedünk meg, akkor $\frac{29,53}{4} \cdot \frac{27,55}{4} \cdot \frac{27,21}{4} = 344$ rengés között várhatnánk *egy* olyan rengést, amelynek koordinátái az említett mértékű egyezést mutathatnák.

A tapasztalat alapján a két legnagyobb erejű (8,9 magnitudós) rengések (1906. január 31. Dél-Amerika; 1933. március 2. Honshu) koordinátái olyan nagy mértékű egyezést mutatnak, hogy kétmillió eset közül adódhatna csak véletlenszerűen egy ilyen kedvező eset. Az eredmény elgondolkodtató, hiszen mindössze 200 eset közül történt a kiválasztás — de mondhatnánk azt is, egy kis túlzással, hogy két eset közül választottunk ki, hiszen ilyen nagyerejű rengés több nem pattant ki. Igen valószínűtlen, hogy mindez a véletlen játéka legyen, de ha elszigetelten jelentkezne, a véletlen eshetősége sem lenne kizárható.

A rendszerező vizsgálatok azonban azt az eredményt hozták, hogy további 13 rengés koordinátái mutatnak közelítő egyezést a két legnagyobb erejű rengés koordinátáival.

Az 1. táblázat és az 5., 6., 7. ábra az említett rengések adatait tartalmazza. A táblázat utolsó oszlopában a kitüntetett irányhoz viszonyítottan számított egy kedvező esetre eső szükséges esetek száma van feltüntetve.

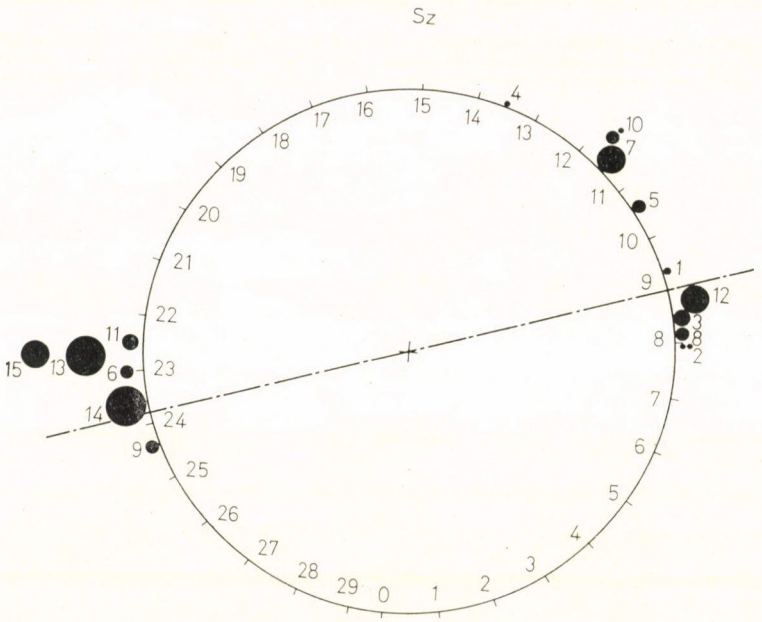
A tizenöt adat közelítő koordinátaegyezése csak $2,12 \cdot 10^{46}$ eset közül lenne egy esetben várható. Ilyen csillagászati nagyságrendű mutatónál biztonsággal jelenthetjük ki: nem lehet szó véletlenszerű eseménysorozatról, a jelenség mögött fizikai törvényszerűségnek kell állni.

Ezek után mondhatjuk: a mellékelt XI. táblázatba foglalt rengések is (közel 100 rengés) a bizonyított fizikai törvényszerűség megnyilvánulási formáinak tekinthetők, és fokozott mértékben alátámasztják annak realitását.

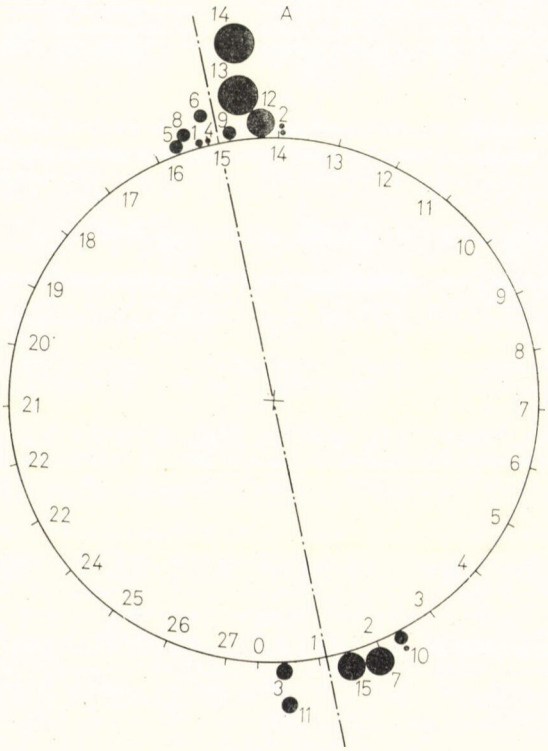
A közölt adatokból az az általános tendencia is megállapítható, hogy mindegyik adatsornál legkisebb szórással az anomalisztikus koordináták rendelkeznek. Ez azt jelenti, hogy a vizsgált geometriai tényezők közül a holdpálya földközelségi pontjához viszonyított holdhelyzet az elsődlegesen befolyásoló tényező. Mikor egy ilyen eredmény előbukkan, helytelen lenne elhallgatni azt a közelmúltban kimutatott törvényszerűséget, hogy a holdrengések gyakorisága, és a Hold földközeli helyzete között kapcsolat áll fenn. Az ilyen kapcsolatnak kölcsönösnek kell lenni, és hogy ilyen kapcsolat a Földre is létezik, ennek bizonyítását szerettem volna adni.

I. táblázat

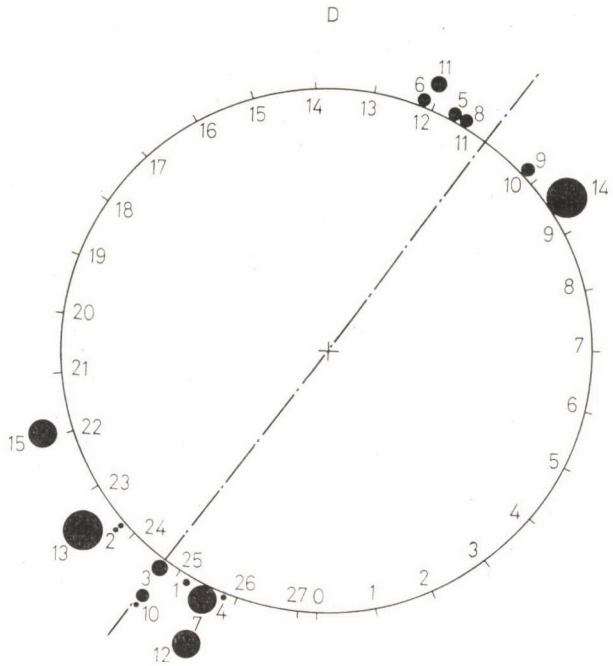
Sor-szám	Idő	Hely	M	Sz(nap)	A(nap)	D(nap)	$\frac{29,53}{4a}$	$\frac{27,55}{4b}$	$\frac{27,21}{4c}$	
		Kitüntetett irány		9,00	15,00	11,00				
1.	1899. nov. 23.	Kamcsatka	7,9	9,31 $a_1 = 0,31$	15,3 $b_1 = 0,30$	25,14 $c_1 = 0,48$	23,80	22,90	14,20	$7,76 \cdot 10^3$
2.	1899. nov. 24.	Kyushu	7,8 7,8	7,96 $a_2 = 1,04$	13,95 $b_2 = 1,05$	23,79 $c_2 = 0,87$	7,10	6,55	7,82	$3,64 \cdot 10^2$
3.	1902. szept. 23.	Guatemala	8.4	8,43 $a^3 = 0,57$	0,37 $b_3 = 0,86$	24,75 $c_3 = 0,09$	13,00	8,00	303,00	$3,15 \cdot 10^4$
4.	1905. szept. 15.	Kamcsatka	7,8	13,66 $a_4 = 4,66$	15,15 $b_4 = 0,15$	25,84 $c_4 = 1,18$	1,59	46,00	5,77	$4,22 \cdot 10^2$
5.	1908. dec. 12.	Peru	8,2	10,64 $a_5 = 1,64$	15,74 $b_5 = 0,74$	11,70 $c_5 = 0,70$	4,48	9,30	9,70	$4,04 \cdot 10^2$
6.	1920. szept. 20.	Új Kaledónia	8,3	23,01 $a_6 = 0,75$	15,14 $b_6 = 0,14$	12,14 $c_6 = 1,14$	9,83	49,00	5,93	$2,85 \cdot 10^3$
7.	1938. nov. 10.	Alaszka	8,7	11,61 $a_7 = 2,61$	1,97 $b_7 = 0,74$	25,67 $c_7 = 1,01$	2,83	9,26	6,74	$1,77 \cdot 10^2$
8.	1944. dec. 7.	Dél-Honshu	8,3	8,08 $a_8 = 0,92$	15,54 $b_8 = 0,54$	11,53 $c_8 = 0,53$	8,00	12,80	12,85	$1,32 \cdot 10^3$
9.	1897. febr. 7.	Honshu	8,3	24,35 $a_9 = 0,59$	14,86 $b_9 = 0,14$	10,16 $c_9 = 0,84$	12,50	49,00	8,10	$4,95 \cdot 10^3$
10.	1897. febr. 19.	Honshu	8,3 7,8	11,82 $a_{10} = 2,82$	2,33 $b_{10} = 1,10$	24,84 $c_{10} = 0,18$	2,53	6,25	35,70	$5,65 \cdot 10^2$
11.	1905. júl. 9.	Mongólia	8,4	22,45 $a_{11} = 1,31$	0,30 $b_{11} = 0,93$	12,06 $c_{11} = 1,06$	5,60	7,40	6,40	$2,65 \cdot 10^2$
12.	1905. júl. 23.	Mongólia	8,7	8,78 $a_{12} = 0,22$	14,22 $b_{12} = 0,78$	25,61 $c_{12} = 0,95$	33,50	8,70	7,15	$2,09 \cdot 10^3$
13.	1906. jan. 31.	Kolumbia	8,9	22,91 $a_{13} = 0,85$	14,52 $b_{13} = 0,48$	23,50 $c_{13} = 1,16$	8,67	14,30	5,85	$7,25 \cdot 10^2$
14.	1933. márc. 2.	Honshu	8,9	23,59 $a_{14} = 0,17$	14,50 $b_{14} = 0,50$	9,45 $c_{14} = 1,55$	43,3	13,77	4,38	$2,59 \cdot 10^3$
15.	1897. aug. 5.	Honshu	8,7	22,84 $a_{15} = 0,92$	1,42 $b_{15} = 0,19$	21,95 $c_{15} = 2,71$	8,00	36,20	2,50	$7,25 \cdot 10^2$ $2,12 \cdot 10^{46}$



5. ábra



6. ábra



7. ábra

II. táblázat

Sor szám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1897. szept. 20.	Fülöp szk.	8,6 8,7	5,88	9,75	2,60
2.	1897. okt. 18.	Fülöp szk.	8,1	6,90	9,16	1,30
3.	1906. aug. 17.	Aleut szk.	8,3	2,75	10,05	16,64
4.	1906. aug. 17.	Chile	8,6	2,73	10,03	16,62
5.	1906. szept. 14.	Új Britannia	8,4	3,62	8,95	15,19
6.	1915. szept. 7.	Salvador	7,9	2,12	8,54	1,27
7.	1915. okt. 3.	Nevada	7,75	5,43	9,87	2,25
8.	1915. nov. 1.	Honshu	7,8	5,94	8,40	0,40
9.	1918. aug. 15.	Celebesz	8,3	21,29	9,70	16,28
10.	1942. aug. 24.	Peru	8,6	16,45	24,15	3,18

III. táblázat

Sor-szám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D*(nap)
1.	1950. aug. 15.	Kan Su	8,7	27,34	4,73	2,25
2.	1902. aug. 22.	Tien San	8,6	11,06	5,50	3,00
3.	1926. okt. 26.	Új Guinea	7,9	10,25	19,51	16,00
4.	1953. nov. 25.	Izu szk.	8,0	10,41	18,97	1,43
5.	1899. szept. 10.	Gordova	7,8	23,94	6,33	17,19
6.	1899. szept. 10.	Gordova	8,6	23,80	6,19	17,05
7.	1935. szept. 20.	Új Guinea	7,9	7,75	20,07	3,38
8.	1917. nov. 16.	Kermadec	7,8	27,90	6,53	16,54
9.	1950. dec. 2.	Új Hebridák	8,1	6,67	5,69	1,84

IV. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1901. jan. 7.	Dél-Amerika	7,8	13,12	18,92	23,75
2.	1904. jún. 27.	Kamcsatka	7,9	15,96	19,45	8,49
3.	1940. máj. 24.	Dél-Amerika	8,4	11,86	19,76	9,09
4.	1943. ápr. 6.	Dél-Amerika	8,3	27,96	19,83	23,36
5.	1946. szept. 12.	Mogok	7,75	13,29	4,85	20,16
6.	1949. aug. 22.	Alaszka	8,1	1,88	4,95	6,93
7.	1952. nov. 4.	Kamcsatka	8,4	12,55	19,25	6,50
8.	1958. jan. 19.	Dél-Amerika	7,8	0,62	18,62	9,49
9.	1964. márc. 28.	Alaszka	8,5	14,94	18,55	8,52

V. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1897. jún. 12.	Himalája	8,7	17,33	27,49	21,10
2.	1942. aug. 6.	Guatemala	8,3	4,89	14,57	21,15
3.	1918. máj. 20.	Dél-Amerika	7,9	19,47	13,80	21,42
4.	1948. szept. 8.	Tonga	7,9	1,00	0,28	6,69
5.	1900. okt. 7.	Új Guinea	7,8	15,68	27,48	6,01
6.	1948. jan. 24.	Fülöp szk.	8,3	16,22	1,74	10,89
7.	1897. máj. 13.	Fülöp szk.	7,9	17,74	2,33	23,81
8.	1912. aug. 9.	Törökország	7,75	3,97	2,81	9,57

VI. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1904. jan. 20.	Panama	7,9	26,68	12,50	3,58
2.	1919. ápr. 30.	Tonga	8,4	29,29	27,41	3,36
3.	1928. jún. 17.	Déli Siera Madr.	7,9	0,87	25,67	14,67
4.	1904. aug. 27.	Alaszka	8,3	13,10	12,64	0,99
5.	1916. febr. 1.	Ryukyu	8,0	2,52	26,55	17,28
6.	1934. febr. 14.	Fülöp szk.	7,9	0,00	24,25	14,78
7.	1901. ápr. 5.	Kuril szk.	7,9	12,76	12,63	16,39
8.	1934. jan. 15.	India	8,4	0,27	26,54	17,38

VII. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1901. dec. 14.	Fülöp szk.	7.8	25,56	7,64	8,32
2.	1902. febr. 9.	Tonga	7,8	28,26	6,39	6,38
3.	1911. jan. 3.	Alma Ata	8,6	25,96	7,24	21,19
4.	1914. máj. 26.	Új Guinea	7,9	26,62	7,50	6,11
5.	1938. febr. 1.	Szumátra	8,6	27,90	8,49	8,40
6.	1941. jún. 26.	Andamann	8,7	27,48	7,74	19,46

VIII. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1901. aug. 9.	É-Honshu	7,9 8,2	5,46	24,98	27,03
2.	1943. máj. 25.	Fülöp szk.	8,1	8,22	25,67	1,30
3.	1901. aug. 9.	Új Hebridák	8,4	5,31	24,83	26,88
4.	1958. júl. 10.	Alaszka	7,9	6,12	12,27	1,08
5.	1913. jún. 26.	Tonga	8,2	7,65	12,25	14,96
6.	1940. júl. 14.	Aleut	7,75	20,35	24,30	12,94

IX. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1899. jún. 14.	Jamaika	7,8	23,60	11,83	23,81
2.	1917. máj. 1.	Kermadec szk.	8,6	19,55	11,96	24,43
3.	1917. máj. 31.	Alaszka	7,8	19,50	9,94	22,06
4.	1917. jún. 26.	Samoa	8,7	23,14	11,60	23,37
5.	1929. márc. 7.	Aleut	8,6	3,74	10,76	23,89

X. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1904. aug. 24.	Ryukyu	7,9	16,17	15,71	4,00
2.	1916. jan. 1.	Új Britannia	7,9	3,74	2,19	20,82
3.	1943. júl. 29.	Nagy Antillák	7,9	3,12	15,61	18,77
4.	1946. dec. 20.	Shykoku	8,4	2,72	15,89	2,64
5.	1958. nov. 6.	Kuril szk.	8,7	4,56	2,80	17,45

XI. táblázat

Sorszám	Idő	Hely	*M*	*Sz* (nap)	*A* (nap)	*D* (nap)
1.	1910. nov. 9.	Új Hebridák	7,9	22,60	7,71	22,46
2.	1919. máj. 6.	Salamon szk.	8,1	22,79	20,91	24,13
3.	1931. okt. 3.	Salamon szk.	8,1	7,97	6,86	8,35
4.	1934. júl. 18.	Szt. Grúz	8,1	22,53	7,37	23,40

SZÉNHIDROGÉN ANYAKŐZETEK FOGALMA ÉS JELLEMZÉSE

TÓTH JÓZSEF
A KÉMIAI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Bevezetés

Minden tudományterület fejlődése szükségszerűen vezet az eredmények szintézisének igényléséig. Így a szerves geokémián belül a szénhidrogének keletkezésével foglalkozó tudományterületen is az új törvényszerűségek felismerése, az egymáshoz kapcsolódó vagy éppen ellentmondó adatok összegyűjtése, rendszerezése mellett a fejlődés egyik fontos láncszemét az eredmények általánosítása jelenti. E felismerés világszerte megindította az ilyen jellegű munkát. Ebbe az áramlatba kíván kapcsolódni az alábbi dolgozat is, melyben az anyakőzetekre vonatkozó ismereteinket igyekeztünk egységes rendszerbe foglalni. E törekvésünk során kialakított szemléletet, s a hozzá kapcsolódó terminológiát vitaindító gondolatoknak szántuk, mert meggyőződésünk, hogy a szintézis kiteljesedése csak kollektív alkotó munka eredménye lehet.

1. *Az anyakőzet definíciók jellemzése*

A szerves geokémia fejlődése során az anyakőzetek meghatározására számos módszert dolgoztak ki. E módszerek közös vonása, hogy az anyakőzetek azonosítása *konkrét* adatokkal történik, melyek a szervesanyag metamorfózisának fokára, annak kémiai jellegére, a kőzet fizikai v. kémiai tulajdonságaira, az olajleadás mértékére, tehát általában a szénhidrogén genezissel kapcsolatos folyamatok valamelyik sajátságára adnak közvetve vagy közvetlenül felvilágosítást. Napjainkban is ezeket az ún. *genetikai paraméter definíciókat* alkalmazzák, melyek fejlődéséről Denic készített kitűnő összefoglalást [1]. Az 1960-as évek elejéig jobbára az a nézet uralkodott, hogy a szénhidrogénképződés egyik legfontosabb feltétele a redukcióra képes kémiai környezet. Így az anyakőzet azonosítás egyik genetikai paraméterét a kőzet redukáló képességében látták (Schallenberger, 1934; Ponomarjeva, 1937; Purvis és Higson, 1937; Trask, 1942; Jurkevic, 1958; Louis, 1961). Hasonló meggondoláson alapult a kőzetek redox potenciáljának mérése is. (Zo Bell, 1946; Solomin, 1964.) 1969-ben Nerucsev rámutatott [2], hogy a redukáló vagy oxidáló környezet — a szerves anyagok szelektív oxidációja miatt — a szén-

hidrogén-képződés szempontjából közömbös. Így mind nagyobb szerephez jutottak a bituminológiai azonosítási módszerek, melyek a tárolóban lévő olaj és az anyakőzetben maradt bitumen összetételének hasonlóságán alapultak (RONOV, 1958; MEINSCHEN, 1959, HUNT, 1961; ABELSON, 1963; ROGYIONOVA, 1965; PETROV, 1970).

Szintén a szovjet geokémiai iskola hatására a 60-as évek közepétől a komplex azonosítási módszerek kerültek előtérbe. Ezek közös jellemzője, hogy a szervesanyag és a kőzet átalakulását (diagenezisét) egységes folyamatnak tekintik, így a szervesanyag részletes elemzését minerológiai és mikrofácies vizsgálatokkal egészítik ki (VAN DER WELT, 1965; CERCHEZA, 1969 stb.). Nagyjából erre az időpontra tehető az anyakőzetek olajleadására vonatkozó paraméterek megjelenése is.

A komplex módszerek alkalmazásával rohamosan növekedtek az egymásnak ellentmondó eredmények és irodalmi adatok száma. Így pl. PHILIPI [3] a háttér értékkel szembeni maximális, ugyanakkor BAJOR [4] a minimális kerogéntartalmat tartja az anyakőzetekre jellemzőnek. A különböző módon meghatározott és értelmezett szervesanyag tartalmak — mint genetikai paraméterek — szinte áttekinthetetlen szövevényként bukkantak fel az irodalomban. Csak ennek jellemzésére említjük RUDAKOW dolgozatát [5], melyben a szerző tagadja, hogy az üledékekben levő szervesanyagok és a tárolókban elhelyezkedő szénhidrogének között közvetlen genetikai kapcsolat lenne. E szélsőséges véleményével eddigi ismereteink alapjait vonja kétségbe. Eltérőek a vélemények a szervesanyag átalakulási fokának meghatározására alkalmas paramétereket illetően is. Így a BAJOR-féle diagenezis koefficienst (C_R/C_T) sokan alkalmasnak tartják a különböző szénülési fokok jellemzésére is. BALÁZS és KONCZ [6], valamint LÜCK [7] kimutatták, hogy a C_R/C_T érték és a fényszórás alapján történő szénülési fok meghatározások jól korrelálhatók. A lengyel geokémiai iskola viszont a metamorfózis fok meghatározására alkalmas paramétereket nem a kőzetekből kioldott bitumenek tulajdonságaiban, hanem a tárolókban felhalmozódott olajok összetételében keresi [8]. Hasonló véleményen van néhány neves szovjet geokémikus is [9].

A szervesanyag átalakulásának alapvető geokémiai karakteréről sem egységesek az állásfoglalások. Így, többek között VEBER [10] és ALI-ZADE [11] szerint az olajképződés az anyakőzetek diagenetikus átalakulási fázisában jelentős.

A szovjet, francia és amerikai kutatók többsége [12—16] viszont, a katagenetikus átalakulás mellett találtak fontos bizonyítékokat. Ezek alapján a szervesanyagok metamorfózisa egy optimális hőmérséklet intervallumban (60—120 C° között) katalitikus jellegű. A megfelelő katalizátor jelenlétén kívül az átalakulás döntő tényezője a hőmérséklet, függetlenül attól, hogy a kőzet milyen diagenetikus átalakulási stádiumban van.

A globális tektonika alapján SZÁDECZKY-KARDOSS [17] merőben új megvilágításba helyezi az anyakőzetek szerepét és jellegét. Véleménye szerint a

szubdukció következtében mélybe tolódott litoszféra lemezekkel kapcsoltan nagy nedvességtartalmú üledékes kőzetek is szubdukálódnak, melyek a szubdukciós sebhely környékén a szénhidrogénképződéshez felfokozott mértékben szolgáltatnak nyersanyagot. Ez a szemlélet az anyakőzetek és a szénhidrogén genezis elméletében lényegesen új szempontot jelent, melynek kiaknázása sok lehetőséget rejt magában.

2. *Az anyakőzet fogalom általánosítása és az anyakőzetek osztályozása*

Az eddigi kutatási eredmények felvetik azt az igényt, hogy az anyakőzetek fogalmát olyan *általános* érvénnyel definiáljuk, mely a konkrét genetikai paraméter definíciókkal kapcsolatban felmerült, az előzőekben vázolt ellentmondásokat nem tartalmazza, ugyanakkor azok okára is következtetni enged. E szintézisre akkor ígérkezik lehetőség, ha először alkalmas genetikai paraméterek alapján összefoglaljuk a szénhidrogén genezisre vonatkozó legmeggyőzőbb és ezért legszélesebb körben elfogadott megállapításokat, valamint a hozzájuk kapcsolódó elnevezéseket. Ezeknek az ún. *alaptéziseknek* figyelembevételével már olyan anyakőzet definíció adható meg, mely konkrét paraméter adatokat nem tartalmaz, ugyanakkor elvi rendező ereje igen nagy.

Az említett alaptézisek a következők:

a) A természetes szénhidrogének üledékes kőzetben, üledékes szervesanyagból, azok megfelelő átalakulási fázisában (bio–dia- és katagenezis) képződnek.

b) Az átalakulás (metamorfózis) mértékének meghatározására egzakt módszerek (genetikai paraméterek) állnak rendelkezésre.

c) A felszínre hozott üledékes kőzetekből szerves oldószerekkel kioldható természetes szénhidrogének és egyéb szerves vegyületek összességét — azok képződési mechanizmusától függetlenül — bitumeneknek (bitumoidoknak) nevezzük.

d) Szingenetikus v. autochton az a bitumen, mely az üledékes kőzet meghatározott részében képződött, onnan nem migrált el, és máshol képződött bitumenekkel sem keveredett.

e) A migráció mechanizmusától függetlenül epigenetikus v. allochton az a bitumen, mely a képződés helyétől elmigrált.

f) A szingenetikus és epigenetikus bitumenek egymástól egzakt módszerekkel (genetikai paraméterekkel) megkülönböztethetők.

g) A kétfajta bitumen megkülönböztethetőségének a-priori feltétele, hogy az erre irányuló vizsgálatok a primér migráció *után* történjenek. Így a *c)—f)* tézisek és az ezekből levezetett definíciók és következtetések csak a primér migráció utáni állapotra vonatkozhatnak.

A hét alaptézis figyelembevételével az anyakőzetek általános definíciója és csoportosítása az alábbiak szerint adható meg.

Azt a kőzetkomplexumot, melyben — bármilyen mechanizmus szerint — bitumen képződött, melybe bitumen migrált vagy melyben mindkét folyamat végbement, *bitumentartalmú kőzetnek* nevezzük. E kőzetfajta három fő csoportba osztható:

I. (Genetikai értelemben) tiszta anyakőzetek;
II. Kevert kőzetek;
III. Tiszta tárolókőzetek.

Tiszta anyakőzet az az üledékkomplexum, melyben *csak* szingenetikus bitumen van jelen.

Kevert kőzetekben a szingenetikus és epigenetikus bitumenek egymással keveredve fordulnak elő. Ha a keveredés közel azonos arányú, vagy a szingenetikus bitumen nagyobb mennyiségben van jelen, a *kevert anyakőzet* elnevezést használhatjuk. Az epigenetikus bitumen mennyiségének növekedésével a kőzet tároló képessége (és lehetősége) domborodik ki, így a túlnyomóan allochton bitument tartalmazó kőzetet már *kevert tárolókőzetnek* nevezhetjük.

Tiszta tárolókőzetekben csak allochton bitumen van jelen. Mindkét típusú tárolókőzetből — megfelelő feltételek mellett — a bitumen (olaj) esetleg ipari méretekben ki is termelhető. Az ilyen tárolókőzetet *produktív vagy effektív tárolókőzetnek* nevezzük.

Az I—III. kőzetek fontos közös tulajdonsága, hogy az alaptézisek (a megfelelő genetikai paraméterek) a kőzetek jellegének meghatározásához szükséges és elégséges feltételként szolgálnak. Ugyanez nem állítható azokra a tiszta vagy kevert anyakőzetekre, melyekből *az elmigrált olaj termelésre alkalmas és érdemes mennyiségben valahol felhalmozódott*. Ezeket az *effektívnek vagy produktívnak* nevezett anyakőzeteket ugyanis nem lehet *csak* genetikai paraméterekkel meghatározni, hanem ehhez nagyon sok egyéb adatra is szükség van. Ezek elsősorban a produktív anyakőzet és a tároló geokémiai (migrációs), geofizikai, fizikai-kémiai, földtani értelemben egyaránt *kedvező kapcsolatának* meglétére kell, hogy utaljanak. Egy tiszta vagy kevert anyakőzet produktív jellege ugyanis döntően attól függ, hogy ilyen kedvező kapcsolat létezik-e vagy sem. Ha nincs ilyen kapcsolat, az anyakőzetből elmigrált olaj hasznavehetetlenül szétszóródik (diszpergálódik) a környező üledékkomplexumban. E szétszóródott mennyiség rendszerint sok nagyságrenddel több mint a felhalmozódott olaj mennyisége. Így a kedvező kapcsolat hiánya miatt pl. Lengyelországban a mezozóos üledékekben 127 milliárd tonna [18], hazánkban csak az alföldi neogén üledékekben 30—40 milliárd tonna olaj ment veszendőbe. Mindez aláhúzza azt az ismert, de talán kellően nem hangsúlyozott tényt, hogy az olajszegény országokban nem az anyakőzetek és a tárolók, hanem a kettő közötti kedvező kapcsolatok hiányoznak. E kapcsolatra utaló adatokat a továbbiakban *kapcsolat-paramétereknek* nevezzük. A fentiek figyelembevételével kitűnik, hogy a produktív anyakőzetek meghatározásához a genetikai paraméterek csak a *szükséges* feltételt jelentik, *elégséges* feltételként a kapcso-

lat-paraméterek kimutatása elengedhetetlen. Más fogalmazásban: Produktív anyakőzet csak az a kőzet lehet, melynek tiszta vagy kevert anyakőzet jellegét genetikai paraméterekkel, produktivitását pedig kapcsolat-paraméterekkel meghatároztuk. A könnyebb áttekinthetőség kedvéért a bitumentartalmú kőzetek osztályozását és meghatározásuk feltételeit az I. táblázatban foglaltuk össze.

I. táblázat

Bitumentartalmú kőzetek osztályozása

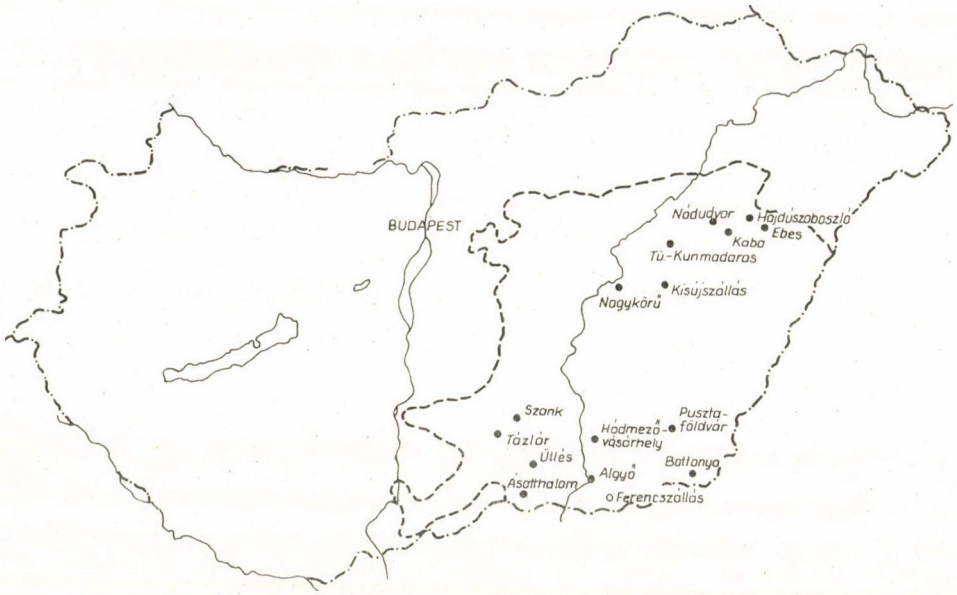
Meghatározáshoz szükséges adatok jellege	Bitumen tartalmú kőzetek			
	Csak szingenetikus bitument tartalmazó kőzetek:	Mindkét bitumenfajtát tartalmazó kevert kőzetek:		Csak epigenetikus bitument tartalmazó kőzetek:
		Túlnyomóan szingenetikus bitument tartalmazó kőzetek:	Túlnyomóan epigenetikus bitument tartalmazó kőzetek:	
Genetikai paraméterek	Tiszta anyakőzetek	Kevert anyakőzetek	Kevert tárolókőzetek	Tiszta tárolókőzetek
Genetikai és kapcsolatparaméterek	Produktív (effektív) tárolókőzetek		Produktív (effektív) anyakőzetek	

Fenntebb utaltunk arra, hogy az anyakőzet általános (elvi) definíciójával azokra az ellentmondó adatokra is magyarázatot kerestünk, melyek a genetikai paraméter-definíciókkal kapcsolatban felmerültek. Ez ellentmondások okait két tényezőben látjuk. Az egyik az, hogy sokan a genetikai paraméterek *konkrét* számszerű értékeit *általános* anyakőzetmeghatározási elvként kezelték. Később azonban kiderült, hogy ezek a paraméterek — noha egzakt módszerekkel meghatározhatók — nagyon is helyfüggőek, a kémiai háttér függvényei. Így pl. egy adott helyen, nagy háttérértékkel szemben jelentkező minimális kerogéntartalom ugyanarra a genetikai jelenségre utalhat, mint más kémiai környezetben a kis háttérértékkel szembeni maximális kerogéntartalom, vagy fordítva (l. pl. [3—4]). A másik ok az, hogy a kutatók többsége a *produktív* anyakőzetmeghatározás szükséges és elégséges feltételeit nem különböztették meg, így *genetikai* paramétereiket kapcsolat-paraméter igénnyel is használták. E logikai módszertani alap-ellentmondás természetesen az adatok és következtetések tömeges ellentmondásait eredményezte. E jelenséget tovább fokozza, hogy kapcsolat-paraméterek még hangsúlyozottabban lokális érvényűek, s így a kapcsolat-adatok *számszerű* értékeinek általánosítása további bonyodalmak forrása lehet.

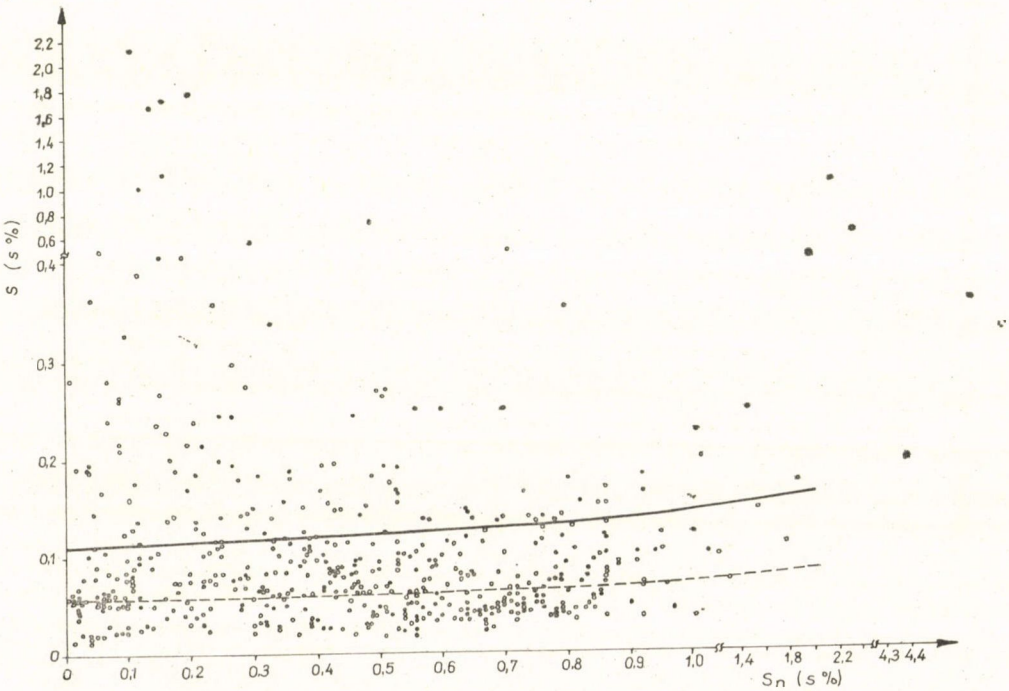
Így megítélésünk szerint az anyakőzetmeghatározás helyes módszere az, ha először *genetikai* paraméterek alapján a tiszta- vagy kevert anyakőzet jellegét és helyét határozzuk meg, majd alkalmas kapcsolat-paraméterekkel azok produktivitására következtetünk. Erre vonatkozó próbálkozásainkról az alábbiakban számolunk be.

3. *A pannóniai medence neogén anyakőzeteinek jellemzése*

Vizsgálataink az alföldi vidék 1000 m-nél mélyebben fekvő neogén üledékkomplexumára, az 1. ábrán jelölt területre terjedtek ki. A mintegy ötszáz darab magmintában meghatároztuk a kloroformmal kioldható bitumenek mennyiségét (S) és a kloroformban nem oldódó szervesanyagok (humin-vegyületek, kerogének) széntartalmát (S_n). Mindkét adatot az eredeti kőzetre vonatkozóan, s%-ban adtuk meg [19]. Az S és S_n adatok alapján az epigenetikus és szingenetikus bitumenek differenciálását lényegében NERUCSEV [2] módszerével végeztük. Nerucsev abból a kézenfekvő feltevésből indult ki, hogy a szingenetikus bitumenek mennyisége és az *összes* szervesanyag széntartalma (C_{org}) között valamilyen kapcsolatnak kell lennie, míg ugyanez a viszony az epigenetikus bitumenekre nem áll fent. NERUCSEV számos olyan interpretációt készített, melyen S-t C_{org} függvényében ábrázolta. Eredmény mindig a 2. ábrán vázoltakhoz hasonlónak adódott, mely szerint a diagramon mindig kijelölhető volt egy vonal, mely alatt a mérési pontok sűrűsödtek, felette szóródtak, ritkultak. Az előbbiek csak szingenetikus, az utóbbiak epigenetikus bitument is tartalmazó kőzetmintákra utaltak. Így az említett vonal (a 2. ábrán a folytonos vonal) a tiszta anyakőzetek és a kevert kőzetek megkülönböztetését teszi lehetővé. Az elválaszthatóság oka egyrészt az, hogy a kevert kőzetekben S mindig több, mintha csak szingenetikus bitumen lenne jelen, másrészt ez utóbbi genetikai kapcsolatban van C_{org}-al s e kapcsolat tükröződik a mérési pontok említett sűrűsödésében, vagyis abban, hogy a szingenetikus bitumen megjelenése valószínűbb és gyakoribb jelenség, mint az epigenetikus bitumen előfordulása. A genetikai kapcsolat e tükröződése még szembetűnőbben várható, ha S-t nem C_{org}, hanem S_n függvényében ábrázoljuk úgy, ahogy ezt a 2. ábrán feltüntettük. S_n alkalmazása C_{org} helyett azért tűnik jobbnak, mert S_n olyan szervesanyagok mennyiségével arányos, melyek nem migrálnak, így S és S_n közötti epigenetikus vagy szingenetikus viszony jobban domborodhat ki. A 2. ábrán az elválasztó (folytonos) vonalat matematikai statisztikai módszerrel húztuk meg, de megjegyezzük, hogy e módszernél pontosabb — bár hosszadalmasabb — a bitumenfajták kémiai analízissel történő azonosítása, melyet a szovjet geokémiai iskola (VASSZOJEVICS, 1963; USZPENSZKIJ, 1965; GLEBOVSZKAJA, 1968) egzakt, de lokális érvényű módszerré fejlesztett ki. Ilyen irányú hazai vizsgálatok [20] igazolták a szovjet kutatók eredményeit, azok hazai adaptálhatóságát s egyúttal azt is, hogy a matematikai módszer eltér ugyan a kémiai differenciálástól, de az eltérés nem számottevő. A 2. ábra

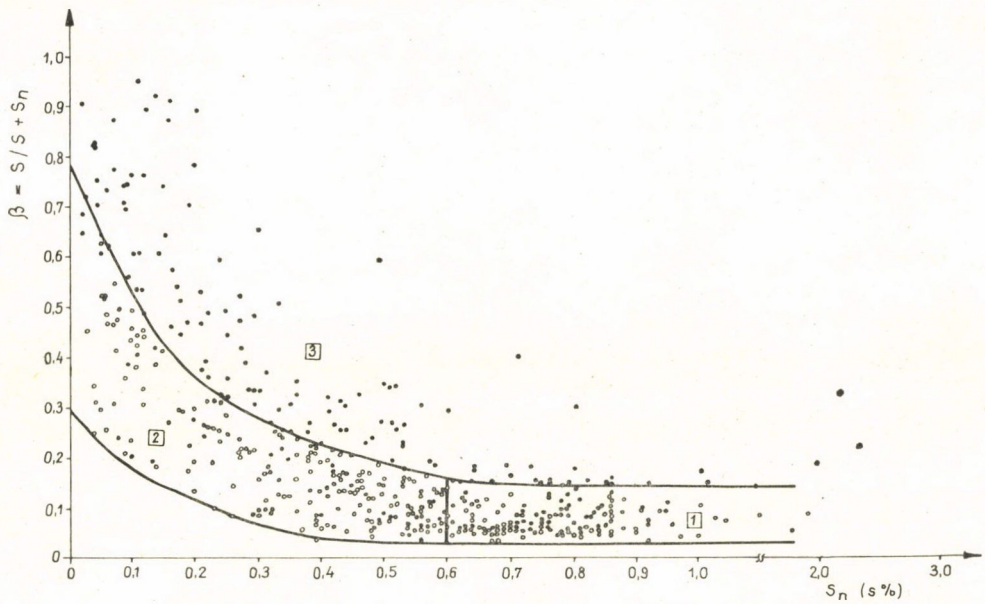


1. ábra. Neogén anyakőzetre vonatkozó vizsgálatok helyei és területe



2. ábra. Szingenetikus és epigenetikus bitumenek elválasztása az S vs. S_n összefüggés alapján

alapján a neogén tiszta anyakőzetek néhány jellegzetes sajátságára utalhatunk. Igy szembetűnő, hogy az *átlagos* szingenetikus bitumentartalom (l. a szaggatott vonalat), jó közelítéssel független S_n-től, ami azt jelenti, hogy a tiszta anyakőzetekből — függetlenül azok eredeti, primér migráció előtti olajtartalmától — a primér migráció hajtóereje (a kompakcióból vagy agyagásvány átalakulásból származó víz) közel azonos mértékig tudta kihajtani az olajat. E jelenség úgy is fogalmazható, hogy a tiszta anyakőzetek „olajvisszatartó" képessége nem mutat lényeges különbséget. E jelenség alapján arra következtethetünk,



3. ábra. Bitumentartalmú kőzetek differenciálása és osztályozása a β vs. S_n függvény alapján. 1. rendű tiszta anyakőzetek; 2. rendű tiszta anyakőzetek; 3. kevert kőzetek

hogy a kevert kőzetek primér migráció után visszamaradt szingenetikus bitumentartalma is megközelíti a tiszta anyakőzetekét. E feltevés jogosságát alátámasztja az a kézenfekvő tény, hogy a primér migráció előtt a kevert kőzetek is tiszta anyakőzetek voltak. Így feltevésünk szerint a tiszta anyakőzetek és kevert kőzetek *átlagos* szingenetikus bitumentartalma közelítőleg azonos. E megállapítás direkt úton történő bizonyítása azonban elengedhetetlen feladat.

A tiszta anyakőzetek további jellegzetességei a β *vs.* S_n függvényen mutatkoznak meg (3. ábra). A

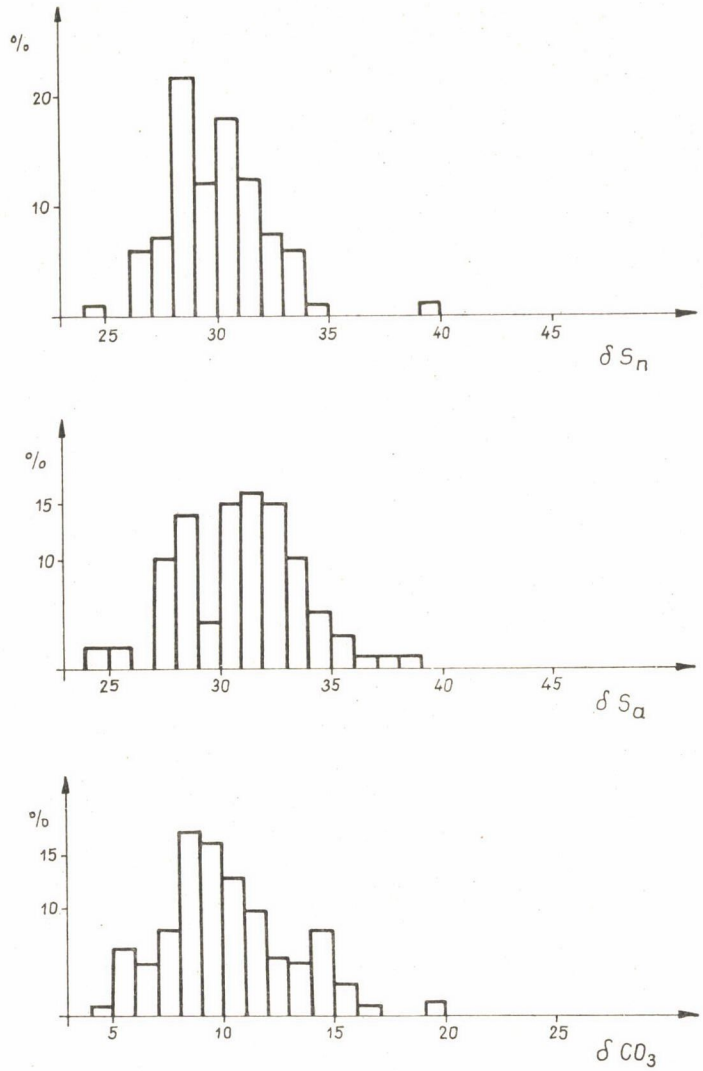
$$\beta = \frac{S}{S + S_n}$$

az ún. bitumen koefficiens, mely *szingenetikus* bitumeneknél a tiszta anyakőzet olajleadására jellemző paraméter. Értéke megadja, hogy a primér migráció

után az összes szervesanyag mekkora tört része maradt vissza a kőzetben mint bitumen. A bitumenek differenciálása természetesen a β *vs.*S_n függvény alapján is lehetséges. Ennek érzékeltetésére a 2. ábrán feltüntetett folytonos vonal felett elhelyezkedő mérési adatokat a 3. ábrán tömör karikákkal, a vonal alattiakat üres karikákkal jeleztük. Ez az ábrázolás megkönnyíti, hogy a 3. ábra alapján a tiszta anyakőzeteket további két csoportba soroljuk, melyeket 1. és 2. számokkal jelöltük. E szerint az 1.-rendű tiszta anyakőzetekre viszonylag nagy S_n-tartalom ($S_n > 0{,}6$) és nagy olajleadás (kis β-érték, $\beta < 0{,}12$), a 2.-rendűeket kisebb S_n-tartalom ($S_n < 0{,}6$) és kisebb olajleadás ($\beta > 0{,}12$) jellemzi. Nyomatékosan hangsúlyozzuk, hogy az anyakőzetek rendűségekbe való sorolása genetikai paraméterek (β, S_n) alapján történt, tehát az osztályozás lokális érvényű, így rendező ereje csak annyiban van, hogy a pannóniai neogén tiszta anyakőzetekre a „nagy" és „kicsi" olajleadás számszerűen is definiálható.

Érdekes, hogy az anyakőzetek rendűsége egyúttal litológiai osztályozást is jelent, ugyanis a 1.-rendű anyakőzetek 95%-a márga és agyagmárga, 2.-rendűek 50%-a márga a többi 50% agyagos homokkő, márgacsíkos homokkő, tiszta homokkő és aleurit. A kevert kőzetek litológiai megoszlása hasonló, azzal a különbséggel, hogy e csoportban márga és agyagmárga csak 20—30%-os valószínűséggel fordul elő.

A tiszta anyakőzetek jellemzését a β és S_n adatokon kívül izotópgeokémiai paraméterekkel is megkíséreltük. A jellemzéshez δS_a, δS_n és δCo_3 értékeket használtuk fel [19]. δCo_3 a tiszta anyakőzetekben levő karbonátok negatív ezrelékekben kifejezett $^{12}C/^{13}C$ aránya PDB-standardra vonatkozóan, δS_a a szingenetikus bitumenek széntartalmára, δS_n a kloroformban nem oldható szervesanyagok széntartalmára jelent hasonló értelmű adatot. A mérési eredmények hisztogramját a 4. ábrán tüntettük fel, ahol egy oszlop magassága megadja, hogy az oszlop alján feltüntetett δ-intervallumba az összes mérések hány százaléka tartozik. Az ábrából kitűnik, hogy a δS_a, δS_n és δCo_3 izotóparányok hasonló mértékű ingadozást (szórást) mutatnak, vagyis a legnagyobb és legkisebb mért értékek *különbsége* mindhárom izotóparánynál csaknem azonos. Így δS_n-nél 40-24 = 16‰, δS_a-nál 39-24 = 15‰, δCo_3-nál 20-4 = 16‰ a változási intervallum. E jelenség magyarázatához az izotóparányok más paraméterektől való függését is megvizsgáltuk. Így kitűnt, hogy δCo_3 független a karbonátokhoz kapcsolódó alkáliföldfémek minőségétől és mennyiségétől, a δS_n és δS_a értékek pedig S és S_a abszolút értékeihez sem korrelálhatók. Így a 4. ábrán igazolt azonos mértékű δ-szórást a tiszta anyakőzetek sajátságának tekinthetjük, azok izotópgeokémiai (genetikai) paraméteréül fogadhatjuk el. A jelenség valószínű okát abban látjuk, hogy a genezis során a három izotóparány egymástól függően változott. Így nemcsak a bitumen és a kerogének között volt izotópcsere reakció [21], hanem ez a folyamat valamilyen formában a karbonátok és a szervesanyagok között is végbemehetett. E folyamat



4. ábra. Tiszta anyakőzetek izotópgeokémiai adatai és hisztogramjai

egyik lehetséges változata, hogy a genezis során képződött ^{13}C-ban gazdag szén-dioxid egy hányada karbonát formájában kötődött meg, így az anyakőzetek karbonátjainak egy része szerves eredetű lehet. A karbonátok további izotóparány-eltolódását különböző oldódási folyamatok is elősegíthették. Így különösen a primér migráció során az agyagásvány átalakulásból származó rendkívül agresszív víz a karbonátokban $^{12}C/^{13}C$ változást okozhatott. E lehetséges változatok pontosabb értelmezése a közeljövő kutatási feladatait jelentik.

A fentiekben a neogén anyakőzetek genetikai paramétereit tárgyaltuk, a döntő fontosságú kapcsolat-paraméterek meghatározása azonban rendkívül

nehéz, komplex feladat, mert számos tényező együttes mérlegelésére s így több tudományterület (földtan, fizika, kémia stb.) alkalmazott és alapkutatási eredményeinek összegezésére van szükség. E nehéz és sokrétű feladat megoldása késztette a kutatókat arra, hogy olyan kapcsolat-paramétert keressenek, mely lehetőség szerint az anyakőzet—tároló kapcsolatra utaló adatokat *együttesen* tartalmazza. Ilyen paraméter az ún. *akkumulációs koefficiens* (tényező), mely megadja, hogy egy adott földtani, fizikai, kémiai stb. sajátságokkal rendelkező üledékkomplexumon belül a primér migráció során mobilizálódott olaj mekkora tört része akkumulálódott iparilag is hasznosítható mértékben és formában. E probléma megoldása a geokémiai szénhidrogén-prognózis témakörébe tartozik, melyről következő közleményünkben számolunk be.

IRODALOM

1. Denic, M.: Identifikacija ugljikovodnicnih naticnih stena. Nafta, **21**, 51, 1970.
2. Nerucsev, Sz. G.: Nefteproizvodjáscsie szviti i migrácija nefti. Nedra, Moszkva, 1969.
3. Philipi, G. T.: Geochim. et Cosmochim. Acta, **29**, 9, 1965.
4. Bajor, M.: Erdöl und Kohle, **22**, 515, 1969.
5. Rudakow, D. A.: Erdöl und Kohle, **23**, 404, 1970.
6. Balázs, Á.—Koncz, I.: VII. Int. Geochem. Konferenz. Budapest, 1973.
7. Lück, I.: VII. Int. Geochem. Konferenz, Budapest, 1973.
8. Kisielow, W.—Marzec, A.: Advances in Organic Geochem. Pergamon Press, London, 1969.
9. Gadzsi-Kaszumov, A. C.: Neft i Gaz, **3**, 1971.
10. Veber, B. V.: Transactions of VNGRI, Nedra, Moszkva, 1966.
11. Ali-Zade, A. A.—Alikhamov, E. N.: Study of Environments of Transformation of Organic Matter in Recent Sediments of the Southern Caspian, Nedra, Moszkva, 1967.
12. Larszkaja, E. S.—Zabrev, D. V.: DAN SSSR, **157**, 4, 1964.
13. Kartsev, A. A.—Vasszojevics, N. B.—Geadekian, A. A.— Nerucsev, S. G.—Szokolov, V. A.: Proceedings of the 8th World Petroleum Congress. Elsevier, 1972.
14. Tissot, B. P.—Louis, M.: Proceedings of the 7th World Petroleum Congress. Elsevier, 1967.
15. Cooper, T. E.—Bray, E. A.: Geochim. et Cosmochim. Acta, **27**, 18, 1963.
16. Dunton, M. L.—Hunt, I. M.: Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **46**, 12, 1962.
17. Szádeczky-Kardoss, E.: VII. Int. Geochem. Konferenz. Budapest, 1973.
18. Motyl, N.—Rakowska, I.: Nafta, **27**, 147, 1971.
19. Kőolaj- és Földgázbányászati Ipari Kutató Laboratórium: Komplex geokémiai jelentések, 1968—1973.
20. Kőolaj- és Földgázbányászati Ipari Kutató Laboratórium: Dráva medence geokémiai feldolgozása. Kutatási jelentés, 1973.
21. Müller, E. P.—Wienholz, R.: Z. angew. Geol., **14**, 116, 1968.

GEOKÉMIAI SZÉNHIDROGÉN-PROGNÓZIS LEHETŐSÉGE HAZÁNKBAN

TÓTH JÓZSEF
A KÉMIAI TUDOMÁNYOK DOKTORA

1. *A geokémiai szénhidrogén-prognózis fogalma és fajtái*

A prognosztikus szénhidrogén készletek számítására napjainkban két általánosan elfogadott módszer ismeretes. Egyik összehasonlító földtani elemzésen, a másik geokémiai (térfogat genetikai) adatok értékelésen alapszik.

Az *összehasonlító földtani elemzés* módszere alapján történő becsléshez szükséges, hogy az egymással szembeállított területek tektonikai sajátságaik, földtani fejlődéstörténetük, rétegtani felépítésük, tárolótípusok és fedő rétegeik, a kőolaj és földgáztartalmú rétegek kiterjedése, környezeti körülményei, hidrológiai viszonyai stb. vonatkozásában egymáshoz hasonlítsanak. E módszer szerinti számításnál több eljárást alkalmaznak, a leggyakoribb az, ha 1 km^2 felületre és 1 km^3 üledékes kőzetre eső szénhidrogén tartalomból számított készletsűrűséget teljesen feltárt, ismert kőolaj és földgáztartalmú ún. etalon területen határozzák meg, majd a fennálló különbségek figyelembevételével a készletsűrűséget a prognosztizálandó területre is kiszámítják. Ilyen jellegű prognózist hazánkban legutóbb DANK V. készített [1].

A geokémiai szénhidrogén-prognózis definíciói — az irodalmi adatok ismeretében — eléggé specifikus érvényűek s így jobbára attól függnek, hogy a kutatók a prognózist milyen eljárással, mekkora területre kiterjedően és hol végezték el. Teljesen általános érvényű definíciót ezért nagyon nehéz adni, az alábbi fogalmazásban inkább az eddigiek szintézisére törekedtünk. Így geokémiai szénhidrogén-prognózisnak nevezhető minden olyan módszer, mely a szénhidrogén genezis, az anyakőzet előfordulás, a migráció és felhalmozódás kémiai, fizikai-kémiai és földtani törvényeinek *együttes* alkalmazásával egy adott területen lehetséges, iparilag is hasznosítható szénhidrogén előfordulások nagyságát meg tudja becsülni. Olyan nagyobb, földtanilag nem egységes területre terjedő prognózist, mellyel *több* tárolóban elhelyezkedő szénhidrogén jelenlétét és nagyságát kívánjuk így megbecsülni, *regionális prognózisnak* nevezzük. A *lokális* prognózis többnyire csak *egy* tárolóban levő szénhidrogén mennyiségi vagy minőségi felderítésére szorítkozik, így vizsgálati módszerei rendkívül változatosak (l. alább). Általánosan érvényes azonban, hogy a kétfajta prog-

nózis nem független egymástól: A regionális prognózis eredményei a lokális prognózisnál felhasználhatók s még inkább igaz fordítva: A regionális prognózis az adott terület lokális geokémiai, földtani stb. adatainak — általában matematikai statisztikai módszerrel történő — értékelésen alapszik. Ennek hangsúlyozása azért fontos, mert a geokémiai adatok és genetikai paraméterek többnyire helyi érvényűek s így a külföldi irodalomban leírt és másutt sikeresen alkalmazott módszerek kritikátlan hazai adaptációja súlyos tévedések forrása lehet. Így a külföldön kidolgozott és ismert módszereket vagy azok részeit csak akkor vehetjük át, ha sajátos földtani, geokémiai viszonyainknak megfelelő alkalmazhatóságukról kísérleti tények alapján meggyőződtünk. Kutatóink előtt álló másik lehetőség, hogy a lokális és regionális prognózis hazánkban alkalmazható módszereit — sajátos körülményeink figyelembevételével — itthon dolgozzuk ki. E munkában a két lehetőség együttes megvalósítására tett kísérleteinkről számolunk be.

2. *A lokális és regionális geokémiai prognózis ismertebb külföldi módszerei*

A lokális prognózis módszereinek jellemzésére néhány újabb irodalmi adatot röviden ismertetünk. JUSKEVICS és munkatársai [2] földgázok és kondenzátumok ciklopentán tartalma alapján a könnyű szénhidrogének kőolajjal való kapcsolatára, kőolaj jelenlétére következtetnek. SAVCSENKO [3] ugyanezt a problémát a gázok i-bután/n-bután aránya alapján látja megoldhatónak. SZTAROBINEC és CSAPALA [4] a földgázban levő aromás és kén vegyületek mennyiségéből a kondenzátum várható kihozatalára következtetnek. SZOKOLOV [5] ma már klasszikusnak nevezhető talajgázelemzési módszerét sokféle formában és módon továbbfejlesztették. Legújabb alkalmazásáról és figyelemreméltó eredményeiről FILIPESCU [6] és GERARD [7] számoltak be. JOHNSON [8] nehéz fémek felszíni nyomelem-anomáliája alapján következtet szénhidrogén tárolók jelenlétére. Érdekes OSSZADOSIJ és BAJBAKOV [9] módszerei, akik a kőolaj és gázfelhalmozódások kimutatására geotermikus adatokat használnak fel. Az anyakőzetek kora és előfordulási helye alapján történő prognózissal CALINESCU [10] foglalkozott. BARSZ [11] a mélyvizekben levő szerves vegyületek mennyisége és minősége alapján következtet szénhidrogének jelenlétére.

A regionális prognózisnak napjainkra két fő iránya bonatkozott ki, melyek módszertanilag különböznek ugyan egymástól, az eredményeket illetően azonban számos találkozás van. Az amerikai geokémiai iskolát a SMITH-CURTIS-féle [12] elmélet jellemzi, mely a prognosztizált területen az effektív anya- és tárolókőzeteket geometriailag elkülöníti egymástól, mindkettőt pontosan definiált méretekkel is jellemzi. Az elmélet szerint az anya- és tárolókőzet *közvetlen* érintkezése esetén az anyakőzet által leadott olaj *térfogata* arányos az anyakőzet térfogatával s az arányossági tényező (az ún. olajleadási tényező) —

átlagértékét tekintve — állandó ($v = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$). Így végső soron a módszer a prognózist az effektív anyakőzetek mennyiségi becslésére vezeti vissza.

A másik főirányt, a szovjet geokémiai iskola képviseli. NERUCSEV, az iskola legjellegzetesebb egyénisége [13] eddig két könyvében (1967, 1969) foglalkozott a szénhidrogén prognózis bitumenológiai módszerével, melynek lényege a következő: Izolált földtani szerkezetekre, melyekben a kőolajképződés, migráció és a felhalmozódás folyamatai egységesek, kívülről nem befolyásoltak, egyszerű anyagmérleg egyenlet írható fel. Ez egyenletben NERUCSEV a prognosztikus kőolajkészletet (Q_p) úgy határozza meg, mint az anyakőzetből elmigrált szénhidrogén (epigenetikus bitumen) mennyiségének (Q_e) és a migráció folyamán az üledékösszletben szétszóródott (Q_s), valamint a már ismert kőolaj mennyiségének (Q_f) különbségét:

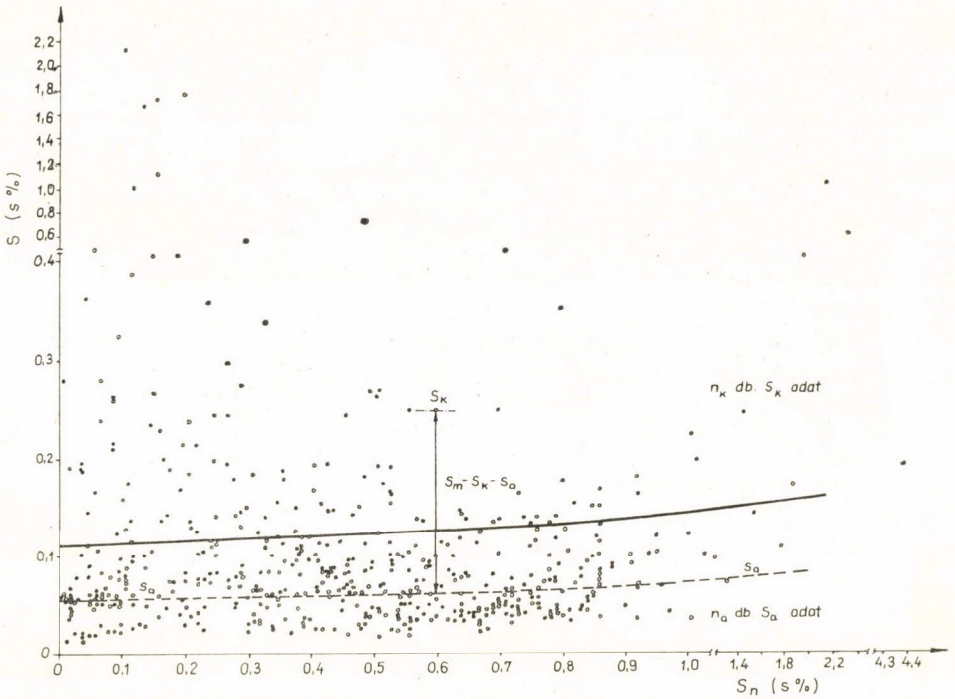
$$Q_p = Q_e - (Q_s + Q_f) \tag{1}$$

Az (1) egyenlet hazai alkalmazhatóságát megvizsgálva kiderült, hogy neogén üledékeinkben az elmigrált és szétszóródott bitumenek mennyisége (Q_e és Q_s) kb. két nagyságrenddel nagyobb mint Q_f és Q_p. Így Q_p kielégítő pontosságú számításához Q_e-t és Q_s-t olyan pontossággal (a nagyságrenden belül legalább két tizedesig) kellene megadni, amelyet egyszerűen nem érdemes elérni. A kívánt pontossághoz ugyanis oly sok fúrás lemélyítésére lenne szükség, amely magát a prognózist feleslegessé tenné. Szovjetunióban az (1) egyenletet hatalmas táblás területekre alkalmazták, melyek geokémiailag és földtanilag igen egységesek, ugyanakkor az egyenlet tagjai között nagyságrendi eltérések nem voltak, s így (1) összefüggés jó eredményekre vezetett. Mindezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy hazánkban a szovjet iskola prognózis módszereinek változatlan alkalmazása nem célszerű, ezért egyszerűbb, de sajátos viszonyainkat figyelembe vevő, elfogadható pontosságú becslési módszer kidolgozására van szükség.

3. *Geokémiai szénhidrogén-prognózis hazai módszere*

3.1. *A prognózis alapelve*

Az epigenetikus és szingenetikus bitumenek korábban már tárgyalt [14] és 1. ábrán vázolt differenciálása útján kiszámítjuk a tiszta anyakőzetek és kevert kőzetek, valamint az összes mobilizálódott bitumen mennyiségét. Ez utóbbi ismeretében megbecsüljük, hogy ebből mennyi halmozódhatott fel iparilag is értékesíthető formában. E becslés a geokémiai analógia módszerével történhet, melynek lényegére a prognózis számítás ismertetése során mutatunk rá. E számítás keretén belül meghatározhatók a különböző kőzetfajtákban levő bitumenek abszolút mennyiségei, a CURTIS-SMITH-féle olajleadási tényező,



1. ábra. Szingenetikus és epigenetikus bitumenek elválasztása az S vs. S_n összefüggés alapján az alföldi terület neogén üledékeire

valamint a tiszta anyakőzetekből a kevert kőzetekbe ($A_a \rightarrow A_k$ irányban) és a kevert kőzeteken belül ($A_k \rightarrow A_k$ irányban) migrált bitumenek mennyiségei.

3.2. *A prognózisszámítás menete*

a) A prognosztizálandó területen a tiszta anyakőzetek mennyisége:

$$A_a = A \frac{n_a}{n_{\ddot{o}}} \tag{2}$$

b) Ugyanott a kevert kőzetek mennysége:

$$A_k = A \frac{n_k}{n_{\ddot{o}}} \tag{3}$$

c) A prognózisszámítás alapmozzanata az üledékkomplexumban mobilizálódott, vagyis csak epigenetikus bitumen mennyiségének (B_m) meghatározása. E számítás az S_m-hisztogram alapján, egyenletes mintaeloszlás feltételével az alábbiak szerint történik.

Előző közleményünkben [14] említett feltevés szerint a kevert kőzetek és tiszta anyakőzetek átlagos szingenetikus bitumentartalma közelítőleg azonos. Így egy kevert kőzet mintában az epigenetikus bitumen koncentrációja ($s\%$):

$$S_m \approx S_k - s_a \tag{4}$$

(4)-ben természetesen azon S_n adathoz tartozó s_a érték szerepel, melyhez S_k is tartozik (1. ábra). A (4) szerint megadott S_m adatokból hisztogramot számítunk. E hisztogram (2. ábra) i. oszlopához tartozó kevert kőzet mennyisége

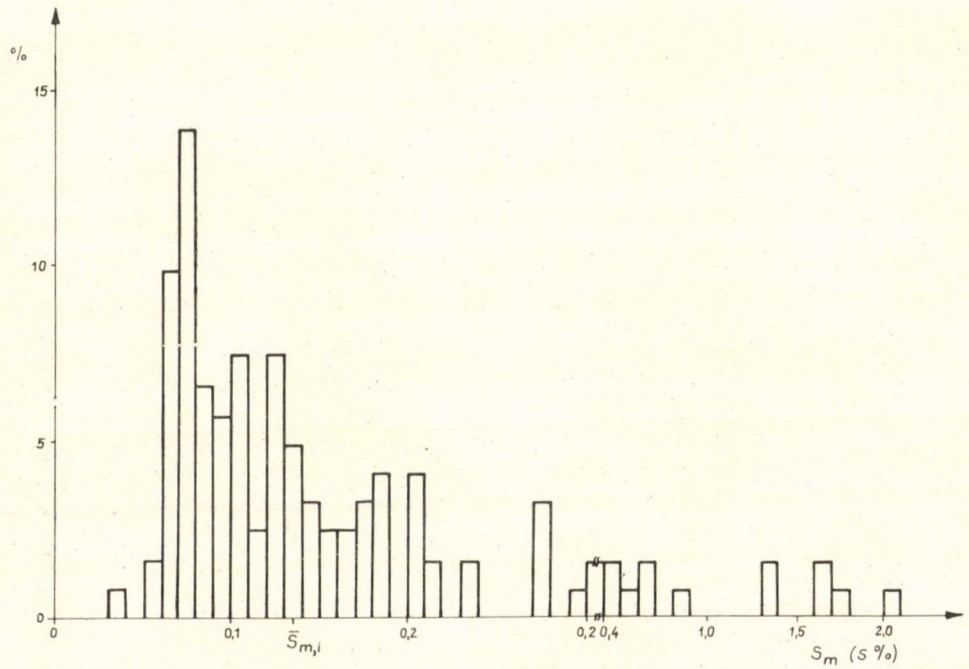
$$A_k Z_i \cdot 10^{-2} \text{ to.}$$

Ez utóbbi átlagos epigenetikus bitumentartalma

$$A_k Z_i \bar{S}_{mi} \cdot 10^{-4} \text{ to.}$$

A fenti számítást mindegyik hisztogram oszlopra elvégezve, az eredményeket összegezve kapjuk:

$$B_m = 10^{-4} A_k \sum_{i=1}^{h} Z_i \bar{S}_{m,i} \tag{5}$$



2. ábra. S_m-hisztogram az alföldi neogén üledékek kevert kőzeteire

d) A geokémiai analógia módszere akkor alkalmazható, ha rendelkezésre áll egy teljesen felkutatott, földtani szempontból egységes, már fentebb is említett ún. etalon terület, melyen a feltárt földtani kőolajkészletek és az S vs. S_n összefüggés pontosan ismertek. Így az etalon és a prognosztizálandó terület geokémiai analógiája akkor áll fenn, ha a két terület S vs. S_n függvényeinek alapvető jellege azonos, vagyis ha a szingenetikus és epigenetikus bitumeneket differenciáló vonalak — a kísérleti hibák határain belül — azonos helyre esnek. Ez esetben a két terület szénhidrogén-genetikai és migrációs viszonyai hasonlóak s így a (2)—(5) egyenletek mindkét területre alkalmazhatók. Ha az etalon terület már ismert földtani kőolajkészlete K_e, az ugyanitt mobilizálódott és (5)-el számítható bitumen mennyisége B_m^e, akkor az ún. akkumulációs tényező a következő egyenlettel definiálható:

$$C = \frac{K_e}{B_m^e} \tag{6}$$

A geokémiai analógia miatt C a prognosztizálandó területre is érvényes, ha ott a potenciális olajkészlet (Q_p) tárolására alkalmas szerkezetek jelen vannak. E feltétellel

$$Q_p = C\, B_m - Q_f \tag{7}$$

A prognózis számítás alapjául szolgáló (7) egyenleten kívül további fontos térfogatgenetikai paraméterek számíthatók. Ezek a következők:

e) A primér migráció után a kevert kőzetekben levő szingenetikus és epigeketikus bitumenek mennyisége (B_k) az S_k-hisztogram alapján:

$$B_k = 10^{-4} A_k \sum_{i=1}^{h} Z_i \bar{S}_{k,i} \tag{8}$$

f) A primér migráció után a tiszta anyakőzetekben visszamaradt szingenetikus bitumen mennyisége (B_a) az S_a-hisztogram alapján:

$$B_a = 10^{-4} A_a \sum_{i=1}^{h} Z_i \bar{S}_{a,i} \tag{9}$$

g) A Smith-Curtis-féle olajleadási tényező:

$$v = \frac{B_m \gamma_k}{A \gamma_0} \tag{10}$$

h) Az $A_a \rightarrow A_k$ irányban migrált bitumen mennyisége:

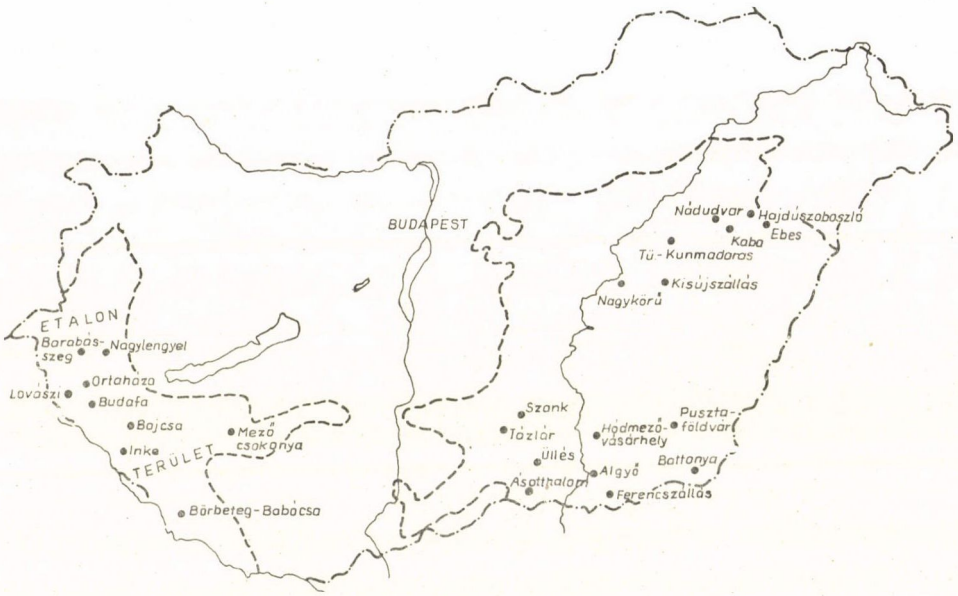
$$B_m^a = v A_a \frac{\gamma_0}{\gamma_k} \tag{11}$$

i) A $A_k \rightarrow A_k$ irányban migrált bitumen mennyisége:

$$B_m^k = v A_k \frac{\gamma_0}{\gamma_k} \tag{12}$$

3.3. *Az eddigi mérések alapján számított térfogatgenetikai paraméterek és az ezekből levonható következtetések*

A Nagyalföld 3. ábrán feltüntetett területén, az 1000 m-nél mélyebben fekvő neogén üledékkomplexumra mintegy ötszáz magminta elemzése alapján az alábbi térfogatgenetikai adatokat határoztuk meg. A neogén üledéktömeg térfogata $32 \cdot 10^3$ km^3 [1], mely 2,1 átlagos kőzetsűrűséggel számolva $67{,}2 \cdot \times 10^{12}$ to.-nak felel meg. Az epigenetikus és szingenetikus bitumenek 1. ábrán vázolt differenciálása és a (2)—(3) egyenletek alapján a fenti üledéktömeg 76%-a tiszta anyakőzet, 24%-a kevert kőzet. Bitumenmentes kőzetmintát



3. ábra. Az etalon és prognosztizált terület

eddig nem tudtunk azonosítani. A $67{,}2 \cdot 10^{12}$ to. kőzettömegben összesen 84 milliárd tonna (84 Mdt) bitumen helyezkedik el. Ebből a mennyiségből kevert kőzetekre 49 Mdt, tiszta anyakőzetekre 35 Mdt bitumen jut. E két adatból is rögtön kitűnik, hogy a kevert kőzetekben lényegesen nagyobb a bitumenek átlagos koncentrációja mint a tiszta anyakőzetekben ($3{,}04 \cdot 10^{-3}$ s%, ill. $0{,}68 \cdot 10^{-3}$ s%). E tény is arra utal, hogy az 1000 m-nél mélyebben fekvő üledékekben a primér migráció végbement. E folyamat során mobilizálódott (vagyis epigenetikus) bitumen mennyisége 36 Mdt, vagyis az összes bitumentömeg 43%-a. E mennyiségből a tiszta anyakőzetekből a kevert kőzetekbe 28 Mdt, a kevert kőzeteken belül 8 Mdt bitumen migrált.

A prognózisszámítás kulcsául szolgáló C akkumulációs tényezőt a 3. ábrán feltüntetett dunántúli területen határoztuk meg, melynek etalon jelle-

gére DANK [1] hívta fel a figyelmet. A prognosztizálandó és az etalon terület S vs. S_n függvényeinek alapvető jellege azonos, a geokémiai analógia igazoltnak tekinthető, így a (6)—(7) egyenletek alkalmazásának nincs elvi akadálya. C számszerű értéke s a számításához szükséges adatok az államtitkokra vonatkozó rendelkezések alapján nem publikálhatók. A C érték pontosítása egyébként további $S-S_n$ adatok értékelésével folyamatban van. Hangsúlyozzuk, hogy C egyúttal az a kapcsolat-paraméter is, mely az effektív anyakőzetek és tárolók kedvező kapcsolatára utaló adatokat lehetőség szerint együttesen tartalmazza s melynek fontosságára és szerepére előző közleményünkben [14] hívtuk fel a figyelmet.

A (10) egyenlet alapján a prognosztizálandó területre az olajleadási tényező értéke:

$$v = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$$

ami meglepően jó egyezés a SMITH-CURTIS-féle $v = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$ adattal. E tény már megengedi azt az igen fontos kőolajföldtani feltételezést, hogy az említett alföldi területen az effektív anyakőzetek és tárolók viszonylag közel vannak egymáshoz, vagyis a primér migráció horizontális útvonala az anyakőzetek és tárolók átlagos hosszának összegét kb. 20—23 km-t [12] nem haladja meg.

A 3.2 és 3.3 pontokban említett térfogatgenetikai adatok számítása statisztikai módszerrel történt, így a számszerű értékek a mérések számától és a minták egyenletes, jellemző eloszlásától nagymértékben függenek. A közölt paramétereket ötszáz adat alapján számítottuk, de a mérések automatizálásával az adatokat meg kívánjuk tízszerezni. Az így nyert módosított értékek alapján nemcsak a prognózis számítás pontossága növelhető, hanem a módszer megbízható alkalmazásához szükséges minimális mérések száma is meghatározható.

3.4. *A prognózisszámítás kritikája és továbbfejlesztési lehetőségei*

A fentiekben vázolt módszer lényegében két paraméter, az S és S_n adatok statisztikai értékelésen alapszik. Az ezzel kapcsolatos hibalehetőségek mellett azt is figyelembe kell vennünk, hogy S és S_n nem teljesen egzakt geokémiai paraméterek. S a kloroform-oldható bitumen A-t jelenti, egyéb oldószerekkel (aceton, alkohol, benzol és ezek elegyei) további bitumenfrakciók oldhatók ki, de ezek mennyisége nem több a teljes bitumentartalom 1—5%-ánál. Az S_n érték pedig akkor lenne pontos genetikai paraméter, ha csak a kerogének széntartalmára utalna. S_n azonban tartalmazza a már előbb említett egyéb bitumenfrakciók és a lúggal kioldható huminvegyületek széntartalmát is. A teljesen pontos S és S_n meghatározások azonban ma még annyira időigényesek, hogy azok „statisztikai méretekben" való kivitelezése lehetetlen feladat. A módszer pontosítása érdekében azonban kívánatos, hogy a legjellemzőbb mintákból végzett egzakt S és S_n meghatározásokkal megbecsüljük azt az eltérést, mely

a közelítő és a pontos S vs. S_n összefüggés között fennállhat. Ennek alapján a szükséges korrekciók elvégezhetők.

A módszer legnagyobb hibája, hogy a kevert kőzetekben levő szingenetikus bitumen (s_a) meghatározása indirekt úton, számítással történik, melynek jogosságát csak feltételezéssel lehet alátámasztani. E kényszerű megoldás abból származik, hogy ma még nem ismerünk olyan megbízható direkt módszert, mellyel a szingenetikus és epigenetikus bitumenek *egymás melletti* meghatározása lehetséges lenne. E probléma megoldása prognózis módszerünk lényeges továbbfejlesztését tenné lehetővé. Hasonló fejlesztést a mérések számának növelésétől várhatunk. Így a jelenleg prognosztikus becslés szempontjából egységesnek tekintett alföldi területet, a mélyzónák és gerincvonulatok migrációt szabályozó törvényszerűségei alapján, további medencerészekre bonthatjuk [1] s ezekre külön-külön prognózist készíthetünk. A módszer további előnye, hogy az alkalmazhatóság leglényegesebb kritériuma, a geokémiai analógia, direkt úton igazolható. Nem elhanyagolható előny az sem, hogy a mérések és számítások rendkívül egyszerűek, könnyen automatizálhatók, illetve programozhatók. Az eddig végzett becslések reális eredményei azt igazolják, hogy a módszer említett fogyatékosságaiból adódó hibák a prognosztikus készletek pontosságával szemben szabott követelményeket nem lépik túl.

3.5. *A prognózisszámításnál használt jelölések*

A a prognosztizálandó üledékkomplexum mennyisége (to)
A_a a tiszta anyakőzetek (csak szingenetikus bitument tartalmazó kőzetek) mennyisége (to)
A_k szingenetikus és epigenetikus bitument egyaránt tartalmazó kevert kőzetek mennyisége (to)
n_a tiszta anyakőzetnek bizonyult minták száma
n_k kevert kőzetnek bizonyult minták száma
n_δ összes minták száma ($n_a + n_k$)
S_m egy kevert kőzet mintában csak az epigenetikus bitumentartalom ($s\%$)
S_k egy kevert kőzet mintában a kloroformmal kioldható összes (szingenetikus és epigenetikus) bitumentartalom ($s\%$)
S_a egy tiszta anyakőzet mintában a kloroformmal kioldható szingenetikus bitumentartalom ($s\%$)
s_a valamennyi kőzetfajta átlagos szingenetikus bitumentartalma ($s\%$)
S_n valamennyi kőzetfajta kloroformmal nem kioldható szervesanyagának széntartalma (kőzetre vonatkozó $s\%$)
$\bar{S}_{m,i}$, $\bar{S}_{k,i}$, $\bar{S}_{a,i}$ az S_m, S_k, és S_a-hisztogramok i oszlopaihoz tartozó értékintervallumok középértékei ($s\%$)
Z_i az i hisztogram oszlop magassága (%)
h a hisztogram oszlopok száma
γ_0 a prognosztizálandó üledékben levő összes bitumen átlagos sűrűsége
λ_k a prognosztizálandó üledékkomplexum átlagos sűrűsége
Q_f a már feltárt kőolajkészlet

IRODALOM

1. Dank, V.: A magyarországi szénhidrogénkutatások várható eredményei és országos programja. OKGT tanulmány. Budapest, 1970.
2. Juskevics, G. J.—Vinogradov, T. L.—Csahmacsev, V. A.—Zsuze, T. P.: Geologija Nefti i Gaza, 1, 1972.

3. Savcsenko, V. P.—Karpov, A. K.—Beretov, J. A.: Gazovaja Promislennoszt, **4**, 1971.
4. Sztarobinec, J. S.—Csapala, J. D.: Geologija Nefti i Gaza, **3**, 1971.
5. Szokolov, V. A.: Priamije geohimicseszkije metodi poiszkov nefti. Nedra, Moszkva, 1947.
6. Filipescu, N. N.: Petrol si Gaze, **22**, 312, 1971.
7. Gerard, R.: VII. Int. Geochem. Konferenz, Budapest, 1973.
8. Johnson, A. C.: Oil and Gas Journal, **12**, 1970.
9. Oszadosij, V. G.—Bajbakov, V. V.: Neftegazovaja geologija i geofizika, **9**, 1970.
10. Calinescu, J.: Petrol si Gaze, **22**, 127, 1971.
11. Barsz, E. A.: VII. Int. Geochem. Konferenz, Budapest, 1973.
12. Smith, J. E.: Proceedings of the 8th World Petroleum Congress. Elsevier, 1972.
13. Nerucsev, Sz. G.: Nefteproizvodjáscsie szviti i migrácija nefti. Nedra, Moszkva, 1969.
14. Tóth, J.: Geonómia és Bányászat. MTA X. Oszt. Közleményei. (Megjelenés alatt.)
15. Tóth, J.: Geokémiai szénhidrogén-prognózis lehetősége hazánkban. MTA Olajbányászati Kutató Laboratórium. Tanulmány, 1973.

KÖNYVISMERTETÉS

NEMECZ E.: AGYAGÁSVÁNYOK

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973, 507. o. 217 ábra, 126 táblázat

Az agyagásványok a Földkéreg legfelsőbb övében jelennek meg és így a bioszférával közvetlen kontaktusban állnak. Feltételezhető, hogy az élet keletkezésében is jelentős szerepet játszottak, s manapság a kőolajiparon, építőiparon és mezőgazdaságon keresztül a modern emberrel a legközvetlenebb kapcsolatban álló ásványcsoport.

NEMECZ ERNŐ könyve lépésről-lépésre tárja fel a szakember előtt ezeket a nagyon változatos kémiai felépítésű és kristályszerkezetű ásványokat.

A munka három fő részből áll. Az elsőben a kristályszerkezettel foglalkozik, és részletesen ismerteti a tetraéderes és oktaéderes rétegkötelékek felépítését, amely a rendszerezés alapja. Újszerűen oldja meg a különböző típusú agyagásványok jelölését. A STEVENS-féle arányszám mellett betűjelzést is alkalmaz, és így szemléletessé teszi az oktaéderes és tetraéderes rétegek váltakozását a filloszilikáttípusú agyagásványokban. Az egyes ásványok részletes kristályszerkezeti ismertetése után közli a porfelvételi röntgenadatokat és kémiai összetételeket, ami a DTA és röntgendiffraktogramok ábráival együtt a meghatározás biztonságát segíti elő. Külön felhívja a figyelmet a szmektitek intrakristályos duzzadó és ioncserélő képességére, és kristályszerkezeti alapon értelmezi e fontos, gyakorlatban is felhasznált tulajdonságokat. A kevert rétegszerkezetű agyagásványok ismertetése azért is fontos, mert a hazai hidrotermás agyagásványtelepekben igen gyakran fellelhetők (allevardit*). Végül kitér a láncszerkezetű és amorf agyagásványok jellemzésére is.

A könyv második, legértékesebb része az agyagásványok szisztematikus meghatározási metódusának ismertetése. Az ásványcsoportok identifikálásának alapja a röntgendiffrakciós porfelvételeken kimért bázisreflexiók d_{001} értékei. Az egyes ásványfajták meghatározása a természeti anyag hevítéses és vegyszeres kezelésének hatására változó rácsperiódusok alapján történik. Szemléletes, könnyen kezelhető meghatározó táblázatai nemzetközileg is egyedülállóak. A röntgendiffrakció mellett más meghatározási eljárásokat is ismertet (infravörös-spektroszkópia, DTA, elektronmikroszkópia), ábrák és fényképek kíséretében.

A könyv harmadik, befejező része az agyagásványok genetikája. A mállási folyamatok kapcsán levezeti a megváltozott egyensúlyi viszonyok hatására létrejövő agyagásványszerkezeteket, majd rátér a laboratóriumi szintézisükre, bemutatva stabilitási tartományukat binér, terne és kvaterner rendszerekben. Ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy a természetes és mesterséges rendszerek között jelentős eltérések lehetnek. Erőteljesen kiemeli, hogy a laboratóriumi eredmények alkalmazása természeti folyamatok értelmezésére csak igen nagy körültekintéssel lehetséges. A fentiek ismeretében felvázolja az agyagásványok genetikai rendszerét, és számos magyarországi példákra hivatkozik — ezek főleg a szerző saját kutatási eredményei — rámutatva arra, hogy az elméleti ismeretek birtokában milyen konkrét problémák oldhatók meg. Ebben a fejezetben a hazai magmás kőzetek agyagásványosodásán van a hangsúly, minthogy az ország közel kétharmad részét üledékes kőzetek borítják, és ezeknek jelentős hányada gazdag agyagásványban, remélhető, hogy e munka nyomán megindul a szélesebbkörű, jól megalapozott agyagásványkutatás az ország üledékes képződményeiben is.

A kitűnő könyv értékét jelentősen emeli a kiválóan sikerült szemléletes ábrák és táblázatok sora, továbbá az egyes részek utáni bőséges szakirodalmi jegyzék.

A monografikus tanulmány egyike a mai magyar természettudományos szakkiadványok legjobbjainak. Érdemes arra — miként az Előszóban SZÁDECZKY-K. E. akadémikus is javasolja —, hogy a kiadó a könyv idegen nyelvű megjelentetését szorgalmazza.

DR. BUDA GYÖRGY

* Újabban K-rectorit

TARTALOM

KOPERNIKUSZ EMLÉKÜLÉS, 1973. MÁJUS

Szádeczky-Kardoss E.: Kopernikuszi kérdések a geonómiában (elnöki megnyitó) 1
Barta Gy.: KOPERNIKUSZ a sokoldalú reneszánsz ember 7
Balázs B.: KOPERNIKUSZ világképe 11
Stegena L.: PTOLEMÁIOSZTÓL KOPERNIKUSZIG 21

AZ MTA FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK 1973. ÉVI KÖZGYŰLÉSI RENDEZVÉNYE

Szádeczky-Kardoss E.: A Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya Elnökének 1973. évi nagygyűlési beszámolója 29
Géczy B.: Hozzászólás az osztálybeszámolóhoz 37
Martos F.: A hazai ásványi nyersanyagkutatás és a társadalmi igények kapcsolata ... 39
Fülöp J.: Tudománypolitikai irányelvek és a hazai bauxitkutatás helyzetképe 53
Szádeczky-Kardoss E.: A nemzetközi geodinamikai terv jelen állásáról 63

SZÉKFOGLALÓK — HELYZETKÉPEK

Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető ZAMBÓ JÁNOS akad. rendes tag székfoglalójához 69
Zambó J.: Az ásványelőfordulások műrevalóságának elvi alapjai 73
Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA akad. lev. tag székfoglalójához 83
Földváriné, Vogl M.: A kvantitatív geokémiai módszerek kritikai vizsgálata 87
Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető MARTOS FERENC akad. lev. tag székfoglalójához 101
Martos F.: Kőzetmechanikai jelenségek vizsgálata modelleken 105
Géczy B.: Lemeztektonika és paleobiogeográfia 135
Nekovetics O.: A közeli égitestek helyzete és a nagyerejű sekélyfészkű földrengések közötti kapcsolat 147
Tóth J.: Szénhidrogén anyakőzetek fogalma és jellemzése 157
Tóth J.: Geokémiai szénhidrogén-prognózis lehetősége hazánkban 169

KÖNYVISMERTETÉS

Buda Gy.: NEMECZ ERNŐ: Agyagásványok 179

Printed in Hungary

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója. Műszaki szerkesztő: Sós Attila
A kézirat nyomdába érkezett: 1974. VI. 13. — Terjedelem: 16, (A/5) ív

74.543/A Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

Ára: 35,— Ft

Megjelent 1974. XI. 8.

Index: 26.510

GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A Magyar
Tudományos Akadémia
X. Föld– és Bányászati
Tudományok Osztályának
Közleményei

7. kötet 3–4. szám
1974

AKADÉMIAI KIADÓ · BUDAPEST ·

GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BARTA GYÖRGY, BÉLL BÉLA, FÜLÖP JÓZSEF, PANTÓ GÁBOR,
PÉCSI MÁRTON, TÁRCZY-HORNOCH ANTAL, ZAMBÓ JÁNOS

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati 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:

1051 Magyar Tudományos Akadémia
Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest V., Münnich Ferenc utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

A közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttatja a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (1363 Budapest V., Alkotmány utca 21. Pénzforgalmi jelzőszámunk: 215—11488), külföldi megrendelések a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, 1900 Budapest I., Fő utca 32. Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10990 útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának idegen nyelvű kiadványai az *Acta Geologica* és az újonnan megindult *Acta Geodetica, Geophysica et Montanistica* c. folyóiratok. E lapok hivatottak a magyar föld- és bányászati tudományok eredményeinek legjavát, egyes kiváló külföldi tanulmányokkal együtt, a külföldnek tolmácsolni. A cikkek angol, német, francia vagy orosz nyelven jelennek meg (lehetőleg a szerző kívánsága szerint), a cikk nyelvétől eltérő nyelvű összefoglalóval. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven (és magyar nyelven) kell a szerkesztőségek címére 1051 (Budapest V., Münnich Ferenc u. 7.) beküldeni.

A FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA OSZTÁLYELNÖKI BESZÁMOLÓJA AZ MTA 1974. ÉVI KÖZGYŰLÉSÉN

SZÁDECZKY-KARDOSS E.
AKADÉMIKUS

Osztályunk elmúlt évi működéséről statisztikai áttekintésekkel a szokásos módon az Akadémia ún. Fehér Könyvében számoltunk be. Minthogy ezt az anyagot minden meghívottnak megküldtük, előadásomban Osztályunk működésének néhány kérdését a világ földtudományi és bányászati fejlődése tükrében fogom elemezni. Elemzésem kardinálisan arra vonatkozik, miben áll tudománycsoportunk részben nyilvánvaló, részben rejtettebb fejlődése világviszonylatban, hogyan reagál erre a fejlődésre Osztályunk és milyen módon, milyen elvi célkitűzések alapján dolgozik az Akadémia testületeire háruló országos elvi-módszertani feladatkörében. Beszámolóm tehát szükségképpen nemcsak az elmúlt év már látható eredményeire, hanem a jövő fejlődő, alakuló kérdéseire is vonatkozik.

A világ szellemi arculatának gyors változása idején különösen indokolt, hogy napi munkánk mellett tudománycsoportunk helyzetét illető kevésbé feltűnő, de hatásaiban messzehordó jelenségek alakulását tekintetbe vegyük. A földtudományok szerepváltozásai jellemzésére itt elég emlékeztetni ideológiai hatásuk döntő jelentőségére a múlt század elején, amikor az európai középkori idealisztikus világképpel szemben a legsúlyosabb érveket az élet- és a földfejlődésre vonatkozó felismerések szolgáltatták. Századunk technokrata világának kialakulását pedig anyagilag tette lehetővé az ásványi nyersanyagok felhasználása, ill. kutatása. Az újabb idők berendezéseit, az emberi települések racionalizálását a geográfia, a geodézia és a meteorológia segíti. Az alépítményeket így állandóan a föld- és bányászati tudományok biztosítják. E túlnyomóvá vált szerep mellett most tudománycsoportunknak újból szemléletalakító hatásai és így értékelésének új vonásai is jelentkeznek. Lássuk először ennek néhány külső jelét.

A napisajtó termékeiben ma már alig van olyan szám, amely valamilyen nemzetközi földtudományi kutatási eredményről, szervezkedésről, ténykedésről, bányászati eseményről ne számolna be. A rádió és a televízió az elsőd-

legesen nem is föld- vagy bányászati tudományi vonatkozású előadásaiban, beszélgetéseiben, riportjaiban is gyakran történik utalás tudományaink elvi eredményeire. Megszaporodtak a könyvek, köztük nemzetközi bestsellerek is, amelyek az ember és kozmosz viszonyával foglalkozva egészen váratlan, de mindinkább rokonszenvező és újszerűen érdeklődő módon reagálnak a föld- és bányászati tudományok által szolgáltatott társadalmi eredményekre, az emberi települések jellegét, az emberiség jelen állapotát és fejlődését befolyásoló hatásaira.

Jellemző tehát a közszellem változásaira, hogy már nemcsak gazdasági, vagy más közvetlenül gyakorlati vonatkozások — hasznosítható ásványi nyersanyagok, a meteorológiai előrejelzések — iránt mutatkozik érdeklődés, hanem a földtudomány kutatási szelleme ideológiai hatását, az emberiség általános kulturális fejlődésére gyakorolt különleges, még az esztétikai szemléletre is kiterjedő befolyását is értékelni kezdik.

Ismét csak egy példa. Nemrég magyarul is megjelent Akadémiánk főtitkárának utószavával és jelentős sajtóvisszhangot is kapott a világhírű etnológus-filozófus LÉVY-STRAUSS „Tristes tropique" c. könyve. Tudvalevő, hogy LÉVY-STRAUSS-t a ma sokat emlegetett strukturalizmus egyik megalapítójának tekintik. E könyvben meglepő, de tagadhatatlanul szellemes és éleselméjű csoportosítással a geológia és a pszichoanalízis rokon vonásairól szól. Úgy látja, hogy „a történészek történelmétől eltérően a geológus és a pszichoanalitikus kissé élőkép módjára igyekszik kivetíteni az időbe a fizikai, ill. a lelki világ bizonyos alapvető tulajdonságait. Mindezekben az esetekben az esztétikai kíváncsiság ösztönöz arra, hogy közvetlenül az ismeret birtokába jussunk." Azután még merészebb fordulattal így folytatja: „a valóság más szintjén a marxizmus ugyanúgy jár el, mint a geológia, valamint a pszichoanalízis. Mindhárom azt bizonyítja, hogy megérteni annyi, mint egy valóságtípust egy másikra visszavetíteni és hogy az igazi valóság soha nem a legnyilvánvalóbb. Minden esetben ugyanaz a kérdés vetődik fel: az érzékelhető és az ésszerű közti viszony kérdése". Más helyen arról szól LÉVY-STRAUSS, hogy „az emberi hatalom annak a szubjektív tudata, hogy az emberiség fokozatosan összeforr a fizikai világgal, melynek nagy determinizmusai ezentúl már nem félelmetes idegenként hatnak, hanem úgy, hogy a gondolkodás segítségével gyarmatosítanak bennünket egy csendes világ érdekében, melynek megbízottai lettünk." Ne feledjük, hogy e könyv francia eredetije ezelőtt csaknem 20 évvel, 1955-ben és Párisban jelent meg. Amikor itt az emberiségnek a fizikai világgal, tehát elsősorban a teljes értelemben vett geonómiai környezettel való összeforrásáról beszél, LÉVY-STRAUSS a földtudományok szellemének az emberiség életstílusában és fejlődésében történt előtérbe lépése ma már világszinten érzékelhető folyamatát anticipiálja. A házaiba és laboratóriumaiba zárt absztrahált polgár befelé forduló szemléletének felváltásáról van itt szó, a világ teljességét élesebben észlelő egészebb, egészségesebb látásmóddal.

Vajon áldozhatnának-e rendszeresen rubel- és dollármilliókat a csúcsállamok a Földet is új módon vizsgáló űrkutatásra, óceán alatti kőzetszintek mélyfúrására, ha nem állt volna be változás a közszellemben is Földünk és a társadalom viszonyáról.

Számunkra elsőrendűen a föld- és bányászati tudományok hazai értékelésének alakulása érdekes. Az 1969. évi mélypont után most már megindult a földtani kutatási keret jelentős emelése, továbbá a földtudományi egyetemi képzés bizonyos — de még távolról sem elégséges növelése — és a közművelődés és közoktatási reform vezető akadémiai szakértői előtt az új földtudományi szemlélet nagyobb mértékű tekintetbevétele. Ezek elérésében akadémikus társaink, Osztályunk tagjai fontos szerepet játszottak. A köztudat formálásában pedig ismeretes módon a „Geonómia és társadalom" címen rendezett egyik előző évi előadás-sorozat sem hangzott el hatástalanul.

Tudatosan hosszabban foglalkozom a föld- és bányászati tudományok jelentőségének változásával. Akadémiai Osztályunk fontos feladata azzal is felkészülni a jövőre, hogy mindenekelőtt tudatossá teszi az új lehetőségeket, köztük azokat a finomabb, részben még rejtett rezdüléseket is, amelyek a közszellemet megváltoztatva befolyásolják tudományunk jelentőségének és helyzetének általános megítélését és előkészítik a föld- és bányászati tudományok tudománypolitikai és gazdasági értékelésének mélyreható felülvizsgálatát.

A földtudományi jelenségek óriási méretei, a jelenségek tér- és időbeli átfoghatatlansága, valamint a bányászati termelés roppant fizikai erőfeszítéseket igénylő nehézségei eddig csupa olyan tényezők voltak, amelyek a közvetlen kapcsolatok keresését tudományágainkkal, a közérdeklődést iránt uk fékezte, elriasztólag hatott sokakra. A nagy alapvető geonómiai kapcsolatok megtalálásával, valamint a bányászati termelés kulturáltabb körülményeivel most mindinkább közelebb hozhatjuk a Föld természetes egységének, érthetőségének, az életet nemcsak lehetővé tevő, de állandóan biztosító jellegének és kincsei rendezett felhasználásának tudatát.

A szemléletváltozás tehát a tudományaink ismeretanyagában, hatóképességében és saját szemléletünkben beállt világméretű változások szükségképpeni következménye. Ezeket most már a nemzetközi földtudományi szervezetek és rendezvények is oly módon fogalmazzák meg, hogy azok közismerten például az ENSZ és az UNESCO munkájában is rohamosan fokozódó érdeklődést váltanak ki.

Feladataink pontosabb tisztázása céljából kissé részletesebben fogom elemezni, hogy tudományaink milyen sajátságai hatására ment végbe ez a tudati átformálódás. A múlt század végéig a Föld egysége gyakorlatilag nem szerepelt, sőt sokszorosan kontraindikált, semmitmondó, üres szólamként jelent meg a köztudatban. A Föld egységét cáfolta mindenekelőtt az, hogy színtere volt egymással szembenálló törzsek, népek, uralkodók, érdekcsoportok állandó élethalálharcainak. A Földre mint égitestre vonatkozó ismeretek

alátámasztották ezt a képet. A megközelíthetetlen sarki területek, a „kegyetlen" sivatagok, az ernyesztő trópus és a haladásra egyedül alkalmasnak tartott mérsékelt övek klimatikus ellentéte, az óceánok és kontinensek alapvetően különböző két világa, a hegyvidékek és a nagy síkságok összemérhetetlensége örökös diszharmóniára ítélt bolygót tártak az ember elé.

A múlt század vége felé, 1878-ban az akkor kevéssé népszerű, kalapáccsal köveket ütögető emberkülönlegességnek számító geológusoknak alig száz fős csoportja megkísérelte, hogy a Föld összehasonlító vizsgálatának érdekében nemzetközi összejövetelt rendezzen. Ez az összejövetel elég szerény volt ahhoz, hogy felülről ne ellenezzék, noha célkitűzése teljesen szokatlan, a diplomaták és uralkodóknak eddigi fényes nemzetközi összejövetelei szellemével egyenesen ellentétes volt. Hiszen e diplomata kongresszusok a Szentszövetség mintájára a régi állapotok fenntartása, vagy egy-egy nép rabszolgahaddá süllyesztésének szentesítése érdekében történt, míg a geológusok szerény összejövetele a tudományos haladás, a változás célját szolgálta. A világ eme első nemzetközi tudományos kongresszusából új munkastílus született minden tudományterületen. A tudományos kongresszusok a szakmai eredmények összefoglalása mellett megváltoztattak egy eddigi alapvető társadalmi érzületet is: megszüntették a különböző népek régi ösztönös undorodását egymástól, az emberi közösség ritka érzését általános tudattá emelték.

Még jelentősebb a földtudományi összmunkának az a legújabb társadalmi hatása, mellyel megalapozta a Föld *közös* emberi tulajdonbavétele eddig lehetetlennek tűnő eszméjét. A Föld egységes dinamizmusa, a lényegileg minden részletében együttműködő bolygótest napjainkban kialakuló megismerése elérhető közelségbe hozta a Föld közös formálása, az első lokális kezdeményezéseken túlmutató globális természetátalakítás elvi felvetését. De azt is megmutatta, hogy a Föld birtokbavétele és a nagyvonalú természetformálás csak a földi nagy dinamizmus sokoldalú és mélyreható megismerése, a folyamatok világszintű számítása és az előző tapasztalatok kiértékelése alapján lehet eredményes.

Minthogy a Földre vonatkozó elképzelések megváltozása nyilvánvalóan csak egyik tényezője a társadalmi tudat rendkívül bonyolult, soktényezős alakulásának, ez a tényező is ma még túlnyomóan az ösztönösség szintjén jelenik meg. Tudatosítása, pontos és árnyalt megfogalmazása éppen a tudományos kutatás feladata és társadalmi kötelessége.

Nem azon van most a hangsúly, hogy a Föld alapvető dinamikus egységét szembeállítsuk a felszínének ellentétével. Mindenekelőtt azt kell tudatosítani, hogy Földünk nem passzív, az ember által kedvére alakítható égitest. Oknyomozóan együttműködő földtudományi munkával minden részletében ki kell dolgozni a Föld saját feltartóztathatatlan, de ésszerűen követhető, számítható aktivitásának jellemzését. Ezen alapul többek közt a szimptomatikus kezelésen túlhaladó környezetvédelem, a lokális és globális természet-

átalakítás, másrészt az emberiség békés együttélése, aminek alapja és biztosítéka a Földet közös tulajdonba vevő globális együtt*működés*. Óriási ez a feladat, mert bár a genonómiai tényezők egy része már számítható, mégis a földi dinamizmus az eddig beidegzettnél, az eddigi hétköznapi józan gondolkodásnál sokkal nagyvonalúbb, merészebb.

Ha végig követjük a földtudományi egység nyilvános közgyűléseinken is rendszeresen követett gondolatkörének fejlődését, láthatjuk mennyi részletkérdés fokozatos megvilágítására van szükség. A probléma jelenleg alapkutatási szinten előkészítendő távlati, tehát még típusosan akadémiai feladat.

Az új távlatok megértetése még saját köreinken belül sem könnyű. Szubjektív érzések, a régi konzerválásának óhaja, a személyi érdekek féltése itt is jelentkezik. Ez átmenetileg hátráltatja annak általános elfogadtatását, hogy a földtudományi egység külön is minden egyes földtudomány munkáját nemcsak alapvető új tudományos szempontokkal viszi előre, de társadalmi jelentőségét, súlyát, kutatási ellátottságát is fokozza. Erre és a kapcsolatos óriási nemzetközi irodalomra tekintettel az egész kérdést önálló könyvben összefoglaltuk, amely két hónap múlva megjelenik.

A rendszeresség és előrelátás a földtudományi munkálatokban különlegesen nagy szükséglet. Már a középtávú földtani és bányászati gyakorlati feladatok is túlnyomóan hosszú előkészítést igényelnek, kampány jellegű ötletszervezésekkel kielégítően meg nem oldhatók. De a teljesen új szempontok megvalósításához is évtizedes előzmények felhasználására van szükség. Még korunk földtudományi forradalma eszméi mögött is ilyenek lappanganak. Emlékezzünk arra, hogy a nagyszabású és előző ellenmondások sokaságát egycsapásra megoldó új globális tektonika minden résztétele feltevésekként, előzőleg egymástól függetlenül már évtizedekkel előbb megjelent valamely földtudományban.

Kis földtudományi káderlétszámmal rendelkező országban az előrelátásra még inkább szükség van. Tudománycsoportunk két legnagyobb világszervezetének együttes gondozásában gyakorlatilag 2 évvel ezelőtt megindult Nemzetközi Geodinamikai Programhoz azért adhattunk már egy 400 oldalas angolnyelvű „Contribution"-t, mert a Program célkitűzéseinek megvalósítását osztályunk jóval a nemzetközi szervezet kialakulása előtt, 1967-ben megindította a Kárpát-medencék példáján. Vonatkozó ankétjaink így ma már ebben a nemzetközi feladatban való részvételünket is szolgálják.

Az új feladatok vállalására vonatkozó felkérésekben tehát el kell különítenünk akadémiai szinten is a valódi nagy feladatokat azoktól, amelyek ad hoc jellegű, részben formális szükségletek, vagy tudományos divatok kielégítését szolgálják.

Ezentúl erősebben kell koncentrálnunk arra, hogy Osztályunk súlyával a vezető szervek felé is hangsúlyozzuk: a földtudományi kutatást és a bányászati szervezést nem szabad pillanatnyi hatások, például piacingadozások

szerint vezetni. Konkrét példaként említhetjük a számunkra közhelynek számító, de nem közismert tényt, hogy egyes bányászati munkálatoknak átmeneti leállítása micsoda károkat okozhat, pl. egy karsztvizes bányaterületen.

Amikor az elmúlt évben átszerveztük bizottsági rendszerünket, ebben az a törekvés vezetett, hogy egyrészt nem nélkülözhetjük a rendkívül különböző módszerekkel dolgozó tudományaink saját bizottságait, de ki kell azt egészíteni a komplex föld- és bányászati tudományi kutatás szellemét megvalósító vertikális, ill. interdiszciplináris nagytéma-bizottságokkal.

Tudományos bizottságaink értékes munkáját a Fehér Könyvben röviden jellemeztük, de csak részben emelhettük ki például a tudományos minősítések terén elért nagyszerű eredményeiket. Különösen fontos egyes bizottságainknak a kandidátusi fokozatok kérdésével kapcsolatos tevékenysége. Nagyrészt ennek eredménye, hogy a tavalyi összesen 196 kandidátusunk és 43 doktorunk száma a jelen egyetlen évben 11 kandidátussal és 8 doktorral, 8%-kal szaporodott és néhány további folyamatban van. Ez többek közt új tudományos eredményt összefoglaló disszertációk elkészítését és a minősítettek magasabb átfogó tudományszervezési munkákba való bevonásának lehetőségét eredményezte. Egyben segíti egy régóta nyugtalanító jelenség megoldását. Köztudott, hogy sok milliárd forinttal megszerzett hatalmas ismeretanyag fekszik az országos földtani kutatási eredményekben. Az anyagfeldolgozás nagyrészt megtörtént, de a feldolgozási anyag egy nem kis része nem válhatott közkinccsé, elfekszik a fiókokban. Különösen a vidéki munkahelyeken működő szakembereink már-már úgy láthatják, hogy az anyag feldolgozásával, erről a jelentés elkészítésével, esetleg helyi előadás megtartásával elvégezték kötelességüket. Pedig csak azok az eredmények fejthetik ki nagyvonalú együttes hatékonyságukat, amelyek a megfelelő helyen nyomtatásban megjelentek és bármikor hozzáférhetők. A probléma tehát a következő: van kutatás, van előadás, nincs elég publikáció. E nehézség megoldására a minősítéssel kapcsolatos munkákon kívül az is elképzelhető, hogy a nyomtatott publikációt kötelezővé tesszük, egyes szerződéses megbízásokban és pályázatokban a tömör és alaposan átfogalmazott, nyomdakész anyaggal való kiegészítés szükségességét kimondjuk, a titkosság helytelen merev értelmezését csökkentjük.

A tudományos minősítések terén továbbra is szükség van a szigorú kritikára. Különösen nem szabad annak az elképzelésnek lábrakapnia, hogy a kandidátusi fokozat megszerzését automatikusan néhány év múlva a doktori fokozat megszerzésének kell követnie. Ahhoz már átfogó eredmények is szükségesek.

Egyes bizottságaink, így a földtani és bányászati tudományos bizottságok legújabban értékes kezdeményezéseket tettek egyes hazai ásványi nyersanyagok hazai jobb felhasználásának kormányszintű fokozottabb támogatása érdekében. Példaadó kezdeményezések ezek a bizottsági munka hatékonyságának növelésére.

Bizottságaink munkamódszerei erősen különböznek. Bizottságainknak átlag mintegy 20 tagja van, de nagy részük al-, ill. témabizottságokat és munkacsoportokat is alakított, amellyel aktív tagjaink számát lényegesen megnövelhette. Ebben elől jár a Bányászati és a Meteorológiai Tudományos Bizottság 10, ill. 8 ilyen albizottsággal, ill. munkacsoporttal és azokon keresztül 43, ill. 30 külső szakember bevonásával.

Ennek a megoldásnak kétségtelenül nagy előnyei vannak: lehetővé teszi egyes kérdések mélyreható tanulmányozását felesleges energiapazarlás nélkül, másrészt a tudományszervezés terén a szakemberek szélesebb körét aktiválja. A Geofizikai Bizottság viszont egyetlen munkacsoportot, ill. albizottságot sem alakított, amivel talán a tudománycsoport egységének, a problémák állandó együttes tárgyalásának biztosítását kívánja elérni.

Itt is felhívom a figyelmet, hogy a munkacsoportok munkája, pl. helyzetképszerű adatösszeállítások elvégzése elősegíthető szerződések megkötése lehetőségének igénybevételével.

Érdekes megállapítást tehetünk a bizottságok tagjai számának az összes diplomások és ezek közt az összes minősítettek számával való összehasonlítása alapján. Bizottságainkban összesen 143, albizottságokkal és munkabizottságokkal együtt csaknem kétszer annyi, 279 szakember dolgozik. Ez viszonylag igen jelentős részét teszi ki a földtudományokban dolgozó szakembereknek. A földtani, geokémiai és geofizikai bizottságokban pl. összesen 84 szakember működik, ami e szakmák összes diplomásainak mintegy 10 százaléka. Noha a bizottsági tagság jelent bizonyos kisebb terhelést, de ugyanakkor a szakember általános tájékozottságát, munkájának hatékonyságát és az egységes földtudomány fejlesztését erősíti.

Nem örvendetes jelenség, hogy a nagy témák koordinálására hivatott interdiszciplináris, ill. vertikális új bizottságaink egy része több mint fél év múltán sem kezdte meg működését.* Úgy hiszem a késedelem fő oka az ezen bizottságok kialakítására és vezetésére felkért akadémikusok pillanatnyi másirányú erős igénybevétele. Fel kell hívnom a figyelmet, e késedelemmel fontos és sürgős kérdések megoldása tolódik el. Ilyen az ásványinyersanyag-kutatás távlati módszertani és egyéb alapkutatási kérdéseinek vizsgálata, ami a földtudományi forradalom korában, amikor a lemeztektonikával kapcsolatban ma már világszerte jelentkeznek alapvetően új kutatási szempontok, a probléma mélyreható elméleti előkészítését hátráltatja. E kérdésnek az országos távlati kutatási tervben már visszhangot kell kapnia, mert az új szempontok az előkutatási tervszámok lényeges növelését igénylik. A feladatnak megoldását tehát egy legutóbbi osztályülésünk határozata értelmében ősszel mindenképpen megkezdjük.

* Emiatt szóbetoldással ki kell egészítenünk a Fehér Könyv 115. lapján a Nehézipari Minisztériummal való kapcsolatunkról szóló mondatunkat. Itt ui. nem kapcsolat, hanem *elvi* kapcsolat értendő.

Az ásványanyag-termelés, előkészítés és szállítás kérdésének alapkutatása koordinálására létrehozott másik vertikális bizottság megalakulásának hiánya kevésbé látszik veszélyesnek, mert maga a Bányászati Tudományos Bizottság értékes rendszeres munkát végez e kérdések megoldásában. E téren nyilván egyik fontos feladat az alapvetően új bányászati termelésmód, a robbantásos fúrás kérdése, ami a szilárd bányászat terén kémiai és mikrobiogeokémiai kioldási eljárások előkészítését igényli a speciális hazai nyersanyagok jellegének megfelelően. A Bányászati Bizottság itt bizonyára közvetlen eredményes kapcsolatot létesít majd a Geokémiai Bizottság organikus kémiai és a Földtani Bizottság fluidbányászati albizottságával.

A földtudományi káderkérdés az említett javulás ellenére egyik legsúlyosabb problémánk. A Központi Földtani Hivatal elnöke nemrég tájékoztatta az Osztályt, hogy 1975—1980-ra a várható káderszükségletnek kb. csak a fele lesz kielégíthető. Nehézségek mutatkoznak az egyetemi felvételre jelentkezők csekély száma miatt is. A jelentkezők hiánya nyilván az előző évek földtudományokra kedvezőtlen hazai szemléletének következménye. A társadalmi szemlélet földtudományi vonatkozásának fontossága e téren is megnyilvánul.

Az Akadémia jövő évi 150 éves jubileumával kapcsolatos nagy nyilvánosságú üléssorozatok különleges alkalmat nyújtanak földtudománycsoportunk világszinten történő új értékelésének további tudatosítására és a megfelelő hazai fejlődés biztosításának elősegítésére.

Osztályunk vonatkozásában a föld- és bányászati tudományok társadalmi értékelésének és a vele szemben jelentkező várható igényeknek felmérése csak a feladatok egyike. Számos közismert, minden osztályt valamilyen módon érintő rendszeres feladatunk is van. A kérdés tehát az volt, hogyan tudjuk megvalósítani a föld- és bányászati tudományok jelentőségének változásával kapcsolatosan speciálisan és *most* jelentkező különleges kívánalmakat, valamint a rendszeres feladatokat. Nem feledhetjük, hogy az akadémiai testületek rendelkezésére álló financiális eszközök korántsem arányosak ezekkel a kívánalmakkal és feladatokkal. Feleletünk e kérdésre az volt, hogy erőink javát nem a financiális eszközökből, hanem a földtudomány jövőbe mutató ismeretanyagának és közösségünk tudományos alkotó szellemének kincsestárából merítjük, éspedig mindinkább a tudományszervezés előrelátásával és rendszerező erejével.

Osztályunk tagjai, bizottságaink vezetői és tagjai, valamint szakigazgatási munkatársaink számára az eredmények ismertetése a nyilvános közgyűlésen, közzététele az ahhoz csatlakozó nyomtatott anyagban, de legfőképpen e munkálatok gyümölcsei jelentik a legszebb elégtételt. Mégis engedjék meg, hogy befejezésül őszinte köszönetemet és az Akadémia elismerését külön is kifejezzem sokoldalú eredményes munkájukért.

HOZZÁSZÓLÁSOK AZ MTA X., FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA 1974. MÁJ. 8-I OSZTÁLYÜLÉSÉNEK OSZTÁLYELNÖKI BESZÁMOLÓJÁHOZ

BÉLL BÉLA
AKAD. LEV. TAG

Az osztályelnöki beszámolóhoz a Meteorológiai Tudományos Bizottság részéről szólok hozzá, de a meteorológia erős földtudományi kapcsolatai révén megjegyzéseim a földtudományok egészét is érintik.

Az osztályelnöki beszámoló kiemeli a földtudományi kutatásokban a *rendszerességnek* és az *előrelátásnak* az átlagosnál nagyobb szerepét. Ez a két tényező megkívánja a kutatások távlati tervezését, illetőleg távlati prognózisát. A hazai és a nemzetközi tapasztalat azt mutatja, hogy a természettudományok fejlődésének gyors iramát, másrészt a tervezés reális lehetőségeit figyelembe véve a távlati tervek — a megvalósulás igényével — mintegy 15 évre készíthetők el, megkívánva és megengedve a folyamatos ellenőrzést és időszakos korrekciót.

Úgy gondolom, hogy a meteorológiai kutatás tudományos prognózisa földtudományi vonatkozásban is figyelemre méltó. Erre a feladatra a Meteorológiai Világszervezet légkörtudományi bizottsága vállalkozott, de alaposan foglalkozott ezzel a kérdéssel a KAPG (a szocialista országok tudományos akadémiáinak együttműködése a geofizikai kutatásokban) *ad hoc* prognózis bizottsága is, amelynek meteorológus tagja vagyok. A prognózis hazai vonatkozásaival részletesen foglalkozott az Országos Meteorológiai Szolgálat f. évben alakult Tudományos Tanácsa. Így módomban van erről a fontos és tanulságos kérdésről tájékoztatást adni.

A részletekre nem térve ki, a meteorológia, s azt gondolom, általában a földtudományok, jövő fejlődését előreláthatólag a következő tényezők határozzák meg:

a) az integrációra (globális szemléletre) való törekvés s ebben többek között az űrkutatás eredményeinek, a műholdak adatainak komplex felhasználása,

b) a társadalom növekvő igényeinek kielégítése, az ún. szolgáltatási rendszerek kifejlesztése s az ezeket megalapozó alap- és alkalmazott kutatások előtérbe nyomulása,

c) a tudományos-technikai forradalom eredményeinek nagyobb mérvű felhasználása (automatizálás, kibernetika stb.), másrészt a tudományos-technikai forradalom megkövetelte kutatási tempó (az eredmények gyors elévülésének veszélye).

Az első tényező a meteorológiát az integrált földtudományok felé irányítja, kedvez az alapkutatásoknak, a módszerek következetes oknyomozó jellegének. A második tényező új témaként megkívánja „a szolgáltatások gazdasági hatékonyságának" közgazdasági vonatkozású vizsgálatát a felhasználás eredményeinek számszerű visszajelzésével. (A Meteorológiai Világszervezet ennek a kérdésnek vizsgálatára 6 különböző fejlettségű országot, köztük Magyarország meteorológiai szolgálatát kérte fel.) Végül a harmadik tényező szükségessé teszi a tudomány távlati prognózisát és az erre alapított távlati kutatás-tervezést.

Országos viszonylatban kívánatos, hogy a tervezésben az említett tényezők egységesen figyelembe vétessenek. Ez a követelmény aránylag könnyen teljesíthető az akadémiai kutatóhálózatban, egy átfogó központi tervkoncepció kijelölésével a földtudományok több területén. A meteorológia hazai kutatóbázisai azonban nem tartoznak az akadémiai kutatóhálózathoz, hanem a legnagyobb kutatóközpontnak, az Országos Meteorológiai Szolgálatnak hatáskörében vannak, illetőleg ennek természetes vonzáskörzetébe esnek. Ezért a Meteorológiai Tudományos Bizottság koordináló tevékenysége különösen fontos feladat, ami a Szolgálattal szoros együttműködésben s részben általa valósítható meg eredményesen. Ebben a vonatkozásban pozitívumokról számolhatok be.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 15 éves távlati kutatási tervét az említett hármas követelmény s a hazai sajátosságok figyelembevételével állította össze, s azt részletes megvitatás céljából bemutatta a Meteorológiai Tudományos Bizottságnak. A módosított tervet megvitatta a felhasználó minisztériumok és főhatóságok képviselőiből álló bizottság is, amelyben a X. Osztályt s ezzel a földtudományokat BARTA GYÖRGY levelező tag képviselte. Az volt a tapasztalatunk, hogy az alapkutatások fontosságának elismerése mellett a felhasználó szervek természetszerűleg a szolgáltatásokat megalapozó s inkább az alkalmazott kutatási jellegű témák iránt tanúsítottak nagyobb érdeklődést, igazolva ezzel a prognózis b)-vel jelölt tényezőjét.

A bemutatott tervekkel részletesen nem foglalkozom, csak megemlítem a következő témák földtudományi vonatkozásait:

— *az alsó határréteg fizikája* kapcsolatos a geodinamikai programmal, az antropogén légköri hatásokkal, a geodéziai mérések légköri modelljével,
— *a felső légkör kutatása* a geonómia több, nemzetközileg koordinált témájával (COSPAR, KAPG, INTERKOZMOSZ, IGP),
— a létesítendő *integrált adatfeldolgozó rendszer* és meteorológiai adatbank pedig egy kifejlesztendő nagy földtudományi adatbankrendszerrel.

A komplex kutatási területek, így az agrometeorológia, a biometeorológia, a hidrometeorológia, az orvosmeteorológia stb. fontossága növekedni fog, az alapot ehhez a földtudományokban integrálódó alapkutatások szolgáltatják. A Meteorológiai Tudományos Bizottság ezt a széles skálát a jövőben, de a jelenben is csak formálisan tudja áttekinteni. Ezért a meteorológia területén elengedhetetlen a határterületeket átfedő albizottságok igénybevétele. Ennek velejárója az osztályelnöki beszámolóban említett előny: a szakemberek nagyobb számú foglalkoztatása a bizottság munkájában. Ebben a vonatkozásban tapasztalataink pozitívek.

A másik téma, amivel az osztályelnöki beszámoló kapcsán foglalkozom: a tudományos minősítés munkájában szerzett tapasztalatok. Örömmel olvashattuk a beszámolóban, hogy a minősítések üteme emelkedő tendenciát mutat, mindenesetre még fennálló aránytalanságokkal. Formálisnak tűnnek a védések, különösen a kisebb kutató létszámú tudományterületeken, ahol a kutatók alá- és fölérendeltségi, munkatársi, baráti kapcsolatban vannak, a védés ünnepélyes jellege, a kedvezőtlen s ott elhangzó bírálat következményei csökkentik a vita objektivitását.

Véleményem szerint a kisebb létszámú tudományterületeken nagyobb súlyt kellene helyeznünk a nyilvános védést megelőző két folyamatra: a munkahelyi védésekre és a szakbizottságok témajóváhagyására, előzetes állásfoglalására. Mindkettő szűkebb szakmai részvétellel megy végbe, és az elhangzott bírálat figyelembe vehető a jelölt dolgozatának tökéletesítésében. Így a bírálat ezen a fokon segítő jellegű és őszintébb, objektívebb lehet.

A TMB újjáalakulása óta végzett munkájában pozitívan kell értékelnünk a szakterületek minősítési igényeinek felmérését 15 éves távlatban, az aspiránsi pályázatok szakszerű előkészítését a szakbizottságok részvételével s a tudományos bizottságok bekapcsolásával, a TMB elnökségének gyakori és közvetlen megbeszéléseit a szakbizottságok elnökeivel.

Végül szeretném felhívni a figyelmet a földtudományok területén tevékenykedő tudományos egyesületek, akadémiai és MTESZ egyesületek társadalmi jelentőségére. Úgy érzem, hogy közvéleményformáló, kulturális vonatkozású lehetőségeik, széles társadalmi bázisuk nagy és még kiaknázatlan segítséget jelent a földtudományok eredményeinek közkinccsé tételében s ezzel a közműveltség, a közszellem alakításában.

A KÖRNYEZETPOTENCIÁL INTEGRÁLT FÖLDTUDOMÁNYI ÉRTÉKELÉSE

PÉCSI MÁRTON
AKAD. LEV. TAG

1. *Speciális kutatások — integrált eredmények*

Az irány-, szemlélet- és módszerváltozás a földtudományi kutatásokban közismert, és olyan méretet öltött, hogy nem véletlen a *földtudományi forradalom* kifejezés használata. Ennek folyamatában alapvető követelményként jelentkezett a részeredmények magasabb szintű integrálása.

Az elmúlt két évtized folyamán a földrajzi térkutatásokban is jelentkezett a nagyarányú specializálódás, ágazati szempontú elemzés, új mennyiségi módszerek alkalmazása. Igaz, a térkutatás sok természeti és gazdasági-társadalmi faktorból álló elemzés, amely a modern igényeknek csak akkor felel meg, ha a tér minőségi értékelése mellett annak mennyiségi értékelését fokozza. A kutatómunka differenciálódása miatt azonban a geográfus kutatók nemcsak a módszerekben és a kutatás célkitűzésében távolodtak el egymástól nem kívánt mértékben, hanem a szemléletben és az elért földtudományi eredmények felhasználásában is.

Hasonló jelenség a földtudományok más ágazataiban is megnyilvánult.

Hazánk környezeti adottságairól, beleértve mind a fizikai, mind a gazdasági-népesedési adottságokat és létesítményeket, a föld- és más rokontudományok részterületeiken — a túlméretezett specializáció és a tudományágon belőli elszigetelődés ellenére is — számos alapvető, elemző és értékelő felmérést végeztek. Példaként a földrajzi kutatási eredmények köréből megemlítjük az ország domborzati adottságainak, fejlődésének részletes feltárását, az ország geomorfológiai térképezését, a mezőgazdaság földrajzi típusainak átfogó elemzését, az agrártermelésben a szint-differenciálódást okozó természeti, ill. gazdasági-társadalmi tényezők feltárását; az ipari termelés egyes ágazataiban a termelés és felhasználás térszerkezeti modelljének kutatásában elért eredményeket, továbbá az iparosodás, városiasodás következményeként végbement népességvándorlás okait és távlatait vizsgáló feldolgozásokat.

A geográfusok, geológusok, geofizikusok, geodéták, kartográfusok, meteorológusok és bányászati szakemberek egyaránt szép számmal készítettek az ország tájairól hasonló részfaktor elemzéseket, környezeti szaktérképsorozatokat, ezekről értékeléseket.

Ezek, a földrajzi környezetre sokoldalúan jellemző információk tudományos kutatási eredmények, melyek alapvetően népgazdasági igényeket elégítettek ki, szolgálva környezetünk célszerű és racionális hasznosítását.

E földtudományi információk megszerzésének folyamatában új irányzatok, új tudományágak is létrejöttek. Az egyes tudományágak a legmodernebb kutatási módszerekkel vértezték fel magukat; alaptudományi kutatás-szemléletük jelentősen megerősödött, kiszélesedett. Az Akadémia, ill. a Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya a reájuk hárult szereptől és tagjainak saját kezdeményezésétől indíttatva segítette, ösztönözte mind az új elvi-módszertani kutatásirányzatokat, mind a legfontosabb gyakorlati célú, de nagy tudományos felkészültséget kívánó vizsgálatokat. Az Osztály a tudományos bizottságok ülésein, az ankétok sorozatán, a könyveken és folyóiratokon keresztül formálta a tudományos köztudatot, ill. a tudományos és társadalmi követelményeknek legjobban megfelelő irányba terelte a kutatási célkitűzést, szemléletet. Ezek közül a legátfogóbbat, az új, integrált geonómiai szemlélet kibontakoztatását emelem ki (Szádeczky-Kardoss E. 1972).

2. *A környezet és integrált felmérése*

Napjainkban a gyakorlati élet és a tudomány önfejlődése a földtudományokkal szemben egyszerre több új elvárással, ill. igénnyel lépett fel. Ezek közül a „földrajzi környezet komplex értékelése" elnevezésű témakört tárgyalom. A földrajzi környezet új szempontú értékelésével szemben támasztott alapkövetelmény az, hogy a túlspecializáltan kimunkált, ill. közzétett kutatáseredményeket globális, ill. különböző regionális egységekben integráltan értelmezzük, vagy konkrét környezeti egységekben integrált földtudományi kutatást végezzünk.

Ezt kívánja az országos méretben egyre nagyobb gazdasági jelentőségűvé váló területi tervezés és az ehhez szorosan kapcsolódó területhasznosítási politika. Mérlegelve az ilyen irányú igényeket, úgy találtuk, hogy az emberi környezet faktorairól olyan integrált földtudományi információk kimunkálása a célszerű, amely gazdaság-, ill. embercentrikusan tárja fel és értékeli ki a környezet potenciálját.

A környezet fogalmát a közhasználat, de még a szakirodalom is nagyon eltérő módon értelmezi. Ezért tudománycsoportunk elvi és a társadalom gyakorlati követelményeit szem előtt tartva újólag megfogalmaztuk a földrajzi környezet tartalmát (Pécsi M. 1972). Ennek lényege az, hogy az emberi környezetet nemcsak a bennünket körülvevő élő és holt természeti anyagok, a földi szubsztrátum és az abban végbemenő folyamatok képezik, hanem a környezethez tartozik a társadalmi-gazdasági tevékenység összhatása, valamennyi létesítményével együtt. A környezet tehát a természeti és társadalmi

közegek és folyamatok kölcsönhatásának eredményeként alakult ki és fejlődik tovább, mégpedig a társadalom technikai és tudományos forradalmi időszakában egyre gyorsuló ütemben. A természeti táj, de a kultúrtáj, ill. gazdasági körzet fogalma is szűkebb, ill. nem azonos az általunk értelmezett „környezet" fogalmával, mivel ez utóbbi magában foglalja mindazokat az anyagokat és folyamatokat, amelyek a környezeti szférában — a Föld mélyétől a légkör határáig — reá hatnak, legyenek azok földi, planetáris, ill. extraterresztrikus természeti jelenségek vagy éppen globális, ill. regionális társadalmi-gazdasági folyamatok és létesítmények.

A fenti értelmezésből következik, hogy a *földrajzi környezet* bármely részének a potenciálja nem lehet azonos a „táj" (vagy valamely topológiai egység) természeti adottságainak és erőforrásainak együttesével. A *környezet potenciálját* is embercentrikusan kell számításba venni, és a különböző természeti részpotenciálokat az azokkal kölcsönösen egymásraható társadalmi-gazdasági erőforrásokkal és adottságokkal együtt kell értékelni. *Valamely terület integrált környezet-potenciálja tehát magában foglalja a földtani erőforrásokat, természeti-földrajzi adottságokat, munkaerőforrásokat, összegezetten a „termelési erőforrásokat", a termelés tárgyi és személyi tényezői egységének, a termelőerőknek szintjét, és végül a környezet földrajzi helyzetét a termelőerők kedvező vagy kedvezőtlen területi elhelyezkedésének szempontjából.*

Mivel a termelőerők területi elhelyezkedését vizsgáló alaptudományág a gazdaságföldrajz, először ki kellett alakítani a természeti és gazdasági földrajz közötti elvi-módszertani együttműködés alapját egy adott térségben, környezetben való kutatáshoz.

A *környezetpotenciál* kutatásának tartalmát tömören korábban e helyen fejtettük ki először (Pécsi M. 1972), majd több ízben szűkebb szakkörökben is megbeszéltük. Ezt követően, csaknem valamennyi földtudomány- és több agrártudományágazat szakembereiből széles körű munkaközösséget szerveztünk a fontosabb hazai tájak, ill. tervezési körzetek környezetpotenciáljának értékelésére. Első kísérletnek a Dél-Dunántúl környezetpotenciáljának felmérését kezdtük meg. A részpotenciálok feldolgozása már elkészült, amelynek alapján ez év végére tervezzük a *környezet integrált potenciálja* értékelésének befejezését. Az integrált környezet-potenciál elkészítéséhez nemcsak a természetföldrajzi, ill. gazdaságföldrajzi részpotenciál-felmérések, hanem geofizikai, földtani, klimatológiai, hidrogeológiai, agrárgazdasági részpotenciál-elemzések, sőt értékelések szükségesek.

3. *A környezet földtudományi értékelésének tárgya és irányelvei*

A szóban forgó kutatási irányzatnak, a korábbi régióvizsgálatokkal összehasonlítva, nem elsősorban a tárgya, hanem a feldolgozásmódja, szemlélete és célkitűzése újszerű. Mivel több tudományágazat szoros közreműködése szükséges a környezet rész-, ill. integrált potenciáljainak vizsgálatához, ezért a kutatáselvet és a feldolgozás tematikáját összefoglalva ismertetjük.

A magyarországi makrorégiók környezeti részpotenciálja értékelésének vázlata

1. Földrajzi helyzet, táji kapcsolatok jellemzése és értékelése.

2. A *földtani erőforrások és adottságok* (rétegtani, szerkezeti és geofizikai viszonyok jellemzése a hasznosítható nyersanyagok értékelése szempontjából. A kitermelhető ásványvagyon területi megoszlásának és hasznosítási lehetőségének jellemzése.

A litológiai adottságok, típusok jellemzése és értékelése, a talajképző kőzet, a víz tározása, a talajvédelem, tereprendezés, a domborzatalakulás és stabilitás szempontjából.

3. *A felszínalakulás*, a felszíni tömegmozgás dinamizmusa és a domborzat tájformáló szerepének jellemzése. A domborzat relieftípusok szerinti értékelése, és a gazdasági tevékenységre gyakorolt hatásának bemutatása. Speciális domborzat jelentősége az ipar, a mezőgazdaság, a közlekedés, az erdőgazdálkodás, és az idegenforgalom szempontjából, ennek jellemzése.

4. *Az éghajlati erőforrások* összesítő értékelése a gazdálkodás, különös tekintettel, a mező- és erdőgazdaság szempontjaira. Az agrometeorológiai tényezők differenciáló hatása a mezőgazdasági potenciálra. Az éghajlat jellemzése a környezetvédelem és a tájfejlesztés szolgálatában, és az idegenforgalom számára különösen kedvező klímaterületek körülhatárolása és indoklása.

5. *Vízföldrajzi erőforrások.* A vízháztartást befolyásoló tényezők feltárása és jellemzése. Vízmérlegek értékelése, az átlagos vízfelesleg és az átlagos vízhiány alapján. Mélységi vizek, termálvizek.

6. *A természetes növényzet szerepe a tájban.* A potenciális növénytakaró jellemzése, a növényzet átalakulási folyamatának területi különbségei, differenciálódása. Az erdőtársulások, termőhelyértékelés (erdőségek élő faállományának gazdasági értékelése). A növényzet szerepe a környezetvédelemben, a természetvédelmi területek jellemzése, körülhatárolása, tájfejlesztési lehetőségek kitűzése.

7. *Talajföldrajzi erőforrás.* A talajkörzetek elhatárolása, a körzet genetikai talajtípusainak általános jellemzése, talajszerkezet állapota, vízgazdálkodása és tápanyagkészlete.

Talajlepusztulás jellegzetes területeinek kijelölése, az erodáltság mértékének kategóriái szerint. A talajvédelemre szoruló területek jellemzése. Talajhasznosítási lehetőségek.

8. *A gazdasági erőforrások általános földrajzi jellemzése.* A regionális körzet gazdasági fejlődésében szerepet játszó domináns tényezők. A gazdaság fejlettségének mértéke és intraregionális különbségek meghatározása.

9. *A népesség.* A munkaerő újratermelési folyamatában szerepet játszó tényezők értékelése és struktúrájának jellemzése. A munka *természeti* és *műszaki*-technikai feltételeinek feltárása. A munkaerő szerepének jellemzése a *gazdasági növekedés*ben.

A népesség foglalkoztatási átrétegződésében megnyilvánuló gazdasági-társadalmi folyamatok feltárása.

10. *A kitermelő iparág jelentősége* a régióban. A kitermelő iparág fejlődésében szerepet játszó természeti-gazdasági és társadalmi *folyamatok* feltárása. A kitermelő iparág *gazdasági jelentőségének* értékelése. A kitermelő iparág *termékértékesítése* és felhasználása.

A gazdaságos *távlati* termelés lehetőségeinek körvonalazása.

11. *Regionális ipari potenciál.* Az ipari fejlődésben szerepet játszó telepítési tényezők (természeti, társadalmi, gazdasági) feltárása, a termelési *feltételek* jellemzése.

Az ipari szerkezet meghatározása és jellegzetes vonásai. Az *iparfejlettség* területi szintkülönbségének meghatározása és annak értékelése.

Az *iparfejlesztés* távlati lehetőségeinek körvonalazása.

12. A termelés *agrárföldrajzi potenciáljának* feltárása a föld minősége, a földhasznosítás színvonala, a munkaerő- és az eszközellátottság, valamint a termelés környezeti fejlettsége (infrastrukturális ellátottság) foka alapján.

A mezőgazdasági termelés térbeli változásában szerepet játszó tényezők elemzése. A termelés jelenlegi szerkezete.

A növénytermesztés, állattenyésztés stb. *színvonalának* és területi differenciáltságának meghatározása.

A mezőgazdaság *távlati fejlesztésének* lehetőségei. A fejlesztés szempontjából számításba jövő dinamikus jellegű területek körülhatárolása.

13. *A városok és az urbanizációs fejlődés sajátosságai.* A városszerkezet és az urbanizációs fejlődés kapcsolatai alapján a lemaradás jellemzése és a fejlesztés feladatainak körvonalazása.

14. *A településhálózat*, létrejöttében szerepet játszó természeti és társadalmi *folyamatok* feltárása.

A *településszerkezet* gazdasági (funkcionális) típusainak jellemzése. A városok hierarchikus fokozatai, *funkcionális típusaik* és aktivitási zónájuk.

Az agglomerációs övezetek jellemzése. A településszerkezet hatásának elemzése a bővített társadalmi újratermelés szempontjából. A településhálózat dinamikus *távlati fejlődési* lehetőségei.

15. *Infrastruktúra.* A terület infrastrukturális ellátottságának általános jellemzése. Az infrastruktúrában szerepet játszó *természeti* és *társadalmi faktorok.*

A gazdasági és a *szociális fejlődés* és az infrastruktúra színvonala. A fejlesztés főbb lehetőségeinek körvonalazása.

A fenti fejezetek a régió „környezeti részpotenciáljainak" tárgyalását homogén területi egységek (geológiai, geomorfológiai, éghajlati, talaj- és növényzeti stb. körzetek), ill. típusos gazdasági körzetek (ipari, mezőgazdasági, települési stb.) szerint csoportosítják, ezek a regionalizálás, ill. körzetesítés rövid indoklását is megadják.

B. *Regionális egységek környezetpotenciálja integrált értékelésének irányelvei*

1. A középtáj nagyságú környezet elhatárolása a természeti és gazdasági geokomponensek és ágazati körzetek együttes mérlegelése alapján. E tekintetben komplex értékelésre kerül:
   a) az orográfiai és hidrográfiai körzetek és a tagoltság mértéke;
   b) a földtani, szerkezeti és litológiai felépítés,
   c) a domborzat-típusok lokális sajátságaikkal, minőségi és mennyiségi jellemzőikkel (pl. a lejtőkategóriák, domborzati típusok %-os eloszlása a mezorégión belül és más mennyiségi paraméterekkel együtt).

2. A természeti és gazdasági környezeti adottságok, erőforrások együttes értékelése a régiókon belül:
   a) agrárgazdasági potenciálok;
   b) ipari potenciálok;
   c) a település és idegenforgalom földrajzi potenciálok minősítése szempontjából.

Az agrárgazdasági potenciál értékelése nem csupán a litogén és domborzati tényezőket, a hidro-meteorológiai és a biomassza erőforrásokat veszi elemzés tárgyául, hanem sorban és együttesen is figyelembe veszi a termelési eszközöket, a termelőerők, a termelési-technológiai mód és az infrastrukturális berendezkedés helyi szintjét, továbbá a népesség dinamizmusát is. Az ipari, településföldrajzi potenciál mérlegelése szintén a természeti és gazdasági erőforrások, az infrastruktúra és földrajzi fekvés integrált értékelésével történik.

3. Az antropogén tevékenység a gazdálkodás-termelés különböző ágazatának és ezek együttesének visszahatása a földrajzi környezetben. Előnyös és káros hatások. Földrajzi aspektusok és a környezetvédelem.

A középtájak (alkörzetek) homogén tájtípusok, gazdasági típusok, ill. tájökológiai csoportok (természet-gazdasági típusok) jellemzése és minősítése a legfontosabb geofaktorok alapján. A minősítés néhány mennyiségi kategóriára és térképes ábrázolásra támaszkodik.

***

A szocialista gazdálkodásban szükségszerű, hogy tervszerűen biztosítsuk a termelőerők optimális és arányos területi elhelyezését. Ennek szolgálatában áll egész gazdaságirányításunk, amely területi-tervezési politikájának kialakításában és az intézkedések meghozatalában a tudományos kutatás idevonatkozó eredményeire támaszkodik.

Területi tervezésünket korábban igen erős ágazati szemlélet jellemezte, az utóbbi időben került előtérbe a komplex regionális tervezés, és régiófej-

lesztés szükségessége. Ez utóbbi irányzat az ország tervezési körzeteiről nem csupán a környezet specializált földtudományi kutatását, a gazdasági erőforrások ágazati inventárainak felmérését kívánja meg, hanem az adott *környezet átalakulása, felgyorsult változása okainak elemzését és prognosztikus értékeléseket* is igényel. Ilyen igények kielégítését szolgálhatja a földtudományok részéről a környezetpotenciál-kutatási koncepció, amelynek keretében a földrajzi tudományok együttesen (természet-, gazdaság- népességföldrajz, továbbá a kartográfia) olyan népgazdasági fontosságú kutatómunkát végezhetnek majd, mint amilyeneket a bányászati és a földtani tudományok már régóta ellátnak.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a környezetpotenciál-kutatás, vagy egyszerűbben: környezetkutatás új irányzata sem a földrajz, sem más földtudományok eddig kialakult hagyományos ágazatait nem kívánja helyettesíteni, vagy szerepét átvenni, még a regionális földrajzéét sem. Azt azonban reméljük, hogy a kimunkálás alatt álló környezetkutatás köréből olyan magasszintű, új tudományelvi és -gyakorlati értékű koncepciók, ill. konkrét feldolgozások látnak napvilágot a közeljövőben, amelyek akadémiai tudományos fokozatok elnyerésére is alapul szolgálnak. A környezetkutatás olyan új szemlélettel vizsgálja a geofaktorokat, amely a mai regionális földrajz közművelődési változatára is előnyös hatást gyakorol majd mind földtudományi, mind oktatási szempontból.

Miközben tudománycsoportunk távlati fejlesztésével a népgazdasági célok fokozottabb kielégítésére törekszünk, és mind több erőforrás feltárásán, ill. — a termelőerők optimálisabb területi elhelyezése érdekében — új modellek megalkotásán fáradozunk, akkor sem téveszthetjük ismét és tartósan szem elől a földtudományok fontos, közismeretformáló szerepét és a szakkáderképzés mindeddig csak részben megoldott problémáját sem. Közös és egymást kölcsönösen segítő erőfeszítéseket kell tenni mindkét feladatunk rendezésére.

FÖLDVÁRINÉ VOGL MÁRIA
AKAD. LEV. TAG

A Közgyűlésünkön elhangzott elnöki, főtitkári és főtitkárhelyettesi beszámolókban sok szó esett a kutatások eredményességéről, illetve az eredmények termelő erővé válásáról. Hozzá szeretném ehhez tenni azt, hogy a munka eredményessége önmagában hordja a kutató számára a jól végzett munka, a siker tiszta örömét, aminél igazabb jutalom számára nincs.

Osztályelnökünk beszámolójában az osztályunk hatáskörébe tartozó eredményekről hallottunk és ezzel kapcsolatban említeném meg, hogy a földtani, geofizikai, geokémiai kutatások során nem minden esetben jelentkezik a munka eredményessége közvetlenül ott, ahol a kutatás megindult. Sok esetben csak évtizedek múlva igazolódik egy-egy földtani feltevés és csak késői, nemegyszer elkésett elégtételt nyújt a témát megindító kutató számára.

A földtani előkutatás (ilyen pl. a M. Áll. Földtani Intézet legtöbb kutatási témája) jellegénél fogva ebbe a kategóriába tartozik. Nem alapkutatás, tehát nem vezet közvetlenül egy elméleti probléma megoldásához és nem célkutatás, tehát nem nyújthat közvetlenül hasznosítható nyersanyagot. Az előkutatás megáll ott, ahol már megalapozódik a célkutatás, de a gyümölcs beéréséről az előkutatás résztvevői csak később és közvetve nyerhetnek tudomást.

Az átnézetes és előkutatás jellegű geokémiai munkában résztvevő kutatócsoportunk munkánk és eredményeink további sorsának figyelése indokából állandóan kapcsolatot keres a hazai ritkafémkutatást, előállítást és felhasználást koordináló Tárcaközi Bizottsággal. Befolyásolhatja geokémiai munkánkat az, ha ismerjük a ritkafémek hazai perspektivikus igényeit, ha ismerjük az export—import alakulását, és a gyártástechnológiák problémáit.

Legutóbbi érdeklődésünk alkalmával a hazai ritkafém-gyártás alakulásában örvendetes, új eseményekről szerezhettünk tudomást. Megkezdődött egyik speciális hazai kincsünknek, a bauxitnak komplex hasznosítása. A Ga előállítása bauxitból már hosszabb múltra tekint vissza, de közben megszűnt a Ga iránti érdeklődés a felhasználók részéről. Jelenleg a Ga ismét a legkeresettebb ritkafémek közé tartozik, ennek megfelelően a Ga hazai előállítása is új lendületet kapott. Megkezdődött a bauxitokból a nagytisztaságú fémek, elsősorban Al és Ga előállítása, piacot is találtunk rá, ami a gyártásfejlesztést kedvezően fogja befolyásolni. További terv az, hogy nagy tisztaságú Se-t és Te-t is készülünk exportra gyártani.

Van hazánknak azonban egy másik speciális nemzeti értéke is, aminek ritka elemekre való feldolgozása még nem történt meg és ez a hazai ásványvíz- és mélységivíz-vagyonunk.

Vizsgálat alá kellene venni mindazokat a mélységi vizeket, melyeket az olajkutatás kapcsán tárnak fel. A kinyerésre szóba jövő ritka elemek a J,

Br és a B. Pl. a cserkeszőlői vízben, mely egy 2500 m-es fúrásból származik, literenként 825 mg metabórsav tartalmat állapítottak meg. Az állítólagos vízhozam 350 l/perc, ez azt jelenti, hogy naponta kb. 400 kg metabórsavat lehetne egyedül ebből a hévízből kinyerni.

A ritka halogéneknek hévizekből való kinyerésével Csehszlovákiában eredményesen foglalkoznak. Néhány évvel ezelőtt csehszlovák szakértői csoport járt nálunk, és véleményt nyilvánítottak az ásványvizekből való J és Br kinyerés magyarországi lehetőségeiről. Véleményük szerint a magyarországi jódszükségletnek mintegy felét egyedül az oltárci mélységi vízből fedezni lehetne. Hozzávéve egyéb J és Br tartalmú ásványvizeinket (pl. a karcagi, a rábasömjéni, sóshartyáni stb.) a kinyerés gazdaságossága is — megítélésük szerint — biztosítottnak látszik.

Javasoljuk ennek a kérdésnek ismételten napirendre tűzését és az olajbányászattal kapcsolatos mélységi vizek ritka halogén és bórtartalmukra való rendszeres vizsgálatát.

TÓTH MIKLÓS
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Engedjék meg, hogy — az elnöki beszámolóhoz kapcsolódva — egy gondolatfeltevés erejéig foglalkozzam azzal a fontos szereppel, amelyet a korszerű rendszerszemléletnek és az interdiszciplináris vizsgálati elvnek az ásványi nyersanyagkutatás és termelés egészének folyamatában be kell töltenie. Ezt azon együttműködési szükségesség alátámasztása érdekében szeretném megtenni, amely a teljes folyamat egyes részeit képviselő szakterületek között, továbbá az érintett alaptudományágak művelői között ma még csak részben valósul meg.

Annak érdekében, hogy az ásványinyersanyag-kutatás és termelés teljes folyamatát, illetve az egyes részfolyamatok kölcsönhatásos kapcsolatát — mint rendszert — megfelelően tudjuk értelmezni, mindenekelőtt az ásványi nyersanyag fogalmát kell (és ez nem is könnyű feladat) egyértelmű általános érvényességgel definiálni.

Valamely anyag attól kezdve minősül nyersanyagnak, amikor a természetben elfoglalt eredeti helyéről (esetünkben a földkéregből) valamilyen formában kitermelésre kerül. Valamely folyamat termékét jelentő anyag viszont — a következő termelési folyamat munkatárgyaként — mindaddig nyersanyagnak minősül, amíg abból fogyasztási szükséglet kielégítésére alkalmas, további feldolgozást, átalakítást vagy megmunkálást már csak a kész áruvá alakítás céljából igénylő termék nem keletkezik.

Ezek szerint az ásványi nyersanyag olyan ásvány, illetve ásványi eredetű anyag, amely — a föld kérgét alkotó ásványi nyersanyag-előfordulásból

kitermelt (primer), megfelelően előkészített (intermedier) és megfelelően feldolgozott (ultimer) állapotban, további feldolgozás, átalakítás vagy megmunkálás révén — a félkész vagy készterméket jelentő energia, alapanyag, vagy segédanyag előállítására szolgál.

Az ásványi nyersanyag e definíciójából is következik, hogy az ásványinyersanyag-kutatás és termelés teljes folyamatát általában 4 fő folyamat alkotja, mégpedig: a földtani kutatás, a bányászat, az ásványelőkészítés és az ásványfeldolgozás.

A *földtani kutatás* célja a föld kérgében levő ásványi nyersanyag-előfordulások felderítése és megismerése, a *bányászat* rendeltetése az ásványi nyersanyagnak a természetben elfoglalt helyéről való kitermelése, vagyis a primer ásványi nyersanyag produkálása, az *ásványelőkészítés* a primer ásványi nyersanyag osztályozását, homogenizálását, dúsítását, vagyis az intermedier ásványi nyersanyag produkálását jelenti, az *ásványfeldolgozás* pedig — a szénfeldolgozás, a kőolajfeldolgozás, energiaelőállítás, a vaskohászat, a fémkohászat stb. útján — az ultimer nyersanyag előállítását célozza.

Nyilvánvaló, hogy az ásványinyersanyag-termelés teljes folyamata gazdaságilag annál hatékonyabb, minél rövidebb, összességében minél kevesebb társadalmi ráfordítást igényel és minél nagyobb társadalmi értéktömeget produkál ez a teljes folyamat. A nagyobb értéktömeg a primer ásványi nyersanyag alkotóinak minél teljesebb körű, az eredetileg meddő-komponenseket is felölelő, vagyis komplex hasznosításával érhető el, a ráfordítás tömege pedig — a külfejtésre való alkalmasságon túl — annál kisebb lehet, minél jobban megközelíti a primer ásványi nyersanyag állapota az intermedier, vagy az ultimer ásványi nyersanyag állapotát. A primer és az ultimer állapot közelítésének két alapvető útja lehet:

1. Olyan kedvező adottságú, illetve magas koncentráltságú (nagy fűtőértékű, nagy fémtartalmú) ásványi nyersanyag-előfordulásokból való termelés, ahol a primer ásványi nyersanyag már eleve, a klasszikus bányászati módszerekkel való termelés esetén is közel azonos állapotú lehet az ultimer nyersanyaggal.

2. Olyan különleges bányászati technológia alkalmazása, amely lehetővé teszi azon nem hasznos tárolókőzet, illetve szennyező anyag in situ hagyását, amelyeket — mint a primer ásványi nyersanyag alkotóit — a klasszikus bányászati módszer esetén kényszerűen ki kell termelni.

A primer és az ultimer állapot közelítésének első útja tehát a földtani kutatás eredményességének függvénye, a jelzett második út pedig az ásványelőkészítés, illetve az ásványfeldolgozás folyamatának már a bányászati folyamatban történő valamilyen alkalmazását jelenti, például az in situ oldás, lúgzás, elgázosítás alkalmazása révén módosítva (tulajdonképpen kiiktatva) a klasszikus bányászati módszert. E második módszer célszerűsége és szükségessége, különösen a nagyobb mélységben fekvő olyan ásványinyersanyag-

előfordulások esetén lehet jelentős, amelyek az ultimer nyersanyagot kis koncentrációban tartalmazzák, vagyis amikor — a klasszikus bányászati módszer alkalmazása esetén — az egységnyi ultimer nyersanyag előállítása érdekében nagymennyiségű hordozó vagy szennyező kőzetet is ki kell termelni a primer nyersanyag káros, vagy haszontalan alkotójaként, illetve amikor az előfordulás nem egyértelműen alkalmas külfejtéses bányászatra.

Az ásványinyersanyag-termelés teljes folyamatának hatékonysága — márpedig csak ez lehet a népgazdasági cél — alapvetően attól függ, hogy mennyiben sikerül az optimumot jelentő maximális eredményt a folyamat egésze alkotta teljes rendszer szintjén, az egyes részfolyamatok kölcsönhatásos kapcsolatában megvalósítani. Ennek érdekében elvileg minden lehetséges esetre vonatkozóan ismerni kell azt, hogy ugyanazon társadalmi ráfordítással melyik folyamat hatékonyságának növelése eredményez a rendszer egészét illetően legnagyobb eredményt. Ha például reális remény van az ismert előfordulásoknál kedvezőbb adottságúak viszonylag kevés kutatási ráfordítással, nagy mennyiségben történő felderítésére, akkor mindenekelőtt ezt az általában gyorsabban realizálható lehetőséget kell kihasználni. (Ezért van egyébként a földtani kutatásnak az ásványinyersanyag-termelés gazdasági hatékonysága szempontjából meghatározó szerepe és így igen nagy preventív felelőssége.)

A rendszer egészére vonatkozó legnagyobb hatékonyságot természetesen akkor érhetjük el, ha az ásványinyersanyag-kutatás és termelés minden olyan folyamatát egyidejűleg fejlesztjük, amelyeknek a rendszer eredő hatékonyságára jelentős, illetve nagyobb befolyása van. Így nyilvánvaló, hogy a legnagyobb népgazdasági eredmény adott esetben például akkor jön létre, ha az eredményes földtani kutatással felderített nagy fémtartalmú és kedvező előfordulású ércből, lehetőleg közvetlenül, a hordozó kőzet és a szennyező anyag in situ hagyásával, a tisztafémhez közeli koncentrációban termeljük ki az ultimer nyersanyagot jelentő fémet, avagy ha nagy fémtartalmú érc kevés hordozó és szennyező anyagát is jól hasznosítjuk. Ugyanez a feltétel fogalmazható meg természetesen az energiahordozó ásványi nyersanyagokra is.

Nyilvánvaló, hogy a fentihez hasonló eredményre csak akkor lehet számítani, ha az ásványinyersanyag-termelésben érintett alaptudományok (fizika, kémia), valamint az egyes részfolyamatok (geológia, bányászat, kohászat, vegyészet, tüzeléstechnika) szakmai képviselői között az eddiginél sokkal nagyobb mértékű és rendszeres együttműködés alakul ki, mégpedig mind a gyakorlati feladatok, mind pedig az ezek alapját jelentő tudományos feladatok megoldása terén.

A hatékony ásványi nyersanyagtermelés világszinten fontos kérdésének jelentőségét nagy mértékben fokozzák hazai ásványinyersanyag-előfordulásaink adottságai, illetve az a népgazdasági igény, hogy ásványinyersanyag-szükségletünket minél nagyobb mértékben — de ugyanakkor gazdaságosan —

elégítsük ki hazai forrásból, vagyis hogy a hazai ásványinyersanyag-előfordulásokat optimálisan, a jelenleg tervezetthez képest esetleg jelentősen nagyobb mértékben vegyük igénybe, az ásványinyersanyag-termelés teljes folyamata technikai fejlesztésének előzőkben vázolt lehetőségeit is figyelembe véve.

Az ásványinyersanyag-termelés hatékonyságának növelése érdekében a Bányászati Tudományos Bizottság — a Földtani Tudományos Bizottsággal együtt — már eddig is több feladatra vonatkozóan kezdeményezte a tudományos határterületek együttműködését, a feladatok interdiszciplináris megoldását. Példa erre az újjáalakult Bányászati és a Földtani Tudományos Bizottságnak a hazai vas- és mangánércbányászat távlatára vonatkozó azon közös határozata, amelyet az Akadémia Elnökségén keresztül javasol az illetékes állami fórumokhoz eljuttatni, avagy a Bányászati Tudományos Bizottság és a Veszprémi Akadémiai Bizottság legutóbbi közös ülésén az ásványi nyersanyagok komplex hasznosítása érdekében hozott azon határozatok, amelyek a tatabányai kutatások értékelésével és azok hasznosításával foglalkoznak.

Úgy vélem, hogy ezeket az együttműködési területeket és témákat alapvető népgazdasági érdek lenne tovább szélesíteni és intenzifikálni, mégpedig az előzőkben említett alap- és ágazati tudományterületek együttműködésébe az általában meghatározó jellegű közgazdaságtudományi területeket is bevonva.

Akadémiánk illetékes szervei ehhez megfelelő kereteket és feltételeket teremthetnek például oly módon, hogy „Az ország természeti erőforrásainak kutatása és feltárása" című főirányt — az egyébként folyamatban levő tematikai továbbfejlesztés során — még inkább a vázolt elvi alapkérdésre orientálják, a tématerület feladatainak kimunkálása során pedig az eddiginél szervezettebb együttműködést segítenek kialakítani az említett tudományterületek képviselői és akadémiai fórumai között.

A Bányászati Tudományos Bizottság nevében ehhez kérem a Tisztelt Osztályülés egyetértő állásfoglalását.

HOMORÓDI LAJOS
AKAD. LEV. TAG

Az Osztályelnök Úr beszámolójának, valamint a főtitkári jelentésnek a geodéziát érintő részét szeretném kiegészíteni, röviden tájékoztatni a tisztelt ünnepi ülést a geodézia művelése terén az elmúlt időszakban elért eredményekről, az időszerű problémákról, e tudományszak hazai helyzetéről.

A fejlődés irányzatának jellemző vonását a geodéziában is korunk technikai fejlődésének két jellegzetessége szabja meg: az automatizálás és a mesterséges holdak kiaknázása a sajátos problémák megoldása érdekében. Természetes, hogy ez az általános irányvonal a hazai geodézia alakulásában is meg-

nyilvánul. Az első inkább a gyakorlati geodézia feladataiban okoz jelentős, sőt — túlzás nélkül mondható — évszázados alapelveket módosító változásokat, a második az elméleti geodézia alapproblémájának megoldásában jelez új utat, ám a nehézségi erőtér jobb megismerése, változásainak nyomon követése révén olyan gyakorlati szempontból is értékelendő problémához is szolgáltat adatokat, mint a lemeztektonikai kutatások.

Az automatizálásban rejlő lehetőségek azért is nagyjelentőségűek, mert a mindennapi élet, a gazdasági viszonyok fejlődése, az ipar és a mezőgazdaság átalakulása, a települések arculatának változásai, a gyakorlati geodéziával szemben egyre nagyobb igényeket támasztanak, amiknek optimális kielégítése is számos kérdést vet fel, s ezeket kutatóinknak az igények halasztást nem tűrő kielégítése érdekében haladéktalanul meg kell oldaniok.

Kutató gárdánk három szervezetben összpontosul. A MTA Geodézia és Geofizikai Kutató Intézetében, az állami földmérési szolgálat szerveiben, nevezetesen az Országos Földügyi és Térképészeti Hivatalban, illetve ennek iparági kutatóintézeteiben és üzemeiben, végül a Budapesti Műszaki Egyetem Geodéziai Intézete tanszékeiben.

Legyen szabad felvázolnom ezek munkáját az említett főirányok fejlesztésében.

Amikor az előbb a gazdasági élet igényeit említettem, elsősorban arra gondoltam, hogy elérkezett az idő és adottak a lehetőségek elavult térképrendszerünk felújítására. E területen a földmérési szolgálat végezte a legkiterjedtebb kutató- és operatív munkát, befejezte az új magyar asztrogeodéziai hálózat korszerűsítését, az egységes országos térképrendszer bevezetése érdekében kiterjedt vizsgálatokat végzett a vetületi rendszer megválasztása, a térképi tartalom és ábrázolási mód kialakítása érdekében. Ezekbe a vizsgálatokba bekapcsolódott a Műegyetem Geodéziai Intézete is. A térképezés területén az automatizálás elsősorban a terhes fizikai munkát jelentő és emellett idő- és költségigényes terepi felmérési munkát 70—80%-ban csökkenő fotogrammetriai eljárások bevezetésében jelentkezik. E vonatkozásban a Soproni Kutató Intézet idevágó munkáját kell méltatni az iparági kutató intézmény, a Földmérési Intézet hasonló tevékenysége mellett. Főleg a fotogrammetriai pontsűrítés, a térbeli légi háromszögelés terén végzett vizsgálatokat kell említeni. Itt az automatizálás két csatornán is jelentkezik, hiszen a terjedelmes számítások programozott gépi megoldás nélkül el sem képzelhetők. Úgy vélem, a soproni intézet munkájának említésekor nem mulasztható el annak az örvendetes eseménynek a megemlítése, hogy 1973 őszén a kutatóintézet új székházba költözött, így nagyjelentőségű munkájához megfelelő elhelyezéshez és ebben korszerű műszerfelszereléshez is jutott.

S ha már az építkezések szóba kerültek, a másik kiemelt fejlődési jellegzetességgel, a mesterséges holdak geodéziai célú felhasználásával kapcsolatban, elsősorban azt említeném meg, hogy az állami földmérési szolgálat sza-

tellita megfigyelési állomásának építkezése Pencen, Vác mellett, jelentősen előrehaladt, s legkésőbb jövő tavasszal megkezdheti működését. Ide tartozik, hogy a felállítandó igen korszerű fotografikus megfigyelő kamra már be is érkezett, bár fotografikus felvételek eddig is készültek és rendszeres kiértékelésük is folyik. Ezeket a munkálatainkat a Szovjetunió tudományos akadémiája és a francia Űrkutatási Központ koordinálja. A mesterséges holdak megfigyelésével kapcsolatban igen figyelemre méltó a magyar szerzők publikációs tevékenysége és elismert a magyar szakemberek együttműködése a szocialista országokkal egy szatellita-megfigyelő lézerberendezés kifejlesztésében is.

A műszerfejlesztés kérdésével kapcsolatban ismét a soproni intézet tevékenységét kell említenem. A KGST keretében működő Szabványosítási Állandó Bizottság részére az Országos Mérésügyi Hivatal felkérése alapján szabvány-ajánlásokat dolgoztak és dolgoznak ki. Ez a munka általános metrológiai szempontból jelentős, és szakterületünket közelebb hozza más szakterületek és iparágak problémáinak megoldásához.

Tudományszakunk határterületén mozognak azok a kutatások, amelyek egyfelől a földkéreg recens függőleges mozgásainak, másfelől a földi árapály jelenségeinek vizsgálatára vonatkoznak. Az előbbi témakörben az állami földmérési szolgálat és a Műegyetem Geodéziai Intézete tevékenykedett, az előbbi a mérési hálózat kifejlesztésével, és a mérés — a nagyszabatosságú szintezés — célszerű módszerének kialakításával, az utóbbi a nehézségi erőtér időbeli változásaira való tekintettel a függőleges kéregmozgás fogalmával kapcsolatos elvi kérdések elemzésével. A Geodéziai Intézet egyik munkatársának tollából az Akadémiai Kiadó kiadásában a kéregmozgások meghatározását szolgáló felsőrendű szintezés kérdéseiről összefoglaló mű is megjelent az év folyamán. A földi árapály jelenség vizsgálata a soproni intézmény témája, s figyelemre méltó eredményként lehet elkönyvelni, hogy saját kidolgozásukban összeállított program alapján már huzamosabb idő óta végzik az árapály analízisét, mind klinometrikus, mind graviméteres szempontból. Munkájuk elismeréseként könyvelhető el, hogy a VII. Nemzetközi Árapály Konferenciát az elmúlt évben Sopron rendezhette meg, kedvező visszhangját azóta is regisztrálhatjuk.

Itt említem meg, hogy szakterületünk nemzetközi szervezeteinek munkájába igyekezünk bekapcsolódni, s ezeken a fórumokon előterjesztett beszámolóinkkal, munkálataink eredményeinek ismertetésével ismételten elismerést vívtunk ki a magyar geodézia számára. Nem hallgathatom el azonban, hogy ennek ellenére részvételünk e szervezetek irányításának munkájában nem kielégítő a személyes részvételt lehetővé tevő kiküldetési keretek rendkívül korlátozott volta miatt a három intézmény egyikénél sem, amelyekhez kutatóink az említettek szerint tartoznak. Ismeretes, hogy a nemzetközi szervezetek nagy kongresszusai párhuzamosan rendezett szekciókban üléseznek, az ilyen alkalmak hatékony felhasználása egy-egy kiküldött révén lehetetlen, még inkább gátolja a nemzetközi szövetségekben vezető funkciók el-

vállalását az, hogy a kongresszusok közötti időben rendezett munkaüléseken pedig leggyakrabban egyáltalán nem tudjuk magunkat képviseltetni.

Mind az elnöki, mind a főtitkári jelentés kitért az egyetemi tanszékek szervezeti kérdéseire. Ezért legyen szabad megemlítenem, hogy a Műegyetem három geodéziai profilú tanszéke Geodéziai Intézetbe összefogva immár második éve integrált egységben végzi kutatómunkáját. Kutatási munkáinak egységes szervezésével és különösképp a kutatásokat szolgáló beruházások együttes megtervezése révén az elmúlt évben már jelentkeztek ennek a koncentrálásnak előnyei. Sajnálatos, hogy a tanszékek térbeli elkülönültsége és főleg zsúfoltsága nem tette lehetővé bizonyos kézenfekvő belső szervezési feladatok megoldását, és ezzel az ügyviteli munkák volumenében a nem kedvező változás megakadályozását.

A Geodézia Tudományos Bizottság tárgyalásainak főbb témáira utal a főtitkári jelentés, egy kiegészítést kell mégis tennem. Egyik ülésünkön igen behatóan vitattuk a szakemberképzés és továbbképzés problémáit, ami azért különösen lényeges kérdés nálunk, mivel földmérő-geodéta szakembereket három különböző szinten képezünk ki, így a szintek közötti átmenet, a tartalmi és színvonalbeli egymásra épülés különös figyelmet érdemel. Reméljük, hogy az illetékes helyekre eljuttatott idevágó észrevételeink ott meghallgatásra is találnak.

Tisztelt ünnepi ülés! Talán sikerült érzékeltetnem, hogy tudományszakunk világszerte folyó lendületes fejlődésébe technikai és anyagi lehetőségeinkhez mérten mi is bekapcsolódunk és eredményeinket minden szükséges vonatkozásban a népgazdaság szolgálatába állítottuk.

RÁCZ DÁNIEL

A beszámolóhoz kapcsolódva szabad legyen a szénhidrogénbányászati kutatás és tudományos eredmények néhány kérdésére kitérni.

Ismeretes, hogy a kőolaj- és földgáztermelés az elmúlt évek során rohamosan fejlődött. 1973-ra a kőolajtermelés elérte a 2,800 milliárd t-át, a földgáztermelés kb. 1300—1400 milliárd m^3-t.

Rendkívül nagy mennyiség ez, ha meggondoljuk, hogy 1960-ban a kőolajtermelés 1 milliárd t, a földgáztermelés 468 milliárd m^3 volt.

Az 1960-as, még inkább azonban az 1950-es években valószínűtlennek tartottuk ezeket az eredményeket, napjainkban is nehezen tudjuk elképzelni, hogy 1985-ben a kőolajtermelés a világon 6 milliárd t, a földgáztermelés 3000 milliárd m^3 lesz, mint ahogy azt a különböző prognózisok egybehangzóan jelzik.

Közelebbről, tudományos alapossággal megvizsgálva a szénhidrogénbányászat fejlődését nyilvánvalóvá válik, hogy a kutatási és fejlesztési eredmények nagymértékben segítették a világ szénhidrogéntermelésének rohamos

növekedését és minden valószínűsége megvan, hogy a továbbiakban még nagyobb még jelentősebb eredmények szülessenek.

A szénhidrogénbányászat fejlődésének számos vonatkozása ismeretes. Tudjuk, hogy a világ legkülönbözőbb helyein alkalmazzák a korszerű művelési eljárásokat, a másodlagos, harmadlagos termelési módszereket. Többek között a vízvisszanyomást, a felületaktív anyagos kiszorítást, a micelláris, polimeres, termikus művelési eljárásokat stb. Óriási technikai és technológiai megoldásokat alkalmaznak a távvezetékek építésénél, a speciális tengeri flották kialakításánál, a tengeri, sivatagi, trópusi kutatásoknál, a nagymélységű fúrásoknál stb.

Ezek rendkívül fontosak és nagymértékben járulnak hozzá a kutatás és termelés magasabb szintű kiszolgálásához, termelési, szállítási, feldolgozási előfeltételeink megteremtéséhez.

Mindamellett azonban úgy látom, hogy a földtani tudományos kutatás területén elért nagyjelentőségű felismerések eredményezték a mennyiségi és minőségi változások egész sorát, ezzel alapvetően elősegítették a tudományos technikai forradalom világméretű kibontakozását, olyan körülmények között és olyan területeken is sikerült rendkívüli eredményeket elérni, ahol a korábbiakban a prognózis nem jelezte.

Sorolhatnám az arktikus területek kutatását, a sekély és mélytengeri kutatást, a sivatagi kutatásokat stb., ennek során feltárt óriási kőolaj- és földgáz készleteket, — természetesen ezeket nem összességükben és általában értem, hanem mindenütt annak belső logikája és törvénye szerint.

Nem lehet vitatni azt az alapvető tényt sem, hogy a nagy földrajzi területeken nagyobb a találati valószínűség (bár ennek ellentétével is találkoztunk pl. a Közel-Kelet, Északi-tenger stb.), mégis úgy látom, hogy a földtani tudományokban bekövetkezett mélyreható szemléleti változásokban kell keresni a világban végbemenő fejlődés alapvető okát.

A földtani tudományok komplex értelmezésének szükségességére ezen a helyen Osztályelnökünk többször felhívta a figyelmet. Beszámolójában is kitért hasonló kérdésekre.

Az előzőekben a fejlődés, a tudományos technikai forradalom kibontakozásának néhány fontos elemét érintettem. Szükséges azonban megjegyezni, hogy szerte a világon napjainkban is nagyon sok helyen korszerűtlen művelési, kutatási és termelési eljárásokat alkalmaznak.

Megemlítem csupán, hogy nem egy olyan terület, illetve ország ismert, ahol másodlagos és harmadlagos termelési eljárásokat nem, vagy minimális mértékben alkalmaznak. Előfordul, hogy a kísérőgázt a levegőbe engedik, a kimerítéses olajtermelést döntő módon érvényesülni engedik, ami a „rablógazdálkodásnak", a rossz hatásfokú leművelésnek felel meg.

Végezetül röviden szeretnék kitérni az alap-, alkalmazott és fejlesztői kutatási kategóriák kérdésére, mely a MTA elnöki beszámolójában is szerepelt és nagyon örülök, hogy ennek felülvizsgálata napirendre került.

A Kőolaj- és Földgázbányászati Ipari Kutató Laboratóriumban alapvetően alkalmazott és fejlesztő kutatásokat végzünk, de néhány területen alapkutatást is folytattunk. Egyre inkább úgy látjuk, hogy a határok elmosódnak és ha a továbbiakban is ragaszkodunk a merev kategorizálásokhoz, az visszahat és gátolja a tudományos eredmények gyors realizálását, ami pedig a tudományos technikai forradalom kibontakozásának egyik követelménye.

BARTA GYÖRGY
AKAD. LEV. TAG

Elnézést kérek a tekintélyes testülettől készületlen, improvizált hozzászólásomért. Eredetileg ugyanis mai ülésünk anyagához nem kívántam hozzászólni, mégis szeretném ismételten felhívni a figyelmet a földtudományoknak osztályelnökünk által is hangsúlyozott ágára, a geonómiára.

Az eddigi hozzászólások inkább az ember aktív közreműködésével végrehajtott földtani kutatásokkal, a közvetlenül hozzáférhető anyagok megtalálásával, vizsgálatával és hasznosításával foglalkoztak. Szó esett a globális szemlélet fontosságáról, pedig ezekben a kutatásokban tulajdonképpen nem globalitásról, hanem komplexitásról — a „minden mindennel összefügg" elv igen helyes alkalmazásáról — van szó. Természetes, hogy a földtudományoknak ez a része rendkívül fontos és hazánk gazdasági életét is alapjaiban befolyásolja. Ezért is kap ülésünkön ilyen erős hangsúlyt.

Van a földtudományoknak azonban egy ugyancsak nagyon fontos része, amely az általunk befolyásolhatatlan, egész Földet érintő, nagyméretű folyamatokkal foglalkozik. Ezeknek a folyamatoknak ma még — de valószínűleg hosszú ideig — csak passzív részvevői, szemlélői vagyunk. Hatásukra alakult ki bolygónkon az élet és fejlődött olyanná, mint amilyen most. Mi magunk is ennek a folyamatrendszernek vagyunk a függvényei. Egy földfizikai jelenséget, pl. lemezmozgást, földrengést, vulkánkitörést vagy egy nagyobb méretű meteorológiai folyamatot többnyire nem tudunk megváltoztatni, pedig ezekben a földtest energiáinak csak csekély töredéke nyilvánul meg. A jobb alkalmazkodás hozzájuk, az egész emberiségnek hasznos (pl. különleges építkezések a különböző káros hatások leküzdésére, vagy a természeti adottságok jobb kihasználására, de elméleti síkon nagy távlatokban a mágneses tér átfordulásának ismerete is fontos lehet); a folyamatok követése és helyes értelmezése a geológia hosszú korszakain át (pl. a kontinensek szétválása, az óceánfenék tágulása, a szubdukciós övezetek helyének ismerete) az ásványi kincsek felhalmozódásának mechanizmusára fényt vethet és azok felhasználását és kitermelését elősegítheti.

Az ilyen kutatások világképalakító, kulturális hatása közismert; elméleti és gyakorlati fontosságukat pedig bizonyítja az a tény, hogy a nemzetközi

szervezetek és programok fő tevékenységét képezik és művelésükre világviszonylatban hatalmas anyagi és szellemi erőket fordítanak.

Ennek a munkának Magyarországra lebontható részfeladatai is vannak, például paleomágneses módszerrel a helyi geológiai mozgások megállapítása, azok beillesztése az általános lemeztektonika rendszerébe, az ismert anomalikus rétegvastagságok magyarázata és következményeinek levonása, vagy a szubdukciós övek egykori helyének kijelölése stb.

Az országra érvényes részfeladatokon túl azonban hazánkban a teljes földtestre vonatkozó általános földtudományi problémák iránt is igen élénk az érdeklődés. Jelentős tradícióink vannak ebben az irányban. Eötvös — a függővonal-elhajlás helyi mérésével — az egész geoid alak későbbi problematikáját már a múlt század végén felvetette, Egyed pedig földtágulási elméletével szintén fontos új tudományterületeket tárt fel és tett hozzáférhetővé a további kutatás számára. Dolgozataival szinte előfutára volt a mai lemeztektonikának.

Néhány nappal ezelőtt V. V. Fegyinszkij akadémikus, a Lomonoszov egyetem tanára — Osztályunk rendezésében tartott előadásában — vázolta a szovjet kutatók elképzeléseit a lemeztektonika energia-hátteréről és hangsúlyozta, hogy a helyes földtudományi alapfeltevések az alkalmazott és ipari kutatás fázisaiban is milyen fontosak. Szeretném hozzászólásomban ezt a megállapítást ismételten hangsúlyozni.

BALOGH KÁLMÁN
A FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORA

Az 1973. évi közgyűlés után jelentősen megfiatalított Geológiai Tudományos Bizottság eddigi munkájának zöme 1974-re esvén, annak ismertetése a más időhatárok szerint összeállított Fehér Könyvből szinte teljesen kimaradt. A felszólalás célja, hogy részint e hiányt pótolja, részint néhány kedvezőtlen jelenségre hívja fel a figyelmet.

A Bizottság abból indult ki, hogy a földtani tudománykör területén — az utolsó három évtizedben elért nagyszabású sikerek ellenére is — vannak olyan problémák, amelyek megoldása előmozdíthatja a szakterület egészséges továbbfejlődését, s hozzájárulhat geológusgárdánk közérzetének további javulásához. A sikerek között könyveljük el a hazánkban és annak területén kívül tevékenykedő magyar geológusok létszámának a felszabadulás óta bekövetkezett megsokszorozódását, a geológusgárda irányító központjának és szervezeti kereteinek kiépítését. Ennek köszönhető, hogy Állami Földtani Intézetünk mellett ma már számos iparági geológusszolgálattal rendelkezünk, s emellett az ún. területi földtani szolgálat is kiépült. A Központi Földtani Hivatal e szervek valamennyijének működését átfogja és ellenőrzi. Az ország 200 000-es földtani térképeinek kiadása befejezés előtt áll, különböző terüle-

tekről részletes térképek készültek, számos értékes monográfia jelent meg, és több nagy hatású nemzetközi kongresszust is szerveztünk. Ha mindezek ellenére akad még javítanivaló, az részint azzal magyarázható, hogy a számbeli növekedést nem minden esetben kísérte a minőség egyértelmű növekedése, részint pedig az, hogy a földtani tudománykörben világszerte mutatkozó fejlődést és differenciálódást — az anyagi eszközök és a létszám korlátozottsága miatt — *nem mindig sikerült úgy megvalósítani, hogy a fejlődés minden irányban egyenletes legyen.*

Ennek következménye, hogy míg pl. a mezozoikum középső és fiatalabb részének megismerésében jelentősen előbbre léptünk, s korszerű javaslatokkal tudunk nemzetközi porondra lépni az oligo—miocén képződményeknek az egész Paratethysre érvényes beosztása tekintetében is, ugyanakkor hazánk két legnagyobb elterjedésű képződménye, a triász és a pannon nemzetközi érdekességű faunáinak teljes feltárásában és biosztratigráfiai taglalásában lemaradtunk. Amellett nálunk is előfordul az, hogy a felső vezetés eredeti intenciói a végrehajtás során olykor eltorzulnak, amiben persze a középvezetés és a „végrehajtók" egyaránt hibásak. Megtörténik azonban az is, hogy — mint pl. a geológusképzésben — kívülről jött és kellően nem mérlegelt hatások érvényesülése zavarja meg az egészséges fejlődés menetét.

Bizottságunk eddig, néhány igen sürgető kérdésben tett javaslat meghozatala mellett, a földtan határterületeinek problémáit vette sorra. Legelső határozatunkat pl. — amit a Bányászati Bizottság állásfoglalásával megerősítve terjesztettünk az Osztályon keresztül az Akadémia Elnökségéhez — a hazai mangán- és vasércbányászat ügyében hoztuk, remélve, hogy az MTA tekintélye az ércbányászat és kohászat képivselőit e sok bányászcsaládot érintő kérdés újbóli megvitatására és kedvező megoldására fogja ösztönözni. Megvizsgáltuk továbbá Magyarország 500 000-es tektonikai térképe elkészítésének ügyét, és annak technikai kivitelezését, valamint az azt megelőző szervező munkát a MÁFI igazgatójára bíztuk. Ez a feladat azonban annyira szerteágazó, hogy csak a magyar geológusok összességének tevékeny közreműködésével oldható meg olyan minőségben, ahogyan a fő szervező, a Kárpát—Balkán Asszociáció Tektonikai Szekciója azt tőlünk elvárja. Térképünk ui. az Asszociáció által első alakjában 1977-re tervezett Kárpát—Balkán tektonikai térkép része lesz. Mivel az Asszociáció térképeit a KGST hivatalos térképekül fogadja el, saját térképünk minősége egyúttal a KGST céljaival való egyetértésünk fokmérőjének is tekinthető. Mindenképpen nemzeti ügyről lévén szó, ezúton is felhívjuk a magyar földtan minden közkatonáját és vezetőjét, hogy az egyéni, csoport-, avagy más partikuláris érdekeket félretéve, a sokszor helytelenül alkalmazott zárt kezelési utasításokat feloldva, működjenek közre abban, hogy ez a térkép méltó lehessen korunkhoz.

Más javaslatainkkal a „hagyományos földtan" egyes ágainak nálunk különböző okokból bekövetkezett lemaradásait igyekeztünk kiküszöbölés felé

vezetni. Ezt a célt szolgálták a tektonikai és az őslénytani kutatások hazai állásáról készített helyzetképeink. A határterületi ágazatok közül pedig az építésföldtan helyzetét vizsgáltuk meg, s előkészítettük a vízföldtan és az agrogeológia helyzetképének megvitatását. Bizonyos, hogy ezen helyzetképek alapján érett megfontolással és tudományágunk iránti felelősségérzettel készült javaslataink egyike-másika az eddigi létszámkeretek mérsékelt növelését indítványozza. Mégis úgy véljük, hogy ezzel nem kerülünk ellentétbe a főtitkári beszámolónak az eddigi keretek megtartását és az azokon belüli átcsoportosítást szorgalmazó felhívásával. Mérlegelni kell ui., hogy egy-egy hosszú idő alatt kiképzett specialista nem irányítható át egyik napról a másikra más szakterületre, másrészt pedig a földtan területén a geológusképzés évek óta tartó szüneteltetése következtében valóban szakemberhiány van. Meg vagyunk róla győződve, hogy a geológusgárdánk jobb működését célzó ajánlásaink közvetve a népgazdaságot is segítik; ezért szeretnénk, ha ezeknek az ajánlásoknak az osztályadminisztráción való áthaladási sebessége meggyorsulna.

Végezetül néhány szót néhány egészségtelen jelenségről. Kifogásoljuk, hogy a népgazdasági érdek szem előtt tartása egyes vállalati vezetők tudatában és intézkedéseiben szűk prakticizmussá torzul oly módon, hogy az egyetemi tanszékekkel való együttműködést az ipari kutatást elősegítő, de hosszabb kifutási idejű tudományos feladatok megoldása helyett rutin-feladatok elvégeztetésére óhajtják felhasználni. Lehet, hogy ez — az ügyben ludas vállalatok egyes geológus-részlegeinek létszámhiánya miatt — a vállalatokra előnyös, az egyetemi tanszékeknek azonban — amelyek célja a jövő ifjúságának a *haladásra* való felkészítése — ez semmiképpen nem feladatuk.

Ma is kifogásoljuk a geológusok érdeklődésének és vitaszellemének mérsékelt voltát. Ezzel függ össze az a SZÁDECZKY akadémikus által említett jelenség is, miszerint szakembereink egy-egy előadást még csak megtartanak, annak szövegét azonban csupán kevesektől lehet megkapni. Pedig nyilvánvaló, hogy bármely kutatási eredményt csak megfelelően dokumentáltan lehet és szabad elfogadni. Tudjuk, hogy szerepet játszik e jelenségekben szakembereinknek a fokozott igénybevétel okozta fáradtsága is. Alapvetőnek látjuk azonban a szakmai műveltség sokaknál mutatkozó megkopását. Ezen pedig csak a képzés színvonalának további emelésével és főként a korszerű utánképzés több szakterületen történő intézményes bevezetésével lehet segíteni. Javasoljuk, hogy mind a kettőbe vonják be minden vidéki egyetem földtani jellegű tanszékeit is. Ne engedjük, hogy azok a színek és árnyalatok, amelyekkel e tanszékek a tudományművelés terén rendelkeznek, geológusképzésünk egésze szempontjából kihasználatlanul maradjanak. Ugyanakkor azonban a műszaki egyetemeken folyó geológusképzés bizonyos egyoldalúságainak veszélyeire is fel kell hívnunk a figyelmet.

Nagymértékben szolgálná a szakmai műveltség színvonalának emelését, ha monográfiák és szakcikkek közlése mellett nagyobb figyelmet fordí-

tanának új tan- és kézikönyvek megírására is. Az 50-es és 60-as években kiadott ilyen jellegű munkák ui. teljesen elfogytak, egy részük pedig korszerűsítésre is szorul. E munkák javarésze a „hagyományos földtan" területén mozog; de rajtuk kívül még jó néhány olyan „határterületi" tan- és kézikönyv is megírásra vár, amelyekre korábban még nem is gondolhattunk. Mindezek létrehozására szerzői kollektívákat fogunk szervezni, szükség esetén pedig egy-egy jó külföldi szakkönyv magyar viszonyokra való adaptálását kíséreljük meg.

BENDEFY LÁSZLÓ
A FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORA

Osztályelnökünk beszámolójában kitért arra, hogy az Osztály rendelkezésére álló publikációs keretet — megfelelő kéziratok híján — évek óta nem tudjuk kihasználni.

Ezzel kapcsolatban legyen szabad javasolnom, vegye tervbe az Osztálya megjelentetésre szánt munkák sorában RÉTHLY ANTAL professzor földrengési katalógusa II. kötetének mielőbbi sajtó alá rendezését és kiadását. Nemrég ünnepeltük RÉTHLY ANTAL professzort 95. születésnapja alkalmából. Nem kívánatos, hogy ennek a kivételes értékű kéziratnak kiadása továbbra is halasztódjék. Tudomásom szerint ez az anyag 80—90%-ban kiadásra kész állapotban van, sajtó alá rendezése tehát aránylag rövid időn belül elvégezhető volna.

Javasolom továbbá, hogy ez a kötet egészíttessék ki a néhai SIMON BÉLA dr. által az 1918—1929 közötti évekre visszamenően — budapesti és vidéki hírlapok anyagából gyűjtött — magyarországi földrengési adatokkal.

Továbbá — a teljesség kedvéért — csatoltassék a kiadandó anyaghoz a Földrengésvizsgáló Intézet által hivatalosan, vékony füzetecskékben kiadott 1929—1963 közötti földrengések anyaga is, kiegészítve az utolsó 10 esztendőre vonatkozó földrengések adataival.

DOBOSI ZOLTÁN
A FÖLDTUDOMÁNYOK (METEOROLÓGIA) DOKTORA

Az Akadémia által támogatott meteorológiai kutatások az „Éghajlati erőforrások területi eloszlása" téma keretében folynak. A nemzetközi szervezetek, mint a KAPG, a Geodinamikai Program keretében végzett vizsgálatok is hasonló beállítottságúak. Ezek: a sugárzási energia területi és időbeli eloszlása, meteorológiai mezők szerkezete, a légköri alapréteg sajátosságainak vizsgálata. Miközben ez a munka nemzetközi szervezetekben is fokozódó aktivitással folyik, a gyakorlat egyre sürgetőbben veti fel a területi eloszlásokban is

megnyilvánuló éghajlati fluktuációk ismeretének szükségességét. Több, hosszú időtartamra tervezett létesítmény zavartalan működése éghajlati feltételekhez kötött, s ez okból információkra van szükség az egyes, a normálistól eltérő éghajlati szakaszok gyakoriságával és időtartamával kapcsolatban. Kutatási terveink készítésénél a jövőben figyelemmel kell lennünk erre az igényre is.

A geonómia egysége a légburok és szilárd kéreg kapcsolatával, a geológiai időskálájú fluktuációkkal foglalkozó paleoklimatológia területén nyilvánul meg legközvetlenebbül. Némi eredményt már ezeken a területeken is magunkénak mondhatunk, mint pl. a műholdas sugárzásegyenleg mérések eredményeinek paleoklimatikus értékelése a kontinensvándorlások éghajlati hatásának elemzésében, a földsugárpulzáció hatása a légkör üvegház-hatására. Kívánatos a jövőben a paleoklimatológiai kutatások kiszélesítése, a határterületek kutatóinak fokozott bevonása. Feltételezhető ugyanis, hogy Földünk múltjának éghajlati rekonstrukciója segítséget nyújt olyan nyersanyagok felderítésében, amelyeknek képződése klimatikus feltételekhez kötött.

AZ ÁSVÁNYVAGYON-GAZDÁLKODÁS ÉRTÉKELÉSÉNEK PROBLÉMÁI

BORAI ÁKOS
A FÖLDRAJZTUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

Az ásványvagyon igénybevételének nagysága és gazdaságossága nem szűkíthető le a műszaki-technológiai folyamatok hatékonyságára. A nyersanyag feltárása, kitermelése és felhasználása ugyanis rendkívül összetett, térben és időben változó folyamat, amelyet döntően társadalmi-gazdasági követelmények határoznak meg. Kétségtelen tény, hogy a kitermelés lehetőségében szerepet játszó műszaki-technológiai folyamat önmagában véve is része a társadalmi értékítéletnek. A komplex összefüggéseiből kiragadott, a termelés műszaki és technológiai lehetőségére redukált hatékonysági vizsgálat azonban csak részigazságok megfogalmazására alkalmas. A termelés és felhasználás térben elkülönülő, egymást feltételező folyamatainak, strukturális sajátosságainak vizsgálata ugyanis nem nélkülözheti az átfogó, gyakran nemzetközi vonatkozású társadalmi-gazdasági értékelés szempontjainak alkalmazását. Köztudomású, hogy hazánk ásványi nyersanyagokban szegény ország, amely a felszabadulást követő autark-gazdálkodás időszakában sem nélkülözhette a szocialista országok tevékeny támogatását. A nemzetközi feszültség enyhülésével, a diszkriminációs politika fokozatos felszámolásával viszont egyre széleskörűbbé vált a nemzetgazdaságok együttműködése. Ilyen körülmények között érthető, hogy a nyílt gazdasági rendszer keretei között hazánknak is jóval rugalmasabban kell alkalmazkodnia a megváltozott környezeti feltételekhez. Ezért ásványi nyersanyagkészleteink kitermelésének és felhasználásának értékelésénél messzemenően számításba kell venni a nemzetközi együttműködés lehetőségeit, ill. annak korlátait. Nem véletlen, hogy az Egyesült Nemzetek Szövetsége a világ társadalmi-gazdasági fejlődésének egyik fundamentális feltételét az ásványi nyersanyagok széles körű felhasználásában és ezzel kapcsolatban a gazdaságilag fejlett és elmaradott országok jelenleginél egészségesebb kommunikációjában látja.

Hazánkban az energiahordozók kitermelésének és felhasználásának optimális távlati struktúráját meghatározó koncepció, az ásványi nyersanyagok értékelésében szerepet játszó költséghatárnak a termelés reálköltségeivel való egybevetése, valamint a munkaerő- és az állóeszköz-ellátottsághoz igazodó esz-

MTA X. Osztályának Közleményei 7/3–4. 1974

mei nettó terméknek a tényleges nettó termékkel való egybevetése, a hatékonyság területi különbségének értékelése a fejlődés korábbi időszakában rendkívül figyelemreméltó, a gazdaságpolitikai elképzeléseket megalapozó eredménnyel járt. Ennek ellenére a megváltozott társadalmi-gazdasági követelmények miatt, másrészt a gyors ütemű műszaki-technológiai fejlődés, valamint a növekvő nemzetközi kapcsolatok következtében ezen vizsgálati eredmények korrekcióra szorulnak. Tudomásul kell vennünk, hogy a gazdasági integráció a társadalmi újratermelés körének bővülésével egyre összefüggőbb folyamattá válik, amelynek során permanens változások mennek végbe a munkamegosztás rendszerében és terjedelmében. A termelőerők fejlődésével a munkamegosztás mindinkább kiszélesül, a termelési folyamatok egyre inkább nemzetköziekké válnak. Ezért a szocialista integráció keretei között ismételten meg kellene vizsgálnunk az ásványvagyon feltárásának és hasznosításának jelenlegi és távlati lehetőségét a gazdasági növekedés szempontjából. Számításba kellene vennünk, a jelenleginél is nagyobb mértékben a gazdasági-műszaki fejlődés multiplikátor hatását és különösen a termelési kooperációk, valamint a szakosítás nemzetközi lehetőségét.

Az elmondottakból következik, hogy az ásványvagyon feltárásának, kitermelésének és hasznosításának gazdaságossága folyamatos értékelő munkát kíván meg.

BEVEZETŐ HOMORÓDI LAJOS AKAD. LEV. TAG SZÉKFOGLALÓJÁHOZ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

A korszerű földtudományok tárgykörében, módszereiben és szemléletében rendszeresen össze kell kapcsolni igen széles tér- és időbeli paraméterekkel jellemzett elemeket. Amikor például a legbonyolultabb bolygó sajátságainak, alakulásának évmilliárdokra visszamenő feltárása, vagy 40 000 km-es kerületén évi néhány cm-es elmozdulás meghatározása van soron, nem lehet nélkülözni a nagy tér- és időbeli távolságokra kiterjedő különleges pontosság követelményének egyesítését a komplex földi dinamizmus jellemzésére alkalmas elvonatkoztatással, az antropomorf látásmódtól mindinkább különböző szemlélet kifejlesztésével. A földtudományok együttesében így a mikro-, makro- és megaelemek kapcsolata érvényesül. A megoldás első példáit a természettudományok, egyben a mérnöki-műszaki tudományok egyik legrégebbike, a geodézia adta, megalapozva a természettudomány döntő módszerét, a tudományos mérést, másrészt a kicsiből az igen nagy meghatározását.

Azt a kérdést, hogy mi teszi ma a geodétát régi nagy tudományának korszerű, eredményes, kiváló művelőjévé, most akadémiai levelező tagsági székfoglalója alkalmából Homoródi Lajos személyén keresztül vizsgálhatjuk.

Homoródi Lajos ifjúkori indításként számára mondhatni sorsdöntővé vált irányelvül kapta, hogy „ahova a sors állítja az embert, ott minden erejével, másfelé tekintgetés nélkül kell helytállni". Kiváló szakmai tanulmányi eredményei alapján geodéta lett, így a távolságok és szögek nagy szabatosságú mérését akár a legnehezebb időjárási viszonyok közt is végeznie kellett, majd a mérési eredményeket feldolgozni, a számítás menetét megállapítani és részletesen kidolgozni. Az ifjúkori indítás szellemében mindezt teljes erejével végezte, amióta szakmai pályafutását Budapest új felmérésében való részvétellel 1934-ben megkezdte. Munkájának minősége alapján néhány év múlva már az országos felmérés háromszögelési munkálataiban vehetett részt. Amikor pedig a II. világháború pusztításai után e munkálatokat újra kellett kezdeni, Homoródi Lajos e munkálatoknak — az országos hálózat kialakításának — nemcsak gyakorlati irányítója lett, de annak elvi kidolgozásában is jelentős részt valósított meg a mérési és számítási módszerek kialakításával. A már sokoldalú gyakorlati és elméleti munka mellett mind több szervezési feladat is hárult rá, különösen amikor a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat igazgatójaként működött.

A geodéziát és fotogrammetriát ekkor már évek óta a kutató tudós szemlélete alapján végezte. A tudományos kutatásban a geodéziai mérés alapproblémájának, a pontosságnak és szabatosságnak vizsgálatából indult el. Később oly kényes és fontos kérdéseket, mint a mérési alapvonalaknak az ellipszoidra való redukálása, a hibaellipszis, a ponthibák problémája, ugyancsak magas szinten és kezdeményezően vizsgálta.

Kutatásai az elsőrendű háromszögelés egyes munkafázisaira, a pontosság és gazdaságosság szempontjaira is kiterjedtek.

Újabban a mesterséges holdak által készített fényképek fotogrammetriai kiértékelését, továbbá a földkéreg mozgásainak vizsgálatát is bevonta alkotói működése körébe.

Nagy gyakorlata alapján felmérte a geodézia helyzetét és fejlődési irányát. Vizsgálta a fotogrammetria feladatait, a településfejlesztés és a környezetvédelem szempontjából is.

Talán legfontosabb műve az 1966-ban megjelent 600 oldalas „Felsőgeodézia"-ja, ez az egyetlen olyan magyar könyv, amely a felsőgeodézia különféle problémaköreire kiterjedő anyagát egységben tárgyalja és a magyar viszonyokat is kritikailag tekintetbe veszi.

Korán bekapcsolódott tudományának magas szintű egyetemi oktatásába is mint előadó, 1962 óta pedig mint tanszékvezető egyetemi tanár. Időközönként rektorhelyettes és dékánként vállalta az egyetemi vezetési feladatokat is.

A hallgatók nevelésében és oktatásában, munkatársai továbbfejlesztésében elért eredményeit „Az oktatás kiváló dolgozója", egyéb eredményeit más magas állami és társadalmi kitüntetések fémjelzik. Szakmai érdemeit a lengyel, majd a jugoszláv Geodéziai Szövetség tiszteleti tagságával is elismerte.

Értékesen segítette a geodéziai tudományok terjesztését a hazai és külföldi szakkörök előtt. A tudományos közösségi életben és a tudományszervezésben mint a Geodéziai és Kartográfiai Egyesület elnöke, az akadémiai Geodéziai Bizottság tagja, majd alelnöke, a METESZ elnökségi tagja, a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió magyar nemzeti bizottságának tagja és szakfolyóiratok szerkesztő bizottsági tagja is részt vesz.

Mindez mutatja Homoródi Lajos érzékét az aktuális kérdések és tudományának legkorszerűbb problematikája iránt. Az értékes eredmények elérésében esetében is — a magas fokú értelmi adottságok mellett — a céltudatos, lelkiismeretes munkára való koncentrálás, a legjobb megoldások elmélyült vizsgálata és a gyakorlati hasznosíthatóság állandó keresése, egyben széles körű segíteni akarás mutatkoznak kiemelendő tényezőkként.

Amikor most felkérem Homoródi Lajos akadémiai tagtársunkat, hogy „A földi és légi háromszögelés" c. székfoglaló előadását megtartsa, biztos vagyok benne, hogy ez az előadás is segítségül lesz annak megvilágításában, hogyan újul meg ma egy régi tudomány az avatott művelő kezében.

A FÖLDI ÉS A LÉGI HÁROMSZÖGELÉS

HOMORÓDI LAJOS
AKAD. LEV. TAG

Mérnöki működésem hosszabb időszakában geodéziai feladatokon munkálkodtam, s a sors akarata csak alig több mint egy évtizede szólított át a fotogrammetria területére. Így érthető, hogy olyan témakört kerestem székfoglalóm számára, amely mintegy hidat képez e két, bár egymással szoros kapcsolatban álló és egyre jobban összefonódó, a földmérőket mégis a geodéták és a fotogrammétérek sokszor szemben álló táborára osztályozó szakágazat között, s amely téma hosszabb-rövidebb ideig, vissza-visszatérően avagy folyamatosan engem is foglalkoztatott, s amelynek hazai alakulásában itt-ott részem is volt. Így esett a választás a címben jelzett kétarcú feladatkörre. Ami a kétarcúságot illeti: ma a háromszögelés kilépett már a légkör birodalmából is, színtere már nemcsak a Föld szilárd felszíne, vagy az ezt övező légkör, hanem a világűr is és a szakma élenjárói háromszögelési pontjaikat a Holdon választják, műszereik pedig a mesterséges holdakról irányozzák földi vagy holdbéli pontjaikat. A fogalomnak ez a földön túlra nyúló kiterebélyesedése azonban még nem kapcsolódik azokhoz a gyakorlati célú feladatokhoz, amelyeknek részese voltam. Így szűkítem a témakört. Egyébként is a háromszögelés címszó mögé olyan ismerettömeg sorakoztatható föl, hogy nyilvánvalóan csupán egyetlen szempontra lehet szorítkozni egy előadás keretében. Azt szeretném bemutatni, milyen újszerű elemek léptek fel, amelyek mind a felsőbbrendű háromszögelések felépítésének rendszerében, mind az alappontok hálózatát a felmérések igényeinek megfelelően sűrítő hálózatok kialakításában alapvető változásokat idéztek elő az alatt az emberöltőnyi idő alatt, amíg kapcsolatban voltam velük.

Az átalakulás, amelyről szó van, nem fejeződött be, az új lassan szorítja ki minden vonatkozásban a régit, sajátos viszonyaink közepette ez az idő még kelleténél jobban meg is hosszabbodik, de a ható tényezők már ma is jelen vannak és alakítják módszereinket. Tulajdonképpen három olyan tényező van, amelyet döntőnek lehet tekinteni. A fizikai távmérők megjelenése, a számítási technika fejlődése és a fotogrammetriai módszerek gyors tökéletesedése. Járulékosan lehetne említeni a modern matematikai apparátus behatolását a geo-

déziába és a Föld nehézségi erőterére vonatkozó ismeretek kibővülését is, de az alapvető változások kibontakozásában csak az első háromnak van egymással összefonódó, egymás hatását kölcsönösen befolyásoló és erősítő szerepe. A felsorolt sorrendben szeretném méltatni őket.

Ismeretes, hogy az országos elsőrendű háromszögelés felépítésének elve a SNELLIUS-szal kezdődő több mint háromszáz év alatt alig változott. Ezt az elvet a hosszmérés hátrányos helyzete a szögméréssel szemben szabta meg és abban nyilvánult meg, hogy elkülönült a tulajdonképpeni hálózaton belül a sokszor valóban igen rövid alapvonal és az ezt felnagyító alapvonalfejlesztő hálózat.

A hosszméréseket érintő első nagyjelentőségűnek mondható változás JÄDERIN nevéhez fűződik, de a drótmérés bevezetése is csak annyit jelentett, hogy több és hosszabb alapvonalat lehetett mérni egy-egy országos hálózatban pontosabban és gyorsabban, mint korábban. Talán leglényegesebb az volt — amit elég kevesen méltányoltak —, hogy ezzel a módszerrel lehetővé vált a hosszmérés megbízhatóságának jobb megítélése is. A fejlődésnek ez a mozzanata indított minket arra új hálózatunk számításának megtervezésekor, hogy — ha nem tévedek másodiknak, de egyben utolsónak is a modern hálózatok sorában — alapvonalaink mérési eredményét a kiegyenlítésbe bekapcsolva mint hibával terhelt mennyiséget kezeljük és a fejlesztett oldalakhoz javítási értékeket rendeljünk. A hosszmérés további fejlődése ugyanis hamarosan oda vezetett, hogy megbízhatósága túlszárnyalta a szögmérését, így vitathatatlanul indokolttá vált a korábbi megoldás visszaállítása, a hosszmérések eredményeinek változatlan kényszerként való kezelése.

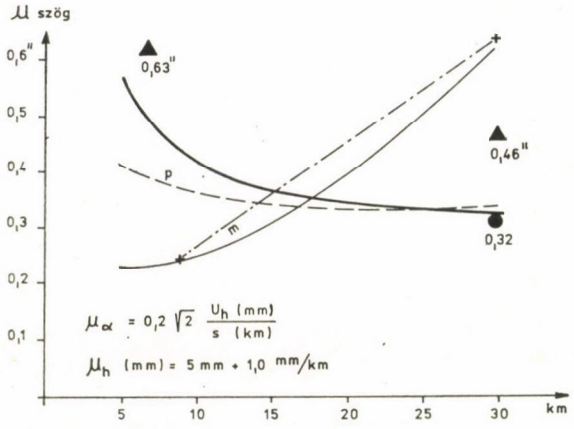
A hosszmérés hátrányos helyzetét megszüntető e második és már forradalminak mondható változást a fizikai távmérők megjelenése jelentette, és a forradalmi jelző méltán megilleti, mert ezek változtatták meg az országos háromszögelés SNELLIUS óta fennálló rendszerét, lehetővé téve az alapvonalfejlesztő hálózat kikapcsolását, azaz egy-egy háromszögoldal közvetlen megmérését, mégpedig olyan kb. 1/1 000 000 relatív pontossággal, amely korábban legfeljebb csak rövid alapvonalakon volt biztosítható és amely — és ez a fontosabb — legalább kétszerese a szögmérésekben elérhető pontosságnak.

Ám ez csak egyik oldala a fejlődésnek. A pontosság megnövekedésének hatása lényegesen messzebb gyűrűzik. Létrejön a szögméréses háromszögelés mellett a hosszhálózatos háromszögelés, a trilateráció, s az elektronikus hosszmérő berendezések először csillantják fel a régóta feszegetett probléma megoldásának reményét: a kontinensek hálózatának interkontinentális egységekbe való integrálását, amelyet — mint tudjuk — a rohamos fejlődés végül is a mesterséges holdak közvetítésével oldott meg. Ma már mondhatjuk így: múlt időben. Országos méretekre visszatérve az a kérdés vetődik fel, vajon az országos vízszintes alappontok hálózatának létrehozásában nem fogja-e felváltani a triangulációt a trilateráció.

A kétségtelenül jogos kérdést vizsgáljuk először az elérhető pontosság oldaláról. Könnyen levezethető, hogy ideális, azaz egyenlő oldalú háromszögben μ_h hosszmérési középhiba és s oldalhossz mellett a szögek középhibája egyformán

$$\mu_\alpha'' = 0{,}2\sqrt{2}\,\frac{\mu_h\,(\mathrm{mm})}{s\,(\mathrm{km})}$$

lesz. S mivel a fizikai távmérők hosszmérési középhibája egy a mért távolsággal arányos és egy állandó tagból tevődik össze, azonnal láthatjuk, hogy elméletileg a távolság növekedésével a szögközéphiba fogy. Feltételezve a hosszmé-



1. ábra

résre az egyik legkorszerűbb geodiméter típust a 6 BL jelűt, amelynek hatótávolsága nappal is eléri a 25 km-t, s amelynek hosszmérési középhibáját a

$$\mu_h\,(\mathrm{mm}) = 5\ \mathrm{mm} + 1{,}0^{mm}/\mathrm{km}$$

fejezi ki, az 1. ábrán vastagabb vonallal feltüntettük a mért távolság függvényében a hosszakból levezetett szögközéphiba értékét. Összehasonlításul két vékonyabb teljes, illetve szakadozott vonallal rajzolt görbe szolgál. Mindkettőt Göhler alapos tanulmányából vettük, amelyben a Hazay—Regőczi-féle háromszögelésünk kérdését vizsgálta. Mindkettő a teodolittal végzett szögmérés középhibájának változását mutatja az irányhossz függvényében. Az egyik a magyarországi, a másik görbe a poroszországi felsőrendű szögmérések alapján készült. Végül az eredményvonal azt a hasonló összefüggést jelzi, amelyre Regőczi a Hazay-féle elgondolásnak a kitöltő hálózatunkra alkalmazásakor

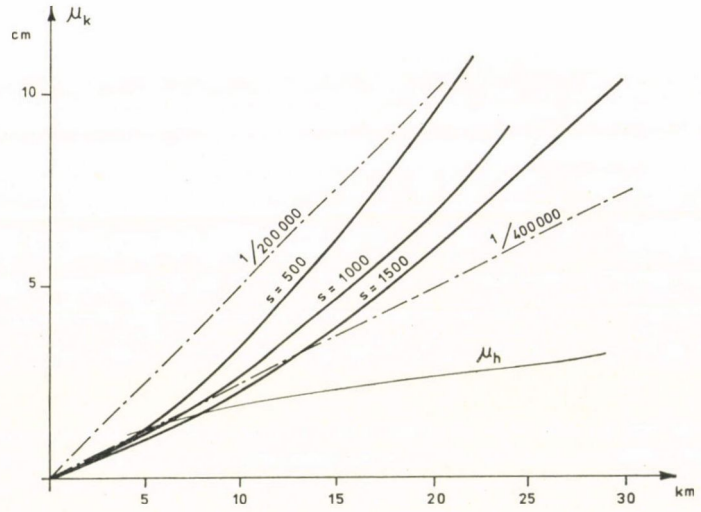
hivatkozott. Érdekessége az ábrának, hogy a különböző görbék 15—20 km körül metsződnek, tehát ez az az oldalhossz, amelynél a hosszméréses háromszögelés pontossága eléri a szögmérést. Igaz, az összehasonlítás így nem egészen reális, mivel a hosszmérésből származó érték elméleti levezetésből, a többi tényleges mérésből származik. Ám az ábra két háromszöggel jelzi azokat a hálózatunkból levezetett valódi szögközéphibákat is, amelyeket a rövid oldalú (REGŐCZI—HAZAY-féle) háromszögelésből, illetve a 30 km-es oldalhosszúságú háromszögekből álló láncolatainkból nyertünk. Ezek megnyugtathatnak afelől, hogyha a hosszmérésből levezetett szögek középhibája a terepviszonyok között növekszik is, még mindig egyenértékű maradhat a szögmérések valódi megbízhatóságát jellemző középhibákkal. Ezzel kapcsolatban fel kell hívnom a figyelmet az ábra jobb oldalán látható fekete körre. Ez a HAZAY—REGŐCZI módszerrel kialakított fiktív háromszögek FERRERO középhibáját jelzi. Az ami ebben lényeges az az, hogy bár a kisháromszögek FERRERO középhibája meghaladta a 0,6"-t, a levezetetteké alig haladja meg a 0,3 "-t. Az együttes kezelés tehát ilyen mérvű javulást eredményez és hasonló jelenség feltételezhető a hosszméréses hálózatban is.

Az minden esetre leszögezhető, hogy sem a szokásos méretű oldalakból álló elsőrendű háromszögelésben, sem a további pontsűrítésekben nem a műszer adta pontosságon múlik, hogy hosszméréses, vagy szögméréses eljárásra kerül sor. Ezt inkább a műszerezettség dönti el. A nagy hatótávolságú készülékek nehezebben kezelhetők, a sokoldalúbban használható műszereknek viszont a hatótávolsága ma legalábbis kisebb. Így úgy látszik, az oldalhosszak rövidülése felé kell haladnunk. Az is felmerül, hogy rövidebb irányok méréséhez szögmérés esetén nem kell külön pontjel, hosszméréskor azonban legalábbis reflektáló prizmarendszer helyezendő minden megirányzandó pontra és ott őrizni kell. Így a felszerelés magasabb költsége és kiszolgálásának nagyobb bérköltsége a gazdaságosság oldaláról dönti el a trilateráció helyét.

Felmerül a hosszméréses hálózat számításának kérdése is. Erről elég annyit mondani — hiszen a számítás kérdésére még úgyis visszatérek — , hogy összefüggő hosszméréses hálózat kiegyenlítésére csakis a koordináta-módszer jöhet szóba, ami rendkívül egyszerű felépítésű és jól gépesíthető javítási egyenleteket kíván. Felmerülhet, hogy az előzetes koordináták előállítása érdekében megelőzően bele kell bonyolódni a háromszögek szögeinek az oldalhosszakból való elég nehézkes számításába. Erről szó sincs. Könnyen bebizonyítható, hogy egészen durván közelítő, akár kis méretarányú vázlatról lemért előzetes koordinátákból indulva, a közvetítő egyenletekből felépített egyenletrendszerből egy-két jól automatizálható iterációval akár milliméterre éles koordinátákat lehet kapni.

Úgy vélem, azonban hogy a hosszmérés előretörése nem is csupán a trianguláció és a trilateráció versengését hozza magával, hanem a pontsűrítés másik klasszikus módszerét, a sokszögelést is egyre jelentősebb szerephez

juttatja. Itt most nem arra gondolok, hogy az alsóbbrendű pontsűrítésekben nő meg a szerepe, hiszen az közismert, hogy negyedrendű háromszögeléseink helyett vagy mellett a távméréses sokszögvonalakból felépített hálózat már ma is előkelő helyet foglal el. Inkább úgy merül fel a kérdés, hogy a klasszikus osztályozás szerinti első-, másod-, harmadrendű háromszögelési hálózatból mi marad meg esetleg kizárólagosan vagy részlegesen trilaterációs alapon és milyen hálózatszerkezet, sűrűség után válik kizárólagossá a sokszögelés, természetesen hosszú sokszögoldalakkal. Hiszen a hosszú oldalú sokszögvonalaknak önmagukban sem rossz a hibaterjedésük, ami hálózatos felépítésben nyilván még javul is.



2. ábra

A 2. ábra 500, 1000, és 1500 m hosszú oldalakból felépített sokszögvonal középső pontjának keresztirányú koordináta-középhibáját mutatja, 2"-es szögmérés középhiba mellett. A két eredményvonallal rajzolt egyenes a vonal félhosszához viszonyított kereszthiba értékét mutatja 1/200 000, illetve 1/400 000 relatív érték felvétele esetén. Látható, hogy az aránylag rövid — 500 m-es oldalhosszakból, tehát sok töréspontból álló vonalakat nem tekintve — kb. 12 km vonalhosszig még az igen kedvező 1/400 000 érték is tartható. Igaz, itt csak a keresztirányú hibáról volt szó, de hogy a ponthiba nem lehet lényegesen nagyobb, annak igazolására az ábra alján 1000 m-es oldalhosszak mellett a hosszirányú középhibák görbéjét is feltüntettük (a hosszmérést 12 mm/km középhibával jellemezve). Azt, hogy ez nem csupán elméleti megállapítás, nem kell bizonyítanom. Lapunk, a Geodézia és Kartográfia legutóbbi számában megtette ezt két igen tisztelt kartársam. Gyakorlati

eredményekre támaszkodva meg is előztek előbbi állításomat illetően. Mindenesetre ebből levonható az a következtetés, hogy az alappontok 10—15 km-es sűrűségén belül a további pontsűrítés háromszögelés helyett sokszögeléssel is végezhető, kihasználva ezzel — különösen 1000 m-nél nem hosszabb oldalak esetén — a sokszögelés nyújtotta gyakorlati előnyöket.

A nagy számítógépek megjelenése több irányban késztetett a klasszikus rendszer felülvizsgálatára.

Az első és leginkább kézenfekvő volt, hogy még a mi országunknál nagyobb kiterjedésű hálózatok két lépcsőben való felépítése, ti. koszorú rendszerekből és az ezeket kitöltő hálózatokból való kialakításuk feleslegessé vált, mert a homogén hálózatok több száz ismeretlenes normálegyenlet-rendszereinek megoldása is lehetségessé lett. Ezzel kb. egyidőben előtérbe lépett a hagyományos korreláta-kiegyenlítéssel szemben a koordináta-kiegyenlítés, mivel a nagy számítógépek számára közömbös a normálegyenletek számának legalábbis másfélszeresére növekedése, viszont egyöntetűbb az alapot képező javítási egyenletek alakja. Sokan a koordináta-kiegyenlítés előtérbe kerülését azért is méltatják, mert így csekély többletmunkával előállíthatók a pontok hibaellipszisei és ezzel a hálózat belső összhangjáról jobb tájékoztatást lehet kapni. Úgy érzem, ezt az előnyt sokan túlbecsülik, illetve a hibaellipsziseket és relatív változásaikat túlértékelik. Az ezzel kapcsolatos kérdésekre még visszatérek.

A hálózat kiegyenlítésekor fellépő ismeretlenek számának megnövekedésében rejlő nagy nehézségek lényegesen csökkenvén, felvetették azt a lehetőséget is, hogy az egymást követő rendű hálózatok egymás után történő számítása és ezzel a magasabb rendű pontokban rejlő ellentmondásoknak az alsóbbrendűekre kényszerítése helyett, megfelelő súlyozással a teljes első-, másod- és harmadrendű hálózatot egy egészben lenne célszerű kiegyenlíteni. Mivel a gyakorlati használatbavétel szempontjával ellenkeznék ez a megoldás, nem érdemes részletesebben foglalkozni vele, márcsak azért sem, mert a következő gondolat, amely ugyancsak a számítási technika fejlődésének köszönheti kiteljesedését, több figyelmet érdemel.

Ismeretes, hogy kitöltő hálózatunk munkálataiban Regőczi javaslatára Hazaynak a kontinentális hálózatokra kidolgozott módszerét valósítottuk meg. Ez akkor még számítási nehézségek megkerülését is igényelte, ma azonban már nem lenne akadály a háromszögek számának megsokszorozódása a láncolat-koszorúkon belül. S bár még pár évvel ezelőtt is vitába kellett szállnunk a módszer egyes kétkedőivel, 1970-ben az egyik tekintélyes német szaklapban egyenesen úgy fogalmazták meg a kérdést, hogy a háromszögelés terén — úgy látszik — a jövő útja a nagyból a kicsi felé haladás hagyományos elvének megfordítása, és a kicsiből kell a nagy felé haladni. Hogy ez megvalósítható, még pedig olyan fáradságos kerülő út nélkül, mint amire mi annak idején kényszerültünk, azt a modern számítógépek biztosítják, de azt, hogy az elv általános elismerésre talált, az viszont a bevezetőmben másodrangúnak

nevezett tényezőnek, a korszerű matematikai módszereknek, különösképpen a hibaelmélet korszerű fejlődésének köszönhetjük. S ha egyszer igaz, hogy helyes a kicsiből a nagy felé haladás elve, akkor nem okozhat problémát a hosszméréses hálózat nagyobb mérvű elterjedésében az, hogy a sokoldalúan használható távmérők hatótávolsága korlátozott, hiszen nem is kell erőltetni a 30 km oldalhosszúságú háromszögekből felépülő keretet, rendszerünket felépíthetjük akár a HAZAY—REGŐCZI-féle kis háromszögeknek megfelelően 7 km-es távolságokból is. Az előbb említett cikk végkövetkeztetésével szemben tehát tovább is mehetünk: nem is kell 30 km oldalhosszúságú trilaterációs hálózatra gondolni, lényegesen belül maradhatunk ezen a határon.

Amikor örömmel kell megállapítani, hogy a korszerű elméleti vizsgálatok igazolták háromszögelésünknek az 50-es években kiépített rendszerét, nem tudom elhallgatni érzésemet, hogy az utóbbi időben a kapcsolatos matematizálás talán kelleténél nagyobb teret kapott, s bár megnyugtató, hogy igazolhatóvá váltak korábbi, csupán intuíción alapuló megállapítások, az elméleti vizsgálatok gyakorlati haszna sokszor nagyon kétséges. Sokan foglalkoznak optimalizálási kérdésekkel. Engem ezek azokra az erőfeszítésekre emlékeztetnek, amelyekkel mintegy ötven évvel ezelőtt az alapvonalfejlesztések legkedvezőbb súlyelosztását kívánták konkrét esetre meghatározni. Mi is kísérleteztünk vele, de egyetlen alapvonalfejlesztő hálózatban próbáltuk csak ki, hogy aztán elvessük, mert abszurdumokra vezetett. A legkedvezőbb súlyelosztás az alapvonalfejlesztésben ugyanúgy, mint sok mai optimalizálási vizsgálat, elfelejt egy lényeges körülményt. Azt, hogy egy nagy kiterjedésű hálózat nemcsak geometriai, hanem fizikai kategóriai is. Egy hálózatmérésben elérhető pontosságot és az egész munkálat gazdaságosságát sok esetben döntőbb módon befolyásolja az, hogy a mérés földközi légrétegben történik, a mért irányok elkerülhetetlenül közel haladnak a terephez, amelynek változó fedettsége gyakorlatilag megfoghatatlan befolyással van a fénysugár útjára s ezzel a megirányzott pont mérhetőségére. S ami még rosszabb, ez a hatás időben előre nem látható módon változik. Más száraz időben és más eső után, más napfényben és más borult időben. A geodéziai meteorológia jelentős eredményeket ért el a közelmúltban, de a fizikai-morfológiai adottságok sztochasztikus jelenlétét optimalizálásra alkalmas formában aligha lehet kifejezni nagykiterjedésű hálózat számára.* A geodéziai meteorológiának nagy jelentőségét nem akarom ezzel kétségbe vonni, számos és a gyakorlatban nagyon fontos olyan feladat van — a háromszögelés terén is — amelyekben az idevágó vizsgálatok eredményei jól gyümölcsöztethetők. Ezek azonban elsősorban az úgynevezett ipari geodézia területére esnek.

* Az elméleti fejtegetéseknek ez az irodalomban gyakran szereplő témája, valahogy a negyven év előtti szintváltozási diagramokat juttatja eszünkbe. Akkor hibaábrákból fizikai (geofizikai) jelenséget véltek kiolvasni, ma gyakran fordítva, a hibaábrák (hibaellipszisek) segítenek szem elől téveszteni a fizikai környezeti hatásokat.

Míg a fizika távmérők és a számítógépek inkább a felsőrendű háromszögelések terén vetettek fel új lehetőségeket, addig a technikai fejlődés harmadik említett jelentős eredménye, a fotogrammetriai eljárások rohamos tökéletesedése, az alsóbbrendű pontsűrítéseket illetően késztetnek a régiek felülvizsgálatára és új rendszer kiépítésére.

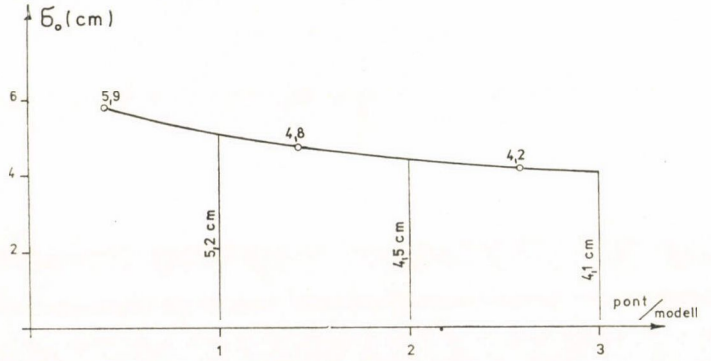
A fotogrammetriai eljárások rohamos tökéletesedését mutatja, hogy kb. 15 évvel ezelőtt még azt is vitatták a legilletékesebb nemzetközi fórumon is, hogy vajon a fotogrammetria alkalmas-e nagyobb méretarányú felmérésekre is. Ma már — igaz határainkon túl — elintézettnek veszik a kérdést, hogy a nagy méretarányú felmérések számára a pontsűrítést is fotogrammetriai módszerrel, a térbeli légi háromszögeléssel kell végrehajtani.

Sem az idő, sem a hely nem alkalmas arra, hogy fotogrammetriai enciklopédiát közöljek, ezért fogadjanak el tőlem néhány tényt. Sajnos nem hazai adatokat használok, fotogrammétereink előtt ismeretes, hogy számos objektív körülmény — amelyeknek taglalása nem tartozik ide — ma még akadályozza nálunk az egyébként elérhető pontosság biztosítását. Mindez azonban nem ok arra, hogy az említendő pontossági adatokat utópisztikusaknak minősítsük.

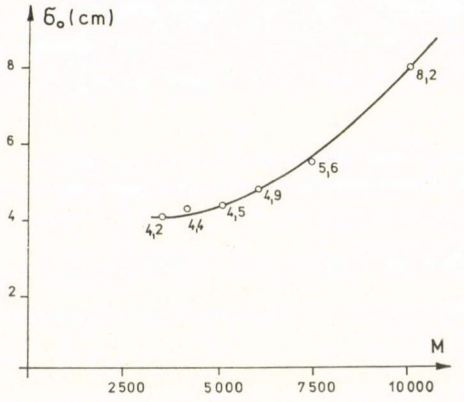
Ezek az adatok egy terjedelmes összeállításból erednek. Csupa tagosítással vagy kataszteri felméréssel kapcsolatos pontsűrítésről van szó, szám szerint 23 munkálat átlagairól. A légiháromszögelés kiegyenlítése tömbönként történt, egy-egy tömben mintegy 2000 új pontot határoztak meg átlagosan, 34 földi meghatározású illesztőpontra támaszkodva. A kiegyenlítéssel meghatározott egységsúlyú középhiba $\pm$ 5,1 cm volt, ami figyelembe véve a képek átlagos 1 : 5000 méretarányát, a kép síkjára számítva $\pm$ 0,010 mm középhibának felel meg. Ezt azért érdemes megjegyezni, mert nem valami elméleti úton levezetett a priori érték, hanem tényleges gyakorlati felmérési munkából ered, így a következőkben említendő adatok reális voltát alátámaszthatja. Érdekességként — de a gazdaságosság kérdésének mérlegelése céljából is — még egy adat: egy átlagos méretű tömb kiegyenlítésének gépi időszükséglete nem érte el a 2 percet. Pedig közel 1000 ismeretlenes egyenletrendszerekről volt szó, s ezek — mint említettem — átlagosan 2000 új pont koordinátának levezetését tették lehetővé.

Abból az adatsorból, amely a felsorolt átlagokra vezetett, két fontos következtetés vonható le. A 3. ábra jól jelzi, hogy az illesztőpontok számának növelése csak igen kis mértékben csökkenti a középhibát, a 4. ábra viszont azt mutatja, hogy a felvételek méretarányának csökkenésével a középhiba elég gyorsan növekedik. Ez az utóbbi megállapítás várható is, az előbbi eléggé meglepő. Azzal az igen lényeges felismeréssel függ össze, hogy az illesztőpontoknak az az elrendezése az optimális, amikor a tömb peremét rögzítik. A tömb belsejében levő illesztőpontok hatása csekély és csupán közvetlen környezetükre korlátozódik. Elméleti vizsgálatok szerint egy 6 sorból és soronként 12 modellből álló, nagyjából négyzet alakú tömben a maximális helyzeti hiba a

tömb közepén jelentkezik és értéke az egységsúlyú középhibának legfeljebb 1,1-szerese. Ez az előbb idézett példa adatai szerint alig haladja meg az 5,5 cm-t, a mintegy 30 km² kiterjedésű terület közepén. Mindenesetre ebben az esetben a tömb peremén 24 illesztőpont helyezkedik el, amelyek 900 méterenként követik egymást.



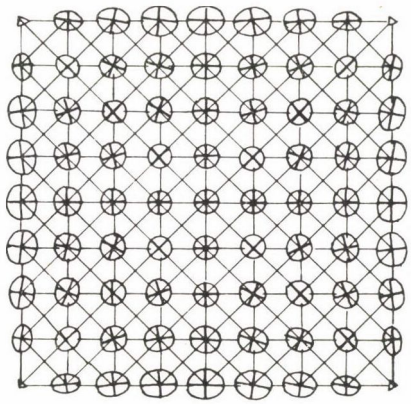
3. ábra



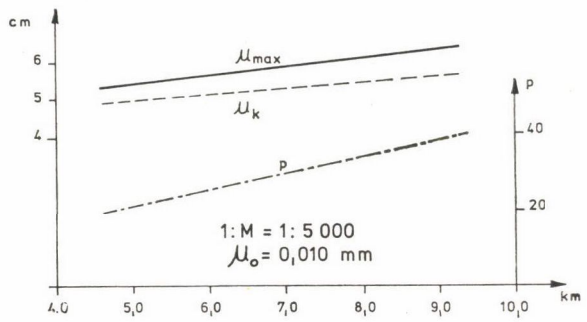
4. ábra

Az elméleti vizsgálatok azt is kimutatták, hogy az illesztőpontok ilyen megoszlása mellett a várható maximális hiba igen lassan változik a tömb belsejében. A koordináta középhiba nagyjából egyformán a súlyegység középhibájával egyenlő, azaz a hibaellipszisek körré fajultak s csak a szélek felé válnak valódi ellipszisekké. Az 5. ábra — bár más meghatározásra vonatkozik — jól jellemzi a tömbökben számított és kiegyenlített légi háromszögelés pontjainak hibaeloszlását. S mivel felmérési szempontból igen lényeges a pontok egymás közötti összhangja, amit a relatív hibaellipszis mér, nyilvánvaló, hogy a kép ebből a szempontból is igen kedvező. Bizonyára ezzel függ össze az

a régen felismert tény, hogy a fotogrammetriai úton meghatározott távolságok középhibája nem nagyobb, mint egy-egy pont helyzeti középhibája, s ez ellentétben a geodéziai úton mért távolságokkal, nem függ a távolság nagyságától. Mindezeket összevetve a különböző felmérési előírásokban szereplő hibahatárokkal, el kell fogadni, hogy a tömbkiegyenlítésből nyert fotogrammetriai alappontok még igényesebb részletmérések szempontjából is kielégítő pontosságú hálózatot alkotnak.



5. ábra



6. ábra

Természetesen felmerül az a kérdés, milyen nagy lehet egy légi háromszögelési tömb, hogy a kereteiben levezetett alappontok megbízhatósága megfelelő és az eljárás eléggé gazdaságos is legyen. Tájékoztatásul szolgál a 6. ábra. Megtartva az 1 : 5000 képméretarányt és a $\mu_0 = 0{,}010$ mm egységsúlyú középhibát, négyzet alakú tömben az oldalhossz függvényében látjuk itt a fellépő maximális és az átlagos helyzeti középhiba változását. A p vonal a jobb oldali tengely szerint a szükséges illesztőpontok számát jelzi. Látható, hogy 5—7 km oldalhosszúságú négyzetben a középhibák 5 cm körüli értékek. Tehát az előzők szerint akár sokszögpont sűrűségben helyezkednek el ezek a pontok, akár a

modell adta méretnek megfelelően távolságuk eléri a negyedrendű pontok egymás közötti távolságát is, relatív helyzetük ± 5 cm-re feltétlenül jó. Természetesen a képméretarány növelésével ez az érték csökkenthető lenne, ám ekkor a p vonal, a szükséges pontok száma, meredekebben emelkedik, s mivel a földi (geodéziai) mérések költsége jelentős, ismét gazdaságossági kérdéssel állunk szemben: meddig érdemes a pontosságra áldozni.

Áttekintve a műszaki fejlődésnek azokat az eredményeit, amelyek az alappontok hálózatának létesítésében követett hagyományos eljárások módosítását szorgalmazzák, azt kell megállapítani, hogy

— túlhaladottá válik a nagyból kicsi felé haladás elve s ennek megfelelően a nagyméretű háromszögeket akár szögmérésről, akár hosszmérésről van szó, a rövidebb, 15 km-nél semmi esetre sem hosszabb oldalú háromszögek rendszere válthatja fel;

— a további pontsűrítés módszere a sokszögelés lesz, s e vonatkozásban inkább az az új, hogy a sokszögvonalakkal négyzethálós rendszer kialakítása lesz a célszerű;

— a négyzethálózat egyszersmind a fotogrammetriai pontsűrítés tömbjeinek határait is kijelöli és egészen különleges célú felméréseket nem tekintve, a felmérést közvetlen szolgáló hálózat és természetesen maga a felmérés is teljes egészében ennek keretében oldódik meg.

Nyilvánvaló, hogy ez elgondolással szemben bizonyos aggodalmak nyilvánulhatnak meg a pontosságbeli lazulástól félve. Ezért hangsúlyozom, nem hazai pillanatnyi, de nyilván egyre javuló helyzetből kell kiindulni. Emellett még egy gondolat: a gazdaságosság kérdésére. Ennek keretében tartozó vizsgálatokhoz sorolnám annak felvetését is, hogy mind a nagyüzemi mezőgazdaság, mind a korszerű települések kialakítása szempontjából egyáltalán mi a pontosság ésszerű mértéke. És vajon a klasszikus pontsűrítés izoláltan meghatározott pontjainak mi volt a valódi pontossága. Valahogy át kell értékelnünk a korábban létesített pontmezők valódi pontosságáról alkotott nézeteinket is. Hiszen az a megállapítás is elhangzott már, hogy a fotogrammetriai pontsűrítés ma már alkalmas a geodéziai hálózat töréseinek kimutatására is. És erre már nálunk is számos példa akadt.

Új hálózatunk létesítésének első lépéseitől egy emberöltőnél rövidebb idő telt el. S íme számos mozzanat, sőt talán az egész koncepció is, amely akkor haladó volt, és megvalósításakor, részleteinek kidolgozásakor úgy véltük, hogy a geodéziai haladás élén állunk, ma már túlhaladottnak látszik. Úgy hiszem azonban, hogy ezt nem szabad nekünk közreműködőknek sem lehangolónak tekinteni. Hiszen azt jelzi, hogy szakterületünk sem merevedett meg, bár lehetőségeink korlátozottabbak, mint más szerencsés és gazdagabb nemzeteké, mégis felsorakoztunk a fejlődés vonalába — egyes területeken nem is rossz helyezéssel — 25 év előtti elgondolásaink mai avultságának látszata épp ennek bizonyítéka. Lehangoló az lenne, ha nem így volna.

BEVEZETŐ NEMECZ ERNŐ AKAD. LEV. TAG SZÉKFOGLALÓJÁHOZ

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR
AKADÉMIKUS

A Magyar Tudományos Akadémia 150 év előtt történt megalapítása után hosszú évtizedeken át nagymértékben és szerencsésen befolyásolta, fejlesztette a magyar szellemi mozgalmakat, a tudományt és a közéletet. Ezt a később elhalványuló hatását Akadémiánk a felszabadulás utáni újjáalakulása óta ismét mindinkább visszanyerte, most már hasonlíthatatlanul bonyolultabb fejlődési viszonyok közt, igen sokoldalúvá vált funkciók útján. Osztályaink, bizottságaink, kutatóintézeteink hálózata, folyóirataink, könyvkiadványaink, az akadémiai útmutatások fokozatosan központi rendező és fejlesztő hatásúakká válnak a hatalmasan kiszélesedett magyar tudományos életben. Gyakorlati és elvi célkitűzések töltik ki még a látszólagos formális megnyilvánulásait is. Az akadémiai székfoglalók például összegezik az új akadémikus eddigi kutatásainak fő eredményeit és továbbfejlesztésének lehetőségeit, az akadémiai működésükkel megnyíló új távlatokat. Feltárják eddigi működésük tanulságait, példamutatásait és azokat az irányokat, amelyekben személyükön keresztül rendszeres segítségre számíthatnak kutatók és kutatási szervezetek.

Nemecz Ernő lev. tag székfoglalója és a hozzá fűződő osztályelnöki bevezető színes, komplex és dinamikus egyéniséget jellemezhet. Tudományos és tudományszervezői arcképén legfeltűnőbb — méreteiben egyenesen meglepő — érdeklődési körének, kutatásai tárgyainak változatossága. Egyértelmű jele ez az intellektuális fogékonyságnak, szellemi vitalitásnak, friss, gyors és éles ítélőkészségnek. Az élet gyakorlatában is továbbfejlődött, magas szintre emelkedett adottságai tették lehetővé a tudomány igen különböző területein végzett kutatásaiban a lényeges felismerését, nagymélységű és azok döntő szempontokból való kezelését, módszertanilag is kifinomult feltárását. E szerencsés szellemi alkatnak csaknem szükségképpeni következménye a magasfokú természettudományi műveltség, a széles látókör és ugyanakkor a bonyolult folyamatok megoldására is alkalmas vezető egyéniség kialakulása.

Különös jelentősége van éppen ezeknek a sajátságoknak a földtudományok jelenlegi átalakulási időszakában, amikor az eddig egymástól csaknem függetlenül dolgozó különböző földtudományok meglepő új konkrét kapcsola-

tok kimutatásával hirtelen egymásra találtak és megismertetik az életnek és az emberi társadalomnak a kivételes földi sajátságok alapján kialakult folyton változó, de eddig lényegében kevéssé feltárt színhelyét. Ezért is választottuk meg Őt az Osztályon belül az egyik, gyakorlatilag legfontosabb, elméletileg legbonyolultabb témabizottságunknak, az „Ásványi Nyersanyagkutatási Bizottság"-nak vezetésére.

Kutatásait a földkéreg aktiválójának, a magmás működésnek egy szép hazai példája, a Karancs andezit tanulmányozásával kezdte és egy ércképződéses vonatkozású területen, Kapnikbányán folytatta.

Nemsokára feltárult előtte a finomszemcsés kőzetek ásványtanának sokrétű problémája, amelyet a fejlődő röntgentechnika segítségével mind pontosabban lehetett feltárni. Ez azután mondhatni sorsdöntővé vált további tudományos pályafutásában.

Az agyag- és általában a finomszemű ásványokból álló kőzetek vizsgálatához feltehetően mindinkább az a felismerés vezethette, hogy ezek az anyagok reakcióképességükkel mind a természeti, mind az ipari folyamatokban különleges szerepet játszanak. Ma már tudjuk, hogy az agyagok nemcsak a talajképződésben és az üledékes kőzetképződésben, de a kőolaj-genezis, sőt a globális nagy dinamizmus folyamataiban is döntő jelentőségűek.

NEMECZ ERNŐ az agyagásványok szerepét a gyakorlatban eleinte főleg a finomkerémiai nyersanyag vonatkozásában vizsgálta. E vizsgálatai során a Tokaji-hegység riolittufáiban a különböző agyagásványoknak és zeolitoknak tömeges jelenlétét, egyben ezek gyakorlati jelentőségét ismerte fel. Kimutatta a halloysitot, az alevarditot, a két rétegkomplexumú montmorillonitot s az utóbbi kettő felfedezésével az eddig elméletinek gondolt genetikai szerkezeti sort nagymértékben alátámasztotta. Felismerte a nátronbentonitokban a másik nagy illótartalmú ásványcsoportnak, a természetes zeolitoknak gyakorlatilag szintén igen fontos képviselőit, a klinoptiloitot, újabban a mordenitet. Az agyagásványok szabályos közberétegzettsége értelmezését az ún. elfogyási mechanizmus szerint továbbfejlesztette, nagy nemzetközi visszhangot aratva. A felfedezett agyagásvány- és zeolitlelőhelyeket kitűnő munkatársával VARJU GYULÁval együtt genetikai szempontból is rendszeresen tanulmányozta. Az agyagásványok problémáit kerámiai vonatkozásaikban, továbbá a talajképződésben, a különböző fáciesű üledékes kőzetekben, az olajtelepek képződésében és általában az emberi tevékenységgel való kapcsolataiban különkülön is megvilágította. Egyéb ásványfajták víztartalmát, ill. a mikrosúlyú termális veszteségei kérdéseit is új megvilágításba helyezte. Módszertanilag a röntgentechnikán kívül a kristályrács hibák és az ásványgenetika összefüggéseit termogravimetrikusan vizsgálta, másrészt súlyt helyezett az infravörös spektroszkópiának a szilikátásványok kutatásában való felhasználására.

Közben más témakörökre is futotta erejéből. Vizsgálta a bauxit vasásványait, a hazai mangánércek karbonátos ásványait, hazai szerpentinásvá-

nyokat, Dorogon felismerte az akkor még csak egyetlen lelőhelyről ismeretes ritka kalcium-magnézium-karbonát ásványt, a huntitot. Foglalkozott a Kola-foszfátok és más foszforitok vizsgálatával, a cink és mangánferritek, valamint a báriumferritek szerkezetével és azok ipari hasznosíthatóságával, az ammoniumnitrát modifikációinak a robbanékonyságban való szerepével. Részt vett a bauxitból nyert vörösiszap feldolgozása során végbemenő fázisátalakulások és a BAYER rendszerű gyártástechnológia ásványtani vonatkozásainak vizsgálatában. Kereste a bauxit minőségi javításának a lehetőségeit. Általában a korszerű témák jelentőségét, amelyet gyakran a véletlen adott kezébe, helyes mérlegeléssel felismerte és kidolgozta. E témáknak megfelelően szemléletében erősen uralkodik a fizikai-kémiai gondolkodásmód.

Ugyanakkor szívesen részt vett általános földtani kérdések kritikai vizsgálatában, pl. a magyar kezdeményezésű magmás kőzetrendszerezés, továbbá a vegyületpotenciál és a transzvaporizáció, valamint az ionok geokémiai helyettesíthetősége kérdéseinek továbbfejlesztésében.

A sok különféle téma nem vált benne összefüggéstelen mozaikká. Összetartotta azokat részben a finomszemcséjű rendszerek, a bauxitok, zeolitok és agyagásványok vizsgálatának kapcsa és egyetemi jegyzetei, könyvei kidolgozása során érvényesülő állandó törekvése a kérdések általános megvilágítására. „A szilikátkémiai nyersanyagok", az „Ásványtan", majd az „Ásványtani praktikum" c. könyvben való együttműködés, a „Mérnöki zsebkönyv, Kémiai alapismeretek" c. fejezete, „Az agyagásványok képződési folyamatai" és végül „Agyagásvány" c. hatalmas könyve jeles termékei ennek az igen széles általános irányú vizsgálódásnak.

Tudományos munkái meghozták a bel- és külföldi elismeréseket és a fontos, de nem kis terhet jelentő megbízatásokat: egyetemi katedrát, kandidátusi, majd doktori fokozatot, az MTA Geokémiai Bizottság tagságát, a Tudományos Minősítő Bizottság-i tagságot, a veszprémi akadémiai bizottság elnökhelyettesi tisztséget, a Nemzetközi Agyagásvány és a Nemzetközi Ásványtani Asszociáció Újásványok és Nomenklatúra Bizottság vezetőségi tagságát, a Magyarhoni Földtani Társulat két cikluson keresztül betöltött elnökségét, a Társulat Agyagásványtani Szakosztályának, továbbá az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság Ásványhasznosítási Munkabizottságának és a Budapesten megindult nemzetközi geológiai korrelációs program ülésszakának elnöki tisztségét, nemzetközi elismerő emlékérmeket, az oktatás, ill. felsőoktatás kiváló dolgozója és más kormánykitüntetéseket, és végül az akadémiai tagságot.

TERMÉSZETES SZILÁRD FÁZISOK

NEMECZ ERNŐ
AKAD. LEV. TAG

Manapság az alaptudományok szinte beláthatatlanul gyors fejlődése közepette egyre gyakrabban válik szükségessé korábbi tudományos fogalmak, rendszerek revíziója, az ismeretek komplexebb — ha úgy tetszik fejlettebb — szintjének nézőpontjából. Ilyen értelemben érződik egy idő óta a mineralógia mint tudomány átértékelésének időszerűsége is, amelynek központjában az ásvány fogalmának modern értelmezése áll. A korábbi meghatározások, főleg e természeti tárgyak homogenitását illetően, idealisztikusan absztraktnak bizonyulnak, holott a kristályfizika és kristálykémia mai vizsgálati módszerei egyre inkább elébünk tárják azokat a — bár finom, de kétségtelenül meglevő — eltéréseket, amelyek az ideális ásványt mint fizikai-kémiai fázist, a konkrét ásványtól vagy hasonló mesterséges vegyülettől megkülönböztetik. A jelenlegi ásványtani kutatásban lépten nyomon kitűnik, hogy az ideális definíciónak megfelelő ásványfogalom, a konkrét természetes szilárd fázisokra szigorú értelemben nem alkalmazható, mert a mai vizsgálati módszerek teljesítőképessége sok esetben meghaladja azt a szintet, amelynél két individuális fázis még minden tekintetben azonosnak, vagyis — az ideális definíció szerinti — azonos ásványfajtának tűnik fel. Ezért kell az ásvány újabb meghatározásának igényét előtérbe állítani, s ez mindenekelőtt a szilárd fázisra vonatkozó modern ismereteinken fordul meg. Innét van az is, hogy értekezésem címében az „*ásvány*" helyett a „*természetes szilárd fázis*" megjelölést találtam megfelelőbbnek a témakör jelzésére, ami önmagában is előrevetíti a problémáknak azt a körét, amelyet részletesebben kell kifejtenem, hogy a mineralógia mai helyzetét és jelentőségét a tudományok rendszerében megértsük, s e megértésből a további fejlődés lehetőségét megvilágíthassuk.

Bár az út, amelyet a mineralógia mint önálló tudományág mondjuk AGRICOLÁTÓL számítható megjelenésétől napjainkig megtett, tudománytörténeti szempontból sem érdektelen és jellegzetes fordulatokban bővelkedő, mégsem tartjuk feladatunknak a fejlődés menetének akárcsak vázlatos megrajzolását sem. Annyit azonban a kérdés keretbefoglalása céljából érdemes feleleveníteni, hogy a mineralógia a földtudományok legegzaktabb része volt és a fejlődés

kb. első világháborúig terjedő szakaszában nemcsak a földtudományok körében vitt vezető szerepet, de más tudományok részéről is nagy figyelmet kapott. A szerény XVIII. sz.-beli hazai természettudományi események körében feltűnő, hogy BENKŐ FERENC már 1784-ben magyar nyelvű könyvet jelentet meg (*„A kövek és értzek tudománya"* címen), s ebben az ásványok kémiai összetételét és előfordulásmódját, valamint hasznosítását figyelemre méltó hozzáértéssel tárgyalja, olyan időben, amikor a kémiai tudomány még nem jutott el a magyar nyelvű írásbeliség lépcsőfokára. Természetesen a kémiai ismeretek általános fejlettsége nélkül az ásványok megismerése szegényes maradt volna, másrészt azonban a kölcsönhatás folytán az ásványtan is, az ásványok óriási formagazdasága és ennek tanulmányozása által elindítója volt a krisztallográfia korai és páratlan gyors kibontakozásának.

Észre kell vennünk továbbá azt is, hogy már a mineralógia bölcsőjében a fejlődés kettős hajtóereje jelenik meg, egyrészt azáltal, hogy AGRICOLA a bányászat segítése céljából fordította figyelmét a fémet magában rejtő ércásványokra, s így megalapozójává vált a máig szakadatlanul fennmaradó szemléletnek, amely az ásványtanban felhalmozott ismereteket az emberi nyersanyagszükséglet kielégítésének eszközéül tekinti. Másrészt AGRICOLA utódainak hosszú sorában, akik az összeköttetést biztosították a mineralógia, krisztallográfia, kémia, petrográfia és geológia között, feltűnik egy másik hajtóerő, a Föld anyagi felépítésének és származásának megismerésére irányuló törekvés az ásványoknak, vagyis a Föld homogén építőegységeinek tanulmányozása által.

Ez az intellektuális érdeklődés, amely a múlt század kutatóit a környező világ planetáris szinten való megértésére sarkallta, nem érte be az ásványok, vagyis a legkülső kéreg fázisainak tanulmányozásával, hanem szükségét érezte, hogy e fázisok mélyebb kéregbeli sorsát illetően átfogóbb gondolatokat vessen fel. A fejlődés e pontján természetesen már nélkülözhetetlen volt a fizika és kémia fokozottabb bekapcsolása is, amit éppen 100 évvel ez előtt KELVIN végzett el. Talán a jelenlevők közül is kevesen tudják, hogy a nagy fizikus szenvedélyesen foglalkozott geológiai problémákkal, 21 éven át elnöke volt a Glasgow-i Geológiai Társaságnak, s elsőként vetette fel a geológiai jelenségek matematikai kezelésmódjának szükségességét. Voltaképpen a kvantitatív geológia megteremtőjét tisztelhetjük személyében. Bennünket itt elsősorban az elnöklete alatt álló társaság egyik ülésén elhangzott előadásának egy gondolata érdekel, amelyben azt fejtegeti, hogy *„kénytelen vagyok arra a következtetésre jutni, hogy a Föld nem egy vékony héj, amely folyadékkal van kitöltve, hanem nagyobb részében szilárd anyag."* E gondolatmenetében azonban nem annyira a máig helytálló igazságot becsüljük legtöbbre, hanem azt az *eljárását*, hogy a kísérleti tudomány eredményeit első ízben terjesztette ki a Föld számunkra hozzáférhetetlen régióira. Ezzel korát megelőzve fektette le a kísérleti mineralógia eszméjét, amelyet BOWEN 1937-ben, a Chicagói Egyetem nagynyomású kutató laboratóriumának megalapításával indított el hódító útjára.

Az ő jelszava volt: szellemmel, kalapáccsal és — tégellyel, amelyből azonban a természeti hátteret szimbolizáló kalapács lassanként elmaradozott, hogy a mineralógia napjainkban csaknem kizárólag a laboratóriumok műszerei közé vonuljon vissza. S bár ez által az ásványtan rendkívüli módon gazdagodik, ugyanakkor saját lényegét és önállóságának alapeszméjét áldozza fel. Ma ásványokkal vagy mint nyersanyagokkal foglalkoznak, vagy minden egyéb vonatkozásban az ásványtant a fizika és kémia természetes fázisokra vonatkozó adott fejezetei részeként tekintik. És ebben nemcsak a geofizikai és geokémiai nagy kutatóintézetek fiatal kutató generációjának van szerepe, akik többnyire szakmai neveltetésük folytán már nem is ismerik a természeti hátteret, hanem a hivatásos mineralógusoknak is. Legyen szabad itt J. GOLDSMITH-re, az Egyesült Államok Mineralógiai Társasága elnökére hivatkoznom, aki egyik cikkében sürgeti, hogy az ásványtannak egyre inkább össze kell olvadnia a fizikával és kémiával, minthogy „terepi" megfigyelések, amelyek úgysem békíthetők össze az experimentummal a boweni értelemben, már nem vezetnek új gondolatokra, nem tekintve azt a nyomós körülményt, hogy a Föld mélyét illetően „terepről" egyáltalán nem is beszélhetünk. Szerinte a jövő a nagynyomású kísérletezésé, mert a teoretikus úgymond, nem lehet a Föld dermatológusa, hanem a fizikai-kémiai kísérleti eredmények alkalmazója a Föld globális állapotára.

Ha a természettudományok napjainkig terjedő történetét tekintjük, abban egy *analitikus*, *szintetikus* és *modellalkotó* korszakot veszünk észre. Az utóbbiba azonban csak azok a tudományok léptek, amelyek kevés független paraméterű rendszerekkel, vagy olyanokkal foglalkoznak, amelyek építőelemei, a jelenlegi vizsgálati szinten, minden tekintetben azonosak egymással (pl. valamely elem azonos állapotú izotóp atomjai). A mineralógia ezt a lépést sajátos félreértés folytán nem tudja megtenni.

A kísérletes mineralógia, amelynek jelenlegi főtémái: a fázisegyensúlyok, a kristályszerkezet, izomorfia, politípia, az izotópösszetétel, a metamikt és kolloid állapot, aggregátumok kialakulása, a topotaxis, a tipomorfológia, mágneses sajátságok vizsgálata, lényegében szimulált mesterséges rendszerekkel dolgozik, amelyekben fellépő fázisokat — tévesen — a természetes ásványokkal azonosítja. Nem veszi figyelembe az ásvány definíciójában a korábbi szerzőktől mindig hangsúlyozott elemet, hogy az ásvány természeti folyamatok képződménye, aminek következtében az ásvány összetétele és szerkezete, a tér- és időkoordinátákkal meghatározott helyzete a földkéregben, hosszú és az ember közbeavatkozásától mentes eseménysorozat eredménye, vagyis az ásványtan lényegét tekintve *történeti tudomány:* a földi, szervetlen anyag történetének tudománya. Régi szerzők a környező világ élettelen, szervetlen, élő növényi és állati világra való felosztásával ösztönösen hangsúlyozták az ásványtanban megnyilatkozó történeti mozzanatot. Minthogy növényt és állatot mesterségesen eddig nem sikerült előállítani, ásványhoz hasonló vegyü-

leteket azonban igen, az élőanyag történetének tudománya a fizika és kémia e tudományba való intenzív behatolása ellenére is evidens módon tartotta meg függetlenségét. A mineralógia azonban beolvadni készül az alaptudományokba, mert annak az eltérésnek, amellyel a konkrét ásvány helyről helyre különbözik az ideálisan definiált ásványtól — vagy mesterséges vegyülettől —, nem tulajdonítanak jelentőséget. A mineralógia jövőbeni önállóságának kérdése tehát azon fordul meg, hogy sikerül-e az ásványpéldány individualitását mérhető módon igazolni s állapotát kapcsolatba hozni az ásvány képződésével, illetőleg az azt megelőző természeti folyamatokkal, vagyis történetével.

Az ásványtani kutatás egész körét magukhoz vonó fizikai és kémiai vizsgálati módszerek legújabb fejlődésének érdekes velejárója azonban, hogy kifinomulásuk mai stádiumában olyan eredményekhez vezetnek, amelyekből az ásványvilág különálló létezésformájára kell következtetnünk. Az ötvenes évek végén magunk által is végzett vizsgálatok kimutatták, hogy elvileg vízmentes szilikátásványok, pl. kvarc egykristályok mindig tartalmaznak bizonyos mennyiségű — néhány 0,1% vizet, s ha e víz kötési energia-intervallum szerinti mennyiségi eloszlását is megállapítjuk és diagramban ábrázoljuk, kitűnik, hogy nincs két minden részletében azonos diagramot mutató, eltérő helyről származó kvarckristály. Észrevettük azt is, hogy e diagramok lefutásának általános karaktere egyúttal jellegzetes arra a folyamatra is (pl. olvadékból vagy hidrotermális oldatból való kristályosodás), amelyeknek eredményeként a kvarckristály képződött. Később GRUNER professzortól kapott mesterséges kvarckristályok hasonló vizsgálata, már a konkrét képződési nyomás és hőmérsékleti viszonyok ismeretében is, kétség kívül bizonyította a kvarc egykristályok származásukból levezethető egyediségét és ezt a jelenséget a képződési körülmények által meghatározott számú és eloszlású diszlokációkhoz kapcsolódó víz jelenlétével magyaráztuk. WILKINS és SABINE 1973-ban a Harvard egyetemen kvantitatív infravörös vizsgálattal jutottak a víztartalmat illetően hasonló eredményre. A modern kísérletező mineralógiára jellemző módon azonban hogy mintáik geológiai eredetét nem vették számításba, s így nemcsak hogy a víztartalom és genetika közötti kapcsolat maradt észrevétlen, de vizsgálati eredményüket — a víz jelenléti formáját illetően, hogy vajon molekuláris víz, vagy hálózati oxigénhez kötött proton alakjában van-e az ásványban — nem tudták egyértelműen interpretálni.

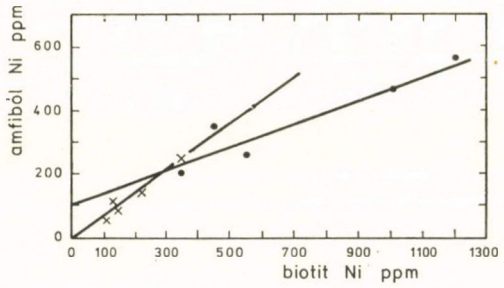
Az irodalomban napvilágot látó óriási kutatási anyagban egyre növekszenek a fentiekhez hasonló megfigyelések, s bár ezek a kristályegyed és a genetika szoros kapcsolatára utalnak, a mineralógia eredeti és természetes szemlélete az ásvány fogalom helytelen használata folytán mégsem tud érvényesülni.

Már eddig is számon tartjuk az ásványok több olyan tulajdonságát, amelyet összefüggésbe lehet hozni a képződés körülményeivel. E sajátságok többsége az ásványok kémiai összetételének variációiból kerülnek ki, s geotermométerként vagy geo-barométerként használhatók fel. Közismert geo-

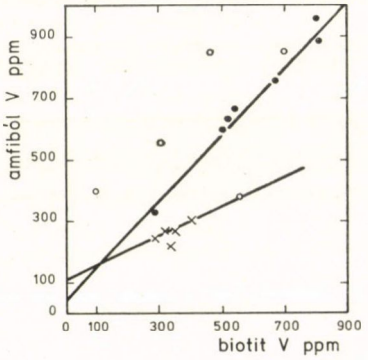
termométer KULLERUD szerint a szfalerit vas, vagy OFTEDAHL szerint a biotit relatív szkandium tartalma.

A regisztrált megfigyelések nagy száma s rendkívül széles köre mutatja, hogy az ásványok kémiai szerkezeti állapota mily messzemenő s az ásványfajon túlmutató, az ásvány-egyedet meghatározó jelleget ölthet.

Csupán néhány közismert példát említünk. A nyomelemek minősége és mennyisége, pl. a vas, alumínium, kalcium, mangán, nátrium mennyisége a kvarcban szoros kapcsolatot mutat a kvarc képződési hőmérsékletével. MACINTIRE [1963], FYFE [1966] és mások tüzetes vizsgálatokat végeztek nyomelemek koegzisztens fázisok közötti megoszlásának termodinamikájával kapcsolatban. Kitűnt, hogy egyensúlyi körülmények között a nyomelemek eloszlása a hőmérséklet függvénye. Példaképpen bemutatjuk a Ni és V megoszlását charnokit, plutonit, ill. amfibolit kőzet biotit és amfiból ásványában (1. és 2. ábra). Az eltérő eloszlások oka a termodinamikai elvekből következően a képződés különböző hőmérsékletében keresendő. A 3. ábra BETHKE és BARTON [1971] a CdS koegzisztens galenitben és szfaleritben való megoszlásának kísérleti tanulmányozása alapján szerkesztett diagramját mutatja be, s ebből is



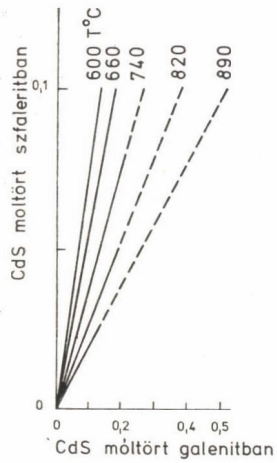
1. ábra. Ni-eloszlása koegzisztens amfiból és biotit között, charnokitban (körök) és plutonitban (keresztek) HIETANEN [1971] után



2. *ábra* V-eloszlása biotit és amfiból között: Charnokit (üres kör), amfiból fácies (kitöltött kör), plutonit (keresztek) KRETZ szerint [1959]

kitűnik a megoszlás képződési hőtől való függése. Szaporodnak a megfigyelések arra vonatkozóan is, hogy az ásványok elemeinek izotóp összetétele is a keletkezési hőmérséklet függvénye. Regionális metamorfózis esetén kvarc-magnetit szingenetikus ásványpárban az oxigén izotópjainak különösen feltűnő frakcionálódását észlelték; az idevonatkozó példák száma azonban szinte áttekinthetetlen.

Az eredeti koncentrációviszonyok és az izomorf elegykristályok mólaránya közötti kapcsolat felhasználása a kőzetmeghatározásban — pl. földpátok esetén — több mint egy évszázadra tekint vissza. De csak a legújabb vizsgálódások vezettek az elegykristályok összetételének és a keletkezési hőmérsék-



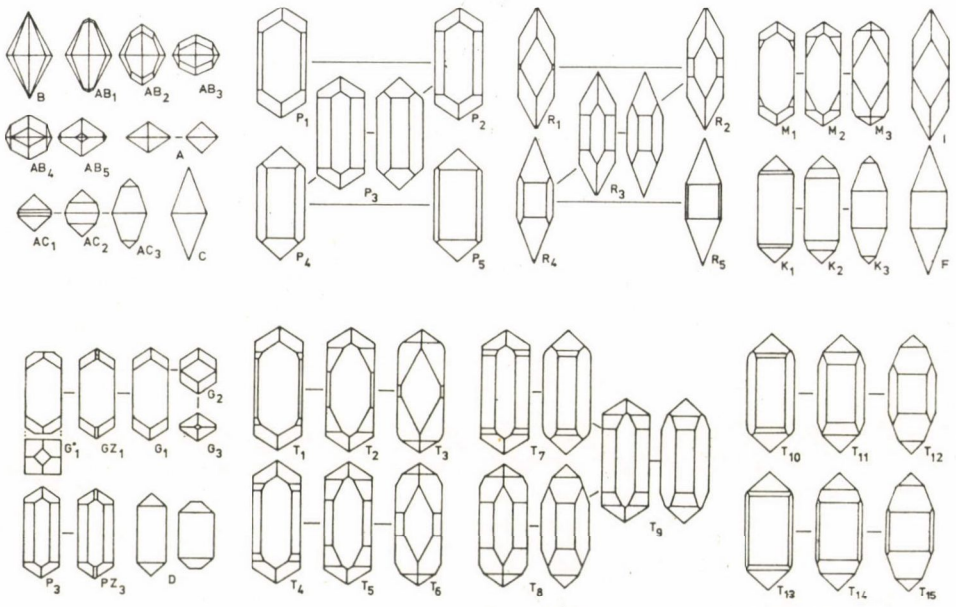
3. ábra. CdS-eloszlása koegzisztens galenitban és szfaleritban a hőmérséklet függvényében

let és nyomás értékek közötti kapcsolat kimutatására. Barth állapította meg, [1962] hogy az albitnak adott kőzet alkáli földpátban és plagioklászban meghatározott móltört aránya lineárisan változik a kristályosodás hőmérsékletével.

Az ásványok morfológiai felépítése, többnyire ugyancsak szembeszökően utal az ásvány individualitására és a múlt századi túlzottan elvonatkoztatott s emiatt később alábecsült morfológiai kutatás ma újból erősödőben van, amióta a kristály szabadenergiája, morfológiai adottságai és a képződési egyensúlyi feltételek közötti összefüggések elmélete kvantitatív értelemben kialakult (4. ábra).

Sokkal gyorsabb haladást mutat azonban az ásványok szubstruktúrájának kutatása, s ennek eredményeitől várhatjuk leginkább az individuális sajátságok kvantitatív jellemezhetőségének megalapozását is. Szíves türelmükkel egy példánál kissé el kell időznöm, hogy az itt feltáruló lehetőségek értékét felbecsülhessük. Újabb vizsgálati eljárások — többek között a Möß-

BAUER technika — tették lehetővé, hogy az izomorf elegykristályok főkomponenseinek az egyensúlyi megoszlásból adódó összetételbeli ingadozása nyomán kialakuló szerkezeti rendezett — rendezetlen állapotai közötti átmeneteket a legnagyobb részletességgel tanulmányozhassuk. Piroxének esetében egyszerűsített ábrán (5. ábra) látható, hogy a Mg^{2+} és Fe^{2+} ionok elhelyezkedésére az M1 vagy M2 pozíció áll rendelkezésre. Elméleti hipersztén esetén (Fe—Mg: 50—50%) lehetőség van arra, hogy az M1 helyzetben csak Mg^{2+} az M2-ben csak Fe^{2+} ion foglaljon helyet. Ekkor teljesen rendezett szerkezettel van dolgunk. Minden más mólarányú összetétel esetén egyik vagy másik ionnak más



4. ábra. Képződési körülmények hatása a cirkon kristályok alakjára

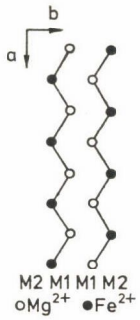
helyzetet is el kell foglalnia, mint amit egyébként a rendezett szerkezetben elfoglalna, és várható, hogy ilyenkor a pozíciók közötti kation eloszlásban, egy a hőmérséklettől függően kialakuló egyensúly áll be. A 6. ábra mutatja Fe^{2+} és Mg^{2+} ionok M1 és M2 helyzetek közti megoszlás izotermáit, hevített természetes piroxénekben. Ha Ca-piroxénekre térünk át, úgy az M1 és M2 helyzeten a Mg^{2+} Fe^{2+} és Ca^{2+} ionok osztoznak és pedig úgy, hogy a Ca ionok majdnem kizárólagosan az M2 helyzetben vannak, így a Fe és Mg ionok az M1 és megmaradó M2 pozíciók között oszlanak meg.

Ekkor az intrakristályos ioncsere az

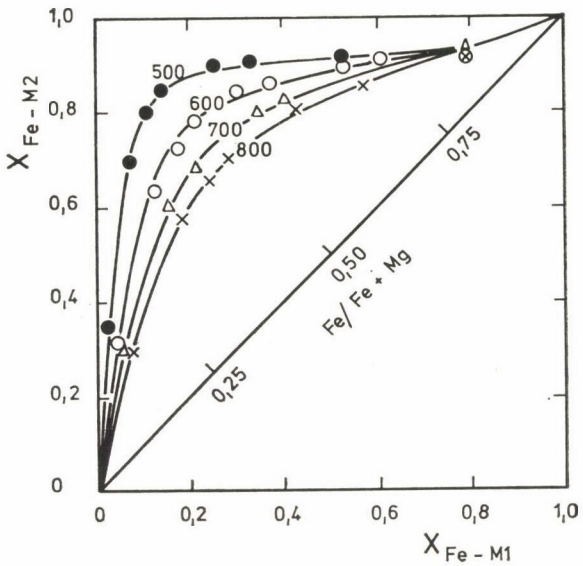
$$Fe(M2) + Mg(M1) \rightleftharpoons Fe(M1) + Mg(M2)$$

formulával adható meg.

Az ehhez tartozó egyensúlyi állandóban szereplő M2 helyzetre vonatkozó parciális aktivitási koefficiensek a hőmérséklet és a Mg, Fe és Ca-koncentráció függvényei. Végül a Fe—Mg eloszlási koefficiens és a $CaSiO_3$ mol% között egy diagramot kapunk, amelynek lefutása szintén a hőmérséklet függvénye.



5. ábra. M1 és M2 helyzetek a piroxén szerkezetében



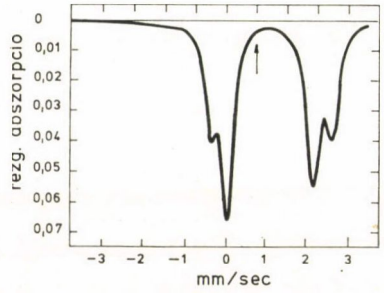
6. ábra. Fe-ionok eloszlási izotermái az M1 és M2 helyzetek között, hevített ortopiroxénekben

Mármost rendkívül érdekes a rendezetlenség mértékének összehasonlítása földi eredetű és Holdból származó piroxén mintákon.

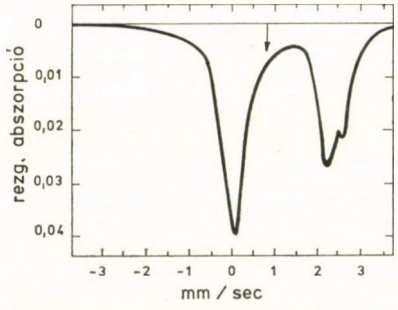
A 7. és 8. ábra a Nyugalom Tengere térségéből származó Apolló 11 holdexpedíció által hozott kőzet piroxénjéből készült Mößbauer spektrum, és az összetételben vele csaknem azonos új-zélandi eredetű piroxén hasonló spektruma. A fő különbség a két piroxén között a következő. Eltekintve attól, hogy

a Holdból származó piroxénben nincs Fe^{3+} ion, míg a földiekben mindig van, a lunáris piroxénben a pozíció betöltések nagyfokú rendezettséget mutatnak, míg a földi piroxéné attól mindig eltér.

A jelenség magyarázata, hogy a Fe és Mg ionok elrendeződésének (vagyis az intrakristályos ioncserének) kinetikája szerint, különböző hőmérsékletekhez eltérő reakciósebességek tartoznak. VIRGO és HAFNER [1969] azt találta,



7. ábra Holdból származó piroxén Mößbauer-spektruma



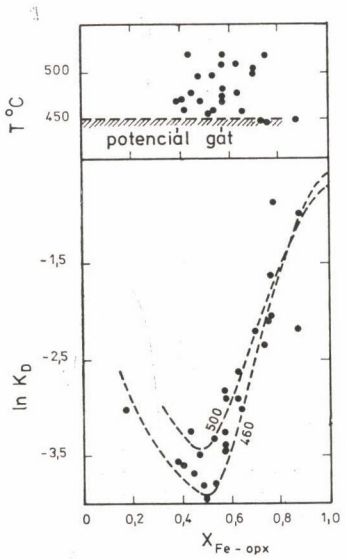
8. ábra. Új-zélandi piroxén Mößbauer-spektruma (fokozottabb rendezetlenség, Fe^{3+}-ion nyomai)

hogy ortopiroxének esetén 450—480 °C az a hőmérséklet, amely alatt a rendkívül nagy aktiválási energiaszükséglet miatt sem a rendezettség, sem a rendezetlenség irányában változás nem megy végbe (helyesebben szólva stacionárius állapot van) (9. ábra).

Magasabb hőmérsékleten azonban a reakció sebessége lényegesen nagyobb. Ennek folytán az intrakristályos ioncsere a kristályosodást követő hűlés alatt is, bár lassuló ütemben, tovább folytatódik. Ha e folyamatot egybevetjük az interkristályos cserefolyamatokkal, akkor megállapíthatjuk, hogy ezek nagyságrenddel lassúbbak. Ez a körülmény nyújt lehetőséget arra, hogy a kétféle ioncsere egyensúly alapján a hűlés sebességére is következtethessünk. Ugyanis az interkristályos egyensúlyok gyakorlatilag a kristályosodást köve-

tően befagynak, s így ebből a szempontból a kristályosodás a kőzet utolsó lényeges eseménye. Az intrakristályos cserefolyamatok azonban alacsonyabb hőmérsékleten a maximális rendezettség irányába, az említett potenciál-gátig tovább folytatódnak. Ebben az értelemben a vizsgált Hold származású piroxén rendkívül lassú, a földi eredetű piroxén gyors hűlésére lehet következtetni, tehát ismételten egy olyan módszer felhasználásával, amely az ásvány *homogenitástól való eltérésének mérésén* alapul.

Egyébként a Holdról eredő ásványminták, amelyek a világ eddig legpontosabban és legsokoldalúbban megvizsgált anyagát képviselik, más vonatkozásban is jó példái előadásunk eddigi gondolatmenetének, hogy nincs két minden tekintetben azonos kristályfázis. Így a Hold ásványai minden olyan



9. ábra. Ioncsere-egyensúly becsült hőmérséklete ortopiroxének esetében. (kb. 450 C°-on jelentkező potenciál gát)

esetben, amikor a földi hasonló ásvány vizsgálati eredményeivel való összehasonlítás lehetősége fennáll, kitűnik, hogy különböznek a földi azonos elnevezésű ásvány durvább vagy hiperfinom sajátságaitól. Már az a tény, hogy a Hold magmáiban az oxigén fugacitása jóval kisebb a földiénél, ezenkívül a víz csaknem tökéletes hiánya miatt a rendkívül „száraz" magmák kristályosodása is jelentősen eltér a földiekben megfigyelhetőktől, ez az ásványok kemizmusában és szerkezetében jelentősen érezteti hatását. A teljesen Fe^{3+}-ionmentes lunáris ilmenitben földi olvasztási kísérletek során már 10^{-9} atm. P_{O_2} nyomás elegendő volt, hogy szerkezetében ferri-ionok kimutathatóan megjelenjenek, ezért a földi ilmenitben mindig van Fe^{3+} ion, s így nyilvánvaló,

hogy a lunáris és földi ilmenitet — az elnevezés azonossága ellenére — nem lehet a finomabb vizsgálat szintjén azonos ásványnak tekinteni.

Teljesen hasonló de itt nem részletezett megállapítást tehetünk a meteoritok ásványaira vonatkozólag is, amelyek mind a Holdról származóktól, mind a földiektől különböznek, s így kimondhatjuk, hogy a földi és földön kívüli eredetű ásványok egymástól, az ásványok előtörténetére visszavezethető és mai vizsgálati eszközeinkkel sok esetben már biztosan megállapítható sajátságokban különböznek, s egymástól megkülönböztethetők.

E rövid és a problémát illusztráló kitérés után visszatérhetünk az ásvány definíciójának kérdéséhez és — az óriási tömegű tapasztalati tény induktív általánosításával — kimondhatjuk, hogy az ásvány fogalmához olyan térdimenzióban, amelyet a felszínesebb megfigyelés egykristálynak tüntet fel, tökéletes homogenitást nem rendelhetünk. Így nem csak szigorúan tudományos, hanem gyakorlati nézőpontból is el kell hagynunk azt a feltételezést, hogy az ásvány fogalmilag azonos a termodinamikai fázis szigorú fogalmával. Ennek csak az ásvány „ideális" képletében megjelenített és „ideális" szerkezetű vegyület felelne meg, amilyen a természetben valószínűleg sehol sem fordul elő. Az ásványfogalom ebben az értelemben tehát nem *fajnév* (species fogalom), hanem gyűjtőfogalma valamely ideális összetételű és szerkezetű teoretikus vegyületből levezethető *variációknak*. Felmerül tehát az osztályozás kérdése is. Természetesen minden osztályozás lehetősége — filozófiai értelemben — a lényegesnek tartott bélyegek kiemelésén és a többiek elhanyagolásán alapul, s ez az elv nyilvánvalóan érvényben marad, mert triviális, hogy minden sajátság egyidejű figyelembevételével minden egyes természeti tárgy különbözik a többitől. Amit azonban a tudomány fejlődése e téren kényszerítően hozott magával, az az, hogy a homogenitást nem tekinthetjük többé az ásvány lényeges bélyegének, sőt olyannak kell tekintenünk, amely sohasem valósul meg. A tőle való eltérés felléphet

1. az ásvány kémiai összetételében, éspedig izomorf helyettesítés vagy e nélküli idegen atomok jelenléte, továbbá ezeknek és a főelem izotópjainak arány- és atompozíciók szerinti megoszlása tekintetében,

2. fizikai rácshibák minden fajtájának minősége és megoszlása révén, és végül

3. a határfelületek kialakulásának módja, vagyis az ásvány morfológiai viszonyai tekintetében.

Eme elsődlegesnek tartott adottságokból másodlagos sajátságok deriválhatók, aminők pl. optikai, mágneses, mechanikai tulajdonságok, s ezek értelemszerűen szintén ingadozásnak vannak alávetve.

Ha ennek a ténynek konzekvenciáit a mineralógia szempontjából akarjuk levonni, akkor két probléma merül fel: 1. a nómenklatúra kérdése 2. és az ásványfogalom lényeges bélyegeinek kiválasztása.

Nem kívánunk most ezek részleteibe bocsátkozni, mivel meghaladják előadásunk kereteit, csupán érzékeltetni kívánom, hogy a jelenlegi elnevezési

gyakorlatnak, amely nem áll ellentmondásmentes elvi alapon, milyen nehézségekkel kell megküzdenie.

Nyilvánvaló, hogy egy önálló ásvány fő kritériumának, a sajátos kémiai összetételének tekintetében ésszerű engedményt kell tennünk a szilárd oldatok, vagyis izomorf elegykristályok esetében. Logikus, hogy ha az ásvány két vagy több fázis korlátlan elegykristályának tekinthető, akkor csak az elméleti szélső összetételű fázisok kapjanak önálló nevet. Nem könnyű azonban valódi atomos elegyedés vagy mikrozárványos (pl. néhány elemi cellányi részekből álló) ásvány-asszociáció között különbséget tenni.

Elektronmikroszonda ma lehetővé teszi az ásványok néhány négyzetmikronnyi területén a kémiai összetétel kvantitatív meghatározását. Ez a technika egyébként meggyőzően mutatja a kémiai összetétel zónás ingadozását az ásvány mikronos dimenzióiban. Máskor, főleg scanning felvételeken, viszont két ásvány finom összenövésére következtethetünk. A két eset között elvi szempontból óriási különbség van, és nem mindig tudhatjuk, hogy az ásvány teoretikus összetételétől való eltérés a mikroszonda jelenlegi teljesítőképessége alatti méretű fázisok jelenlétének, vagy tényleges izomorf helyettesítések következménye. Előbbi esetben az intersticiális fázisok könnyen kioldódnak pl. hidrotermális hatásra, és vezethetnek érctelep képződésére, a valódi elegykristályok viszont széles hőmérsékletközben olvadva nagy mértékben visszahatnak a Föld felső köpenyében lejátszódó olvadási folyamatokra.

Tény, hogy a speciális röntgentechnikák, a MÖßBAUER-effektus, a NMR, ESR, PNR, katódluminiszcenciás jelenségek, ionmikroszkópia számos új lehetőségét nyitották meg a szilárdtestkutatásnak, s ezek esetenként már megoldhatóvá teszik az itt felvetett problémákat. A felmerülő bizonytalanság feloldása azonban, főleg a rutinvizsgálatokban még nincs megoldva.

Az ásványt karakterizáló lényeges bélyegek kiválasztásában is ugyanilyen nehézségek merülnek fel. Ma a műszerek teljesítőképességének gyors fejlődése közepette nehéz megválasztani azokat a jellemzőket, amelyek a legtöbb információt nyújtják az ásvány előéletéről. Pl. a kémiai technológiában semmi szerepet nem játszó izotópeloszlás a mineralógiában óriási jelentőségű, mert sok esetben egyedül teszi lehetővé az ásvány abszolút korának vagy képződési folyamatának megállapítását.

Nagy szerepet játszik a kísérleti minerológiában a mesterséges olvadékok, rendszerint nagy nyomás és hőmérsékleten való vizsgálatában a fázisok egyensúlyi aránya. A mai általános felfogás szerint ez a témakör azonban már inkább a kőzettan, a kísérleti petrológia területére tartozik.

Itt szeretnék azonban rámutatni arra, hogy azok a jelenségek, amelyek a természetben tekintett jelenlegi ásvány térbeli határait meghaladó dimenzióban játszódnak le, távolról sem függetlenek nemcsak az ásványok minőségétől, hanem azoktól a potenciális hatásoktól, amelyeket ezek elviselni egyáltalán képesek. Vagyis a nagyobb rendszer — a kőzet — fizikai kémiai adott-

ságai az ásványképződés fizikai lehetőségeivel kölcsönhatásban alakítják ki az ásványok asszociációját, úgyhogy a teljes rendszer jellemzői végül az egyes ásványban is tükröződnek. Nagy negatívuma a kísérleti petrológiának, hogy az ásványok finom struktúráját figyelmen kívül hagyva az észlelt fázisokat a konvencionálisan értelmezett ásványokkal azonosítja. E szemlélet fenntartásában a mineralógia jelenlegi felfogása annyiban kap szerepet, hogy nem tud megszabadulni a homogenitás fikciójától, hogy az eltérést az ideális ásványtól — a tényekkel ellentétben — lényegtelen, s így részletes vizsgálatra nem érdemes kivételnek tekinti.* Ez vezetett a klasszikus mineralógia kutatási körének kimerüléséhez — egyfajta statikus szemlélet uralmához — amelyen a petrológia annyiban lépett túl, hogy az ásványok minőségi kombinációján kívül a kvantitatív arányok tanulmányozásával az egykori egyensúlyi feltételekre is képes következtetni. Minthogy azonban ennek a metodikának a kezében is az idealizált ásvány fogalom durva eszköznek bizonyul, e kutatási irány korábbi termékenysége is kimerülőben van.

A fejlődés új irányát az ásványfogalom dinamikus értelmezése fogja kibontakoztatni, tehát egy olyan felfogás, amely az ásványt nem egy ideálisnak gondolt természeti képződmény véletlenszerűen tökéletlen megvalósulásának, hanem egy olyannak tekinti, amelynek konkrétságát a planetáris fejlődés minden előzménye — az okság elve által — együttesen határozza meg. Ez a szemléletváltozás nagy lehetőséget nyújt a mineralógia további fejlődéséhez, s egyúttal nélkülözhetetlen eleme lesz a földi, s általában a planetáris kéregbeli képződmények fejlődéstörténeti tanulmányozásának.

Olyanféle változásnak leszünk tanúi itt is, mint a szilárdtest-fizikában, ahol kezdetben az ideális elvi szerkezetek meghatározása volt a kutatás fő célja, manapság pedig a rácsanomáliák tanulmányozása. Azt azonban, hogy a mineralógiában milyen specifikumok megválasztása fogja szolgálni leginkább a fejlődést, sok vonatkozásban sejthetjük ugyan, de rendszerbe foglalt elveink még nincsenek.

Ha ezek után, mintegy az előző gondolatok összefoglalásaként, azt a kérdést tennők fel: hová fog fejlődni tehát a mineralógia, úgy talán akkor mérlegeljük helyesen a jövő lehetőségeit, ha azt mondjuk: a *globális mineralógia felé.* A globális jelző használata azonban magyarázatra szorul, mert nincs köze a köznapi szóhasználatban meglehetősen elhasználódott társához, de nem szándéktalanul utal a geológia legújabb nagy szellemi vívmányára, amelynek része kíván lenni, az ún. *globális tektonikára.*

A lemeztektonika, unikauzális értelmezése az egész Földön egyidejűleg zajló geológiai eseményeknek, ahonnan a globális jelzőt is kapta, már több vonatkozásban szerepelt osztályelnökünk Szádeczky-Kardoss Elemér [1971, 1972, 1973], Stegena Lajos és mások előadásában az Akadémia ülésein.

* E felfogásban szerepet játszik az is, hogy az eltérést a sztöchiometrikus összetételtől a kémiai analízis pontatlanságának tulajdonítják.

Tény azonban, hogy geofizikusaink és geológusaink némelyike úgy találja, hogy a lemeztektonika nem alkalmazható a Kárpát-medence geológiai viszonyaira. Eltekintve attól, hogy ez a megállapítás önellentmondó, hiszen ha a globális tektonika hipotézisét elfogadjuk, akkor csupán a megnyilvánulás formája lehet kérdéses, nem pedig alkalmazhatósága, mégis a vitában kifejezésre jut az a probléma, hogy a távolabbi múlt geofizikai eseményei egyre növekvő bizonytalansággal illeszthetők e hipotézis keretei közé, és szükség volna olyan jelenségek minél nagyobb számú ismeretére, amelyekből az egykori történések nagy egzaktsággal lennének visszaolvashatók. Szíves türelmükkel előadásom befejező részében szeretném megmutatni, hogy a globális tektonikával összefüggően miképpen alkalmasak az ásványok kristályfizikai és kémiai sajátságai a lezajlott planetáris folyamatok rögzítésére, s lehetnek egyúttal alkalmasak a globális tektonikai értelmezés alátámasztására olyan idődimenziókban, amelyek nem tartozhatnak közvetlen megfigyelésünk körébe.

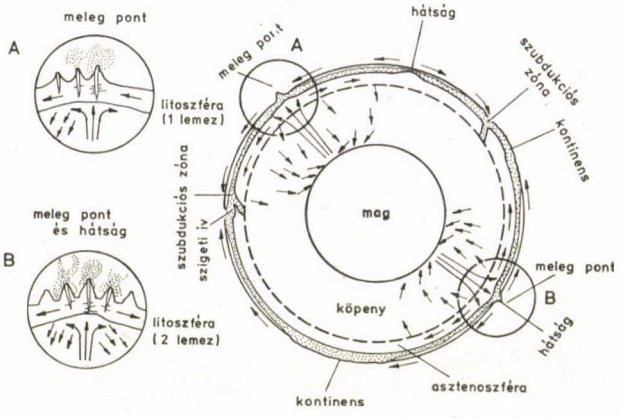
A lemez-, vagy globális tektonika fő érdeme, hogy a geológiai ismeretek sokszor egymástól széttagolt tömegének általános érvényű, egységes értelmezést tud adni. Korábban olyan alapvető kérdések is, hogy milyen olvadékokból keletkeznek a különböző kőzetek, ezek térben és időben miért az adott módon oszlanak meg, hol és miért képződnek metamorf kőzetek, mi az érctelepek és más haszonásványok képződésének, esetleg földrajzi elhelyezkedésének mélyebben fekvő oka, csak lokális érvényű s egymással kapcsolatba alig hozható mechanizmusokkal volt értelmezhető. A globális tektonika, amelyet sokan a geológiában a fizika relativitáselméletével azonos szellemi teljesítményként értékelnek, megkísérli, hogy e jelenségeknek egységes értelmezést adjon.

A lemeztektonika előzményei hosszú időre, konkrét formába öntése azonban alig egy évtizedre nyúlik vissza. Ebben látszólag különálló megfigyelések, köztük GUTENBERG kis p-hullámsebességi övének felfedezése, BENIOFF-nak a földrengések energia eloszlására, majd a Középatlanti-hátságban észlelt mágneses anomáliák szimmetriájára vonatkozó észlelések játszottak fő szerepet, s ezek mind a globális tektonika hipotézise felé konvergáltak, de a tudomány természetes konzervativizmusa még sok bizonyíték feltárását kívánta meg a hipotézis mai általános elfogadásához.

A háború után felgyorsult oceanológiai kutatások megmutatták, hogy az óceáni hátságok erős szeizmicitás kíséretében állandó anyagfelszállítás, az óceáni kéreg növelésének helyei, s ez az anyagtöbblet oldalirányban áramlik. A Föld külső kérge kevés számú nagy lemezből áll, amelyek egymáshoz képest állandó mozgásban vannak.* Határaikon vagy extenziós vagy kompressziós viszonyok alakulnak ki. Előbbiek az aktív tengeri hátságok, utóbbiak az ún. szudbukciós övek (10. ábra).

* E mozgás meglepően gyors. Geodéziai műholdak cm pontossággal mérik az elmozdulást. Pl. a Pacifikus lemez évi 5—6 cm-t halad az Aleuti szigetív irányában.

Bennünket több szempontból a szubdukciós övben lejátszódó folyamatok érdekelnek, amelyek a nem primitív derivált kőzetek képződési helyei. Két típusát ismerjük, a szigetívek és marginális szárazföldi lánchegységek vulkanitjait, vagy ezek hátterében elhelyezkedő gránit plutonitokat produkáló öveket. A két típus kőzetei között összetételbeli különbséget a főkomponensek, ezek arányai és a nyomelemek eloszlásában mutatkozó különbségekkel adják meg. E pusztán geokémiai módszer sok átfedéshez vezet, mint ahogy a kárpáti mészalkáli (főleg andezites) kőzetek is bizonyos fokú átmenetet mutatnak a kontinentális andezitek és szigetívek kőzetei között (pl. a tekintetben, hogy az



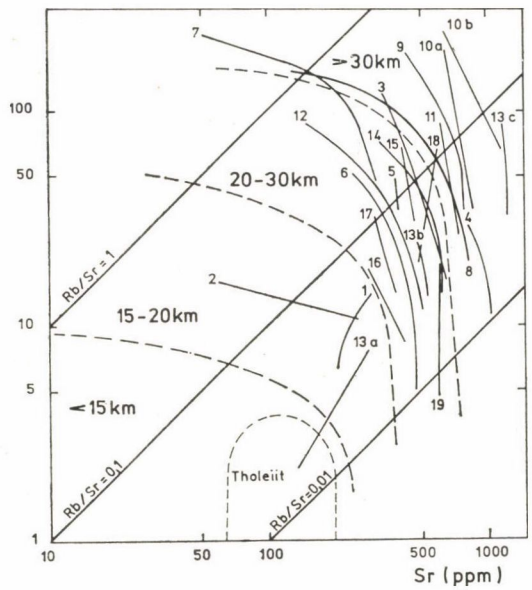
10. ábra. Szubdukciós övek és hátságok képződésének mechanizmusa

egymásutáni képződményekben kissé növekszik a K_2O tartalom.) Az ásványok tekintetében azonban éles a különbség: a kontinentális andezitekben ritkán, de lehet kvarc, gránát, kordierit, a szigetívek andezitjében sohasem. A kristályosodási sorrend az előbbiekben amfiból-klinopiroxén-ortopiroxén, utóbbiban klinopiroxén-amfiból-klinopiroxén. Sajnos ezekben nem ismerjük a piroxének finomszerkezetét, pedig valószínű, hogy a Hold kőzetekhez hasonlóan, itt is eltérő olvadékegyensúlyokra következtethetnénk.

Fontos összefüggés mutatkozik a vulkanit 60% SiO_2-re normalizált K_2O-tartalma és a képződéskor aktuális kéregvastagság valamint a szubdukciós mélység között is, amelyet megfelelő lineáris regressziós egyenlettel lehet megoldani. Szoros kapcsolat van SiO_2-re normalizált Rb, Sr, Ba stb. nyomelemek arányában is, pl. jelenleg működő vulkánok kőzeteinek Rb/Sr aránya és a meghatározott kéregvastagság között. A Fiji szigetek Vita Levu vulkánja az eocéntól a miocénig három típusú, sorrendben: tholeites, mészalkáli és shoshonitos kőzetet produkált, s ezekhez eltérő kéreg- és szubdukciós vastagság tartozik (11. ábra).

A kéreg-, illetőleg szubdukciós mélység a tholeites kőzet esetében 20 km, ill. 150 km, mészalkáli kőzetre 20—30 km, ill. 100—200 km és a shoshonitos kőzet esetében >25 km ill. >200 km.

E geokémiai indexeknek nevezett eloszlásokban azonban kivételek és korlátozások mutatkoznak, ami véleményünk szerint annak a következménye, hogy a nyomelemeloszlás kristálykémiai hátterét nem veszik számításba. A Rb, Sr és más nagysugarú ionok eloszlásában a földpátok frakcionált kris-



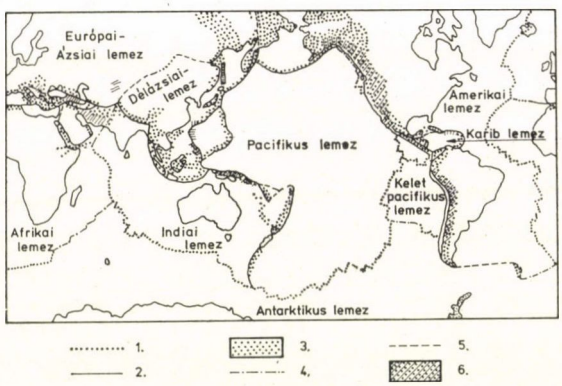
11. ábra. A kőzet Rb/Sr aránya és a képződéskor uralkodó kéregvastagság közötti összefüggés. A 13 a-c pontok a Vita Levu vulkán eocén-miocén láva sorozatának Rb/Sr aránya alapján mutatja a kéregvastagság időbeni változását

tályosodása játssza a fő szerepet, amire utal KAMENCEV és GORDIENKO [1966] megállapítása is, hogy a K-földpát 0,9% Rb_2O tartalom alatt triklin, 2,5% Rb_2O tartalomig viszont monoklin szerkezetű. E példából ismét látható, hogy az ásványok bizonyos sajátságai, pl. Rb. helyettesítés mértéke s vele inhomogenitása, megőriztek egy fontos geofizikai adottságot: a képződés idején fennálló kéregvastagság jellemzőit, olyan időre, amikor a vastagság időközbeni megváltozása miatt műszeres mérést már nem végezhetünk.

Felhozhatnánk az érctelepek képződésének modern lemeztektonikai értelmezését is, mint amelynek alkalmazása adott helyen az ásványgenetikai specifikumok részletes ismeretét kívánná meg. Pl. réz- és Mo-porfiros ércek képződése szubdukciós övekhez kapcsolódó parciális olvadás és magmaképződés kísérő jelensége ott és akkor, ha a lefelé haladó óceáni kéreglemez tengeri

rézkoncentrációt tartalmazott. E mechanizmus itt nem részletezhető módon jól magyarázza a Zn és Pb szétválását is a réztől és ezek szatellit telepként való megjelenését a porfiros rézércek körül, továbbá azt a tényt, hogy porfiros Cu és Mo telepek világviszonylatban kizárólag kompressziós, vagyis szubdukciós lemezhatárokon ismeretesek (12. ábra).

Az ábra nyomán felmerül a hazai rézérctelep genetikája szempontjából is alapvetően fontos kérdés, hogy vajon azt ebbe a típusba tartozónak vélhetjük-e. A legújabb irodalom ugyanis az egész mediterraneum és vele az Alpesi rendszer fejlődését lemeztektonikai eseményláncolatból vezeti le, amelynek tartozékaként a Kárpát-medence kétségtelenül specifikus képződmény. Azon-



12. ábra. Réz, molibdén porfiros ércek előfordulásának kapcsolata a Föld szubdukciós lemezhatáraival. 1. növekvő lemezhatár; 2. felemésztődő lemezhatár; 3. mezozói-kainozói hegységek; 4. aktív tranf. vonalak; 5. átmeneti jellegű határok; 6. réz, molibdén porfiros telepek

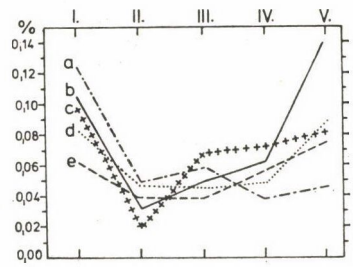
ban arra a kérdésre, hogy mik ennek a specifikumnak kvantitatív jellemzői, megnyugtató választ csak az itteni eruptívumok ásványainak részletes tanulmányozásával, hiperfinom szerkezetének összehasonlító vizsgálatával remélhetünk. Tervbe vettük és már elindítottuk a Kárpát-medencei vulkanitok említett Rb/Sr módszerrel való vizsgálatát a végből, hogy választ kapjunk ezek szubdukciós jellegére, keletkezésük idején fennállott kéregviszonyokra.

A felhozott pozitív és negatív példák, amikor tehát az ásvány hiperfinom sajátságainak ismeretében messzemenő következtetést tudunk levonni a keletkezés körülményeire és idejére vonatkozóan, vagy ezek ismeretének hiányában alapvetően fontos kérdésekben egyáltalán nem tudunk állást foglalni, megvilágítják a modern mineralógiai kutatás nagy elvi és gyakorlati jelentőségét. Ráutalnak olyan területek kutatásának szükségességére, amelyek az ásvány fizikai és kémiai állapotát az ásvány elnevezésbe ma beleértett sajátságokon messze túlmenő részletességgel jellemzik és főleg az ásvány elvi homogenitástól való eltérésének típusát juttatják kifejezésre. Mint említettem, felismertük

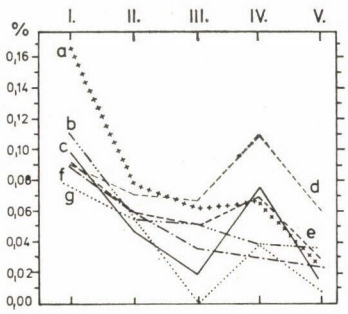
e kutatási irányzat egész mineralógiát megújító jelentőségét, de azok az elvek és rájuk alapozott vizsgálati módszerek, amelyek segítségével ezt a feladatot meg lehet oldani, még nincsenek rendszerbe foglalva. A legsürgetőbb, e kérdés gyors elvi tisztázása, s ennek nyomán bizonyos standard módszerek kialakítása, mert ellenkező esetben a vizsgálati irányok rendkívül széttagoltsága, sokféleségének lehetősége az információk inkompatibilis halmazát fogják produkálni.

Úgy vélem, a célravezető eljárás az lenne, ha azokat a vizsgálatokat tökéletesítenénk és standardizálnánk, amelyekkel leginkább lehet az ásványképződés geofázisok szerinti típus-jellemzését, ezen belül a hőmérséklet-, nyomásviszonyokat, s ezek időbeni változását meghatározni. Példaképpen ismét hivatkozom az általunk vizsgált, diszlokációkhoz kötött víztartalom jelentőségére. Pl. ortoklász vagy kvarc finomabb jellemzésére — a röntgendiffraktogram mellett, amely ezek eredet szerinti különbségét úgy sem mutatja meg —, az ásványt a mikrosúlyveszteségi diagram segítségével lehetne típusokba sorolni (13—14. ábrák).

Hangsúlyozom, hogy ez csak egyik, és nem is minden esetben használható lehetőség számos egyéb közül, az ásvány típusának megadására. Fontos



13. ábra. Magmás ortoklászok súlyveszteségi diagramjai: *a)* Karlsbadi gránitból; *b)* Mórágyi gránitból; *c)* Velence hegységi gránitból; *d)* Cape Towni gránitból; *e)* Floressai mikroklinből (NEMECZ, 1959)



14. ábra. Postmagmás (pegmatitos, hidrotermális) K-földpátok súlyveszteségi diagramjai; *a)* Svájc; *b)* Tissowitza; *c)* hidrotermális adalék (Svájc); *d)* pegmatit (Malmö); *e/f)* hidrotermális automorf ortoklász ismeretlen előfordulásból; *g)* pegmatitból (Baucar). (NEMECZ, 1959)

volna ásványcsoportonként számításba venni elsősorban a képződésben szerepet játszó egyensúlyi folyamatokat s ezek meghatározását lehetővé tevő módszereket. Ide tartoznak a kémiai fő- és nyomelemek, valamint izotópok szerinti összetétel, a kristályszerkezet rendezett-rendezetlen állapotának kvantitatív jellemzése, mert ezek mind összefüggésben állnak nemcsak az ásvány aktuális képződési paramétereivel, hanem — minthogy ezek is a geológiai idő függvényei — a bolygó fejlődéstörténetének abszolút idejével is. Nemcsak az élővilág van alávetve a fejlődés kényszerének, az élettelen ásványvilág időbeni megújulása is csak látszólagos, valójában irreverzibilis eseménylláncolat része. Bizonyos ásványfajtákban ez máris nyilvánvaló, mint pl. a glaukonit K_2O tartalmának geológiai idő szerinti monoton változása, másokban, pl. kvarcban azonban csak a hiperfinom szerkezetvizsgálatokból várhatunk erre bizonyítékot.

Azt hiszem, hogy az eddigi kutatás által feltárt óriási tényhalmaz fenti interpretálása, az ásványfogalommal kapcsolatos eddigi szemléletünk módosítása és az ennek alapján végzendő módszeres kutatás nemcsak a mineralógia megújulását fogja szolgálni, hanem nagy segítséget jelent majd az együttműködő tudományágak, a teleptan, a tektonika, geológia, a szilárdtest-kémia és fizika számára is. Ezen túlmenően hozzá fog járulni szervetlen anyagi környezetünknek — az űrhajózás korában már mondhatjuk — planetáris szinten való jobb megismeréséhez és az emberi kultúra egyre bonyolultabbá váló anyagi szükségletének kielégítéséhez is.

IRODALOM

Barth, T. F. W.: Feldspar solid solutions. Chem. Erde, **22,** 14—20, 1962.

Hietanen, A.: Distribution of elements in biotite-hornblende pairs and in an ortho-pyroxene-clinopyroxene pair from zoned plutons, northern Sierra Nevada, California. Contrib. Mineral. Petrol., **30,** 161—176, 1971.

Kretz, R.: Chemical study of garnet, biotite and hornblende from gneisses of southwestern Quebec, with emphasis on distribution of elements in coexisting minerals. J. Geol., **67,** 371—402, 1959.

Nemecz E.: A study of the interdependence of crystal lattice defects and mineral genesis by thermogravimetric methods. Acta Geol., **6,** 119—151, 1959.

Szádeczky-Kardoss E.: Az új globális tektonika mozgás-mechanizmusa és kapcsolatai a Föld és az élet fejlődésével. Geonómia és Bányászat, **4,** 4, 1971.

Szádeczky-Kardoss E.: A Kárpát-Pannon-Dinarid szerkezet modellje. Geonómia és Bányászat, **5,** 113, 1972.

Szádeczky-Kardoss E.: A Kárpát-pannon terület szubdukciós övezetei. Földtani Közlöny, **103,** 224—244, 1973.

Virgo, D.—Hafner, S. S.: Fe^{2+}, Mg order-disorder in heated orthopyroxenes. Mineral. Soc. Am. Spec. Pap., **2,** 67—81, 1969.

HOSSZ- ÉS TERÜLETTARTÓ TÉRKÉPEK KÉSZÍTÉSE A GAUSS—KRÜGER-VETÜLETEN

HAZAY ISTVÁN
AKAD. LEV. TAG

I

A geodézia általában szögtartó vetületeket használ. Számos előnyük mellett azonban hátrányuk is van, nevezetesen, hogy a hossz- és a területtorzulás a torzulásmentes ponttól vagy vonaltól távolodva erősen növekszik. Ezért — ha határt szabunk a hossztorzulásnak, ami a nagy méretarányú térképezésnél kilométerenként általában 10 cm —, akkor egy vetületi rendszert csak erősen korlátolt kiterjedésű területen használhatunk. Nagyobb területekre tehát több vetületi rendszert, és ennek megfelelően több koordináta-rendszert kell alkalmazni. Ez az ábrázolás folyamatosságát nagymértékben megszakítja. A területrészek ábrázolásának ebből következő elkülönülése hátrányos, és jelentékeny nehézséget okoz. Nem kevésbé kellemetlen az is, hogy az alappontházózatot vagy több koordináta-rendszerben kell kifejleszteni (és ekkor az nem egységes), vagy pedig, ha egy koordináta-rendszerben fejlesztik ki, akkor azt a különböző rendszerekbe szét kell darabolni.

Az elmondott körülmények késztettek arra, hogy elmélkedjem azon, miként lehetne a szögtartóság csorbítása nélkül nagyobb területet is egyetlen, egységes koordináta-rendszerben térképezni oly módon, hogy a nagy méretarányú (1 : 10 000 vagy ennél nagyobb, pl. 1 : 5000, 1 : 4000, 1 : 2000 stb. méretarányú) térképeken a hosszak — a méretarányt figyelembe véve — az alapfelületi (ellipszoidi vagy gömbi) hosszakkal egyenlőek maradjanak, illetve azoktól csak olyan kis mértékben különbözzenek, hogy az eltérések gyakorlatilag az érzékelhetés határán alul maradjanak. Ez egyúttal azt is jelentené, hogy az ábrázolt idomok területei is megegyeznének az alapfelületi megfelelőik területével.

Elgondolásomat a gömbhöz alkalmazott sztereografikus és hengervetületre az [1] tanulmányomban röviden ismertettem — inkább csak elméleti vonatkozásban —, [2] tanulmányomban pedig Magyarország viszonylatában az érintő hengervetületre gyakorlati szempontból is részletesen kifejtettem.

A következőkben a számos országban már alkalmazott és a világon mindinkább elterjedő GAUSS—KRÜGER-vetületre mutatom be az eljárást. Mint ismeretes, ennek a szögtartó vetületnek az alapfelülete forgási ellipszoid, ame-

lyet a képzeletbeli henger palástja egy meridián (a kezdőmeridián) mentén érinti. A hengernek a tengelyére merőleges metszete ugyanolyan ellipszis, mint az ellipszoid meridiánja. A kezdőmeridiánon semmiféle torzulás sincs. A kezdőmeridián egyenesként jelentkező képe a síkkoordináta-rendszer x tengelye, az y tengely pedig az egyenlítőnek ugyancsak egyenesként alakuló képe. A lineármodulus (a hossztorzulási viszony) vizsgálatainkhoz eléggé pontos kifejezése:

$$l = 1 + \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^4}, \tag{1}$$

reciprokja pedig:

$$\frac{1}{l} = 1 - \frac{y^2}{2R^2} + \frac{5y^4}{24R^4}, \tag{2}$$

ahol R a vizsgált ponton az ellipszoidhoz simuló gömb (az ún. közepes sugarú gömb) sugara. Mint tudjuk, az R értéke az egyenlítőnél a legkisebb, és a pólusok felé folyamatosan növekszik:

$$R = \frac{a^2}{b} \frac{1}{1 + e'^2 \cos^2\varphi}, \tag{3}$$

ahol a az ellipszoid fél nagytengelye, b a fél kistengelye, e' a második excentricitása, φ pedig a földrajzi szélesség.

A GAUSS—KRÜGER-vetületen az y-nak mintegy 90 km-es értékénél már eléri a hossztorzulás a kilométerenkénti 10 cm-t, vagyis a lineármodulus 1,0001.

A továbbiakban vizsgálatainkat a KRASZOVSZKIJ-féle ellipszoid alapján végeztük. Számértékeink nagyságrendje azonban más földi ellipszoidnál sem változik.

II

Az alaphálózatot az eredeti GAUSS—KRÜGER-vetületen számítjuk. Ehhez közömbös, hogy a hossztorzulás mekkora, mert a mért távolságokhoz amúgyis mindenkor ki kell számítani a hossztorzulást (az elektronikus távmérővel mért rövidebb hosszakhoz is), a felsőrendű irányokhoz pedig figyelembe kell venni mindig (még az x tengely közelében is) az irányredukciót. Kis többletmunkát jelent, hogy az x tengelytől távolodva mind gyakrabban kell a rövidebb (alsórendű) irányokhoz is irányredukciót számítani. Ez azonban a megkívánt pontosságnak megfelelően a következő rövidített, egyszerű képlettel végezhető:

$$\Delta = a y_k \, . \, \Delta x. \tag{4}$$

Δ az irányredukció másodpercben, y_k a vonaldarab középpontjának y koordinátája, Δx a két végpont távolságának x irányú vetülete (mindkét utóbbi mintegy 100 m-es pontossággal és 100 000 m-es egységekben), és ha R a vonaldarab környezetében az ellipszoidhoz tartozó simulógömb (a közepes sugarú gömb) sugara ugyancsak 100 000 m-es egységben, akkor

$$a = \frac{\varrho''}{2R^2} \cdot \tag{5}$$

I. táblázat

x km	a
2900	25,46
3000	25,45
4000	25,40
5000	25,35
5900	25,31
6000	25,30

Noha az R érték folyamatosan változik, az a érték az x koordináta széles tartományában állandónak vehető. Az a értéket néhány x koordinátához az I táblázatban adjuk meg, amelyből következtethetünk arra, hogy az a milyen x tartományon belül tekinthető állandónak. (Az a-t elég egy tizedesig figyelembe venni. Megfelelő az $a = 25{,}4$ érték, ha az x 2900 és 5000 km között, és $a = 25{,}3$ érték, ha az x 5000 és 6000 km között van.) A (4) képlettel számított irányredukcióban az x tengelytől 500 km távolságban is legfeljebb 0,04" az elhanyagolás, ha az irányhossz 5—6 km-nél nem nagyobb.

Pl. $x = 4000$ km-nél, ha

$$y_k = 265{,}989 \text{ km és } \Delta x = 5012 \text{ m},$$

akkor

$$\Delta = 25{,}4 \cdot 2{,}660 \cdot 0{,}050 = 3{,}38'' ;$$

ha pedig

$$y_k = 500{,}628 \text{ km és } \Delta x = 5012 \text{ m},$$

akkor

$$\Delta = 25{,}4 \cdot 5{,}006 \cdot 0{,}050 = 6{,}36'' .$$

Ha pedig $x = 5900$ km, akkor az előbbi y_k és Δx értékeknél

$$\Delta = 3{,}36'', \quad \text{illetve} \quad \Delta = 6{,}33''.$$

Ha az egyik végpontot tetszés szerint P_1-nek, a másikat P_2-nek nevezzük, és a távolság x irányú vetületét a

$$\Delta x = x_2 - x_1 \tag{6}$$

különbség szerint számítjuk, akkor a (4) képletből kiadódó előjelhelyes Δ érték a P_1, az ellenkező előjellel vett érték pedig a P_2 végponthoz tartozik. (Ez a szabály nem érvényes az x tengelyt metsző vonaldarabokra, de rövid oldalakhoz itt nem is végzünk ilyen számítást!)

A rövid oldalakhoz az

$$\mathrm{m} = \frac{t}{s} \tag{7}$$

hossztorzulási tényezőt (ahol s az ellipszoidi, t pedig a megfelelő vetületi hossz) az

$$m \approx l \quad \text{vagy} \quad m \approx \frac{1}{2}\,(l_1 + l_2) \tag{8}$$

megközelítő összefüggésből számíthatjuk, ahol l a lineármodulus táblázatból kiolvasható értéke, az indexek pedig a vonaldarab végpontjaira utalnak.

III

Az alappontoknak a GAUSS—KRÜGER-vetületen kiszámított koordinátáit *véglegesen* elfogadjuk és ezeket tároljuk. A vetületi síkot az x tengellyel párhuzamosan, egymástól alkalmasan választott p távolságokban húzott egyenesekkel egyenlő szélességű oszlopokra, az x tengelyre merőlegesen, egymástól q távolságokban húzott egyenesekkel pedig egyenlő szélességő sávokra osztjuk. Így egy derékszögű négyszög- (esetleg négyzet-) hálózat keletkezik. Az egyes négyszögeket nevezzük el *alapidomoknak (szelvényeknek)*. Ha megtekintjük a II. táblázatot, megállapíthatjuk, hogy az egyes oszlopoknak és sávoknak az ellipszoidon (az alapfelületen) is gyakorlatilag párhuzamos vonalakkal határolt felületcsíkok felelnek meg. A táblázat adatait mintegy 26° földrajzi szélességtől ($x = 2900$ km) kb. 54° földrajzi szélességig ($x = 5900$ km) számítottuk ki $y = 500$ km-ig, minden kerek 100 km-es y értékhez. A táblázatban az előbb említett határok között x-nek 1000 km-enkénti értékéhez adjuk meg az 1 km-es vetületi távolságnak megfelelő s ellipszoidi hosszat méterben. Az egyes vízszintes sorok adatain végignézve azt látjuk, hogy $y = 100$ km-nél

II. táblázat

y km	$x_1 = 2900$ km	$x_2 = 3900$ km	$x_3 = 4900$ km	$x_4 = 5900$ km	Különbség x_1 és x_4 között mm-ben
	s méter				
100	999,877	999,877	999,877	999,877	0
200	999,507	999,507	999,508	999,510	3
300	998,890	998,892	998,895	998,897	7
400	998,029	998,032	998,036	998,040	11
500	996,923	996,928	996,934	996,941	18

az 1 km-es vetületi távolságnak a vizsgált 3000 km-es x tartományban teljesen egyenlő ellipszoidi távolságok felelnek meg, és y nagyobb értékeinél is igen kicsi a változás, $y = 500$ km-nél is mindössze 18 mm. Ha az alapidom nem négyzet, akkor rendszerint $p > q$. Ha az 1 : 4000, 1 : 5000, illetve 1 : 10 000 méretarányhoz például a p oszlopszélességet 3 km-nek, 4 km-nek, illetve 8 km-nek vesszük fel, akkor $y = 500$ km-nél az oszlopszélességnek megfelelő ellipszoidcsík szélességének változása 54 mm, 72 mm, illetve 144 mm, ami a térképeken — a méretarányt figyelembe véve —, mindhárom esetben csupán mintegy 0,014 mm-t jelent. A kimutatott változások sem az alapfelületen, sem a térképen (és különösen az utóbbin) gyakorlatilag nem érzékelhetők.

A további vizsgálatokat ennélfogva az említett x tartományon belül bármilyen x értéknél elvégezhetnők. Mi az $x = 4000$ km-t választottuk.

IV

A javasolt ábrázolási eljárás lényege most már az, hogy az oszlopok és a sávok, és ezzel egyúttal az alapidomok határvonalainak, illetve a térképlapok keretvonalainak eredeti GAUSS—KRÜGER-*koordinátáit* ($n \cdot p$, illetve $m \cdot q$) *változatlanul megtartjuk*, de az alapidomok határ-, illetve a térképlapok keretvonalaitól számított *részkoordinátákat* az oszlop középvonalához tartozó lineármodulus reciprokjával megszorozzuk, és a koordinátákkal meghatározott pontokat az így kapott y' és x' redukált részkoordinátákkal rakjuk fel a térképre. Ugyanígy redukáljuk természetesen a térképkeret oldalhosszait is. Ily módon a térképen ábrázolt vonaldarabok hossza és idomok területe — figyelembe véve a méretarányt — megegyeznek az alapfelületi megfelelők hosszával, illetve területével. Ugyanakkor a szögtartóság is gyakorlatilag megmarad, mert oszloponként valamennyi hosszértéket ugyanazzal a tényezővel szorzunk. És mivel az egymás mellé sorakozó oszlopok lineármodulusa csak igen kis mértékben növekszik, a szögtartóság számos oszlopon át tökéletesnek tekinthető; nagy kiterjedésben pedig legalább annyira, mint az eredeti vetületen. (Tudniillik bármelyik szögtartó vetület is csak korlátolt területen belül

tökéletesen alakhű, mert a lineármodulus növekedésének irányában — pl. a GAUSS—KRÜGER-vetületen az y irányban — kiterjedt idomok képe már jelentősen deformálódik !)

Az elmondott módszerrel készült térképeken a már felrakott pontok között végzett hosszmérések eredményeinek eltérése a koordinátákból számított vagy a térképről lemért hossztól csupán a mérési vagy a térképezési hibákból és a terepnek az alapfelülettől való magasságából adódnak, és nem terhelik őket a vetületi torzulások.

Ha valamely pontnak a térképről lemért redukált részkoordinátáit megszorozzuk az oszlop középvonalához tartozó lineármodulussal, és az így kapott értékeket hozzáadjuk a megfelelő keretvonalak kerek kilométer értékű koordinátáihoz, megkapjuk a pontnak az egységes koordináta-rendszerbe tartozó (az eredeti GAUSS—KRÜGER-vetületre vonatkozó) koordinátáit. És ha a térképről lemért távolságot megszorozzuk a (8) képletek egyikével számított m hossztorzulási tényezővel, megkapjuk a vetületi hosszat. A (8) képletek közül az elsőt akkor használjuk, ha a vonaldarab mindkét végpontja ugyanabba az oszlopba esik, a másodikat pedig akkor, ha a végpontok különböző oszlopokban vannak.

A javasolt térképezési módnak megfelelően a vizsgált x tartományban a térképlapok keretvonalainak hossza és területe egy-egy oszlopban egyenlő, de oszloponként változik. A hosszkülönbségek azonban a szomszédos oszlopok térképlapjai között olyan kicsik, hogy azokat rajzilag egyáltalában nem lehet érzékelni. A gyakorlati munkában pedig egy térképlaphoz általában csak a kétoldali szomszédos oszlopok egy-egy térképlapját csatlakoztatjuk, mégpedig a keretvonal középső pontjához illesztve.

A III. táblázat néhány oszlopcsoportra mutatja az oszloponként változó adatokat arra az esetre, ha $p = 3$ km, $q = 2$ km, valamint ha $p = q = 3$ km, és mindkét esetben 1 : 4000 a méretarány. A táblázatban y az oszlopközépnek az eredeti GAUSS—KRÜGER-vetületi távolsága az x tengelytől kilométerben, k a térkép észak—déli irányú keretvonalának hossza mm-ben az 500, illetve 750 mm-rel szemben, Δ ezek különbsége a szomszédos oszlopok között ezredmilliméterben (10^{-3} mm). A táblázatot az x tengelytől valamivel több, mint 500 km-ig készítettük el. Jól látható belőle, hogy a szomszédos oszlopok térképlapjainak keretoldal-hosszai között az eltérés érzékelhetetlen. Ha figyelembe vesszük, hogy a 0,1 mm, vagyis $100 \cdot 10^{-3}$ mm a térképezés, illetve a térképről való lemérés határa, belátható, hogy az 500 km-t, tehát az x tengely két oldalán az 1000 km-t is még nyugodtan túlléphetjük.

Természetesen az oszlopokhoz meg kell adni táblázatszerűen és az egyes térképlapokon is fel kell tüntetni a lineármodulust és reciprokját, valamint a területi modulust és reciprokját, továbbá a méretarány figyelembevételével a térképlap területét is. A IV. táblázatban néhány oszlophoz megadjuk a lineármodulus reciprokját ($1/l$) és a méretarány figyelembevételével a térképlapok

III. táblázat

y	k	Δ	k	Δ
km	mm	10^{-3} mm	mm	10^{-3} mm
97,5	499,941		749,912	
100,5	938	3	907	5
103,5	934	4	901	6
196,5	762		643	
199,5	755	7	633	10
202,5	747	8	621	12
295,5	463		194	
298,5	452	11	178	16
301,5	441	11	161	17
397,5	029		748,543	
400,5	014	15	521	22
403,5	498,999	15	499	22
496,5	486		747,729	
499,5	468	18	702	27
502,5	449	19	674	28

IV. táblázat

y	$1/l$	F	F
km		m²	m²
100,5	0,999 875 624	5998 507,1	8997 762,1
199,5	510 038	5994 121,4	8991 182,2
298,5	0,998 903 663	5986 850,2	8980 276,8
400,5	027 855	5976 359,3	8964 539,0
499,5	0,996 935 201	5963 278,4	8944 920,5

F területét a 6, illetve 9 millió négyzetméterrel szemben. A területmeghatározást természetesen a megfelelő oszlophoz megadott F területértékre kell térképlaponként kiegyenlíteni.

Az V. táblázat az 1 : 5000 méretarányhoz ad felvilágosítást arra az esetre, ha $p = 4$ km, $q = 3$ km, illetve ha $p = q = 4$ km. A k keretvonalhosszat a 600, illetve a 800 mm-rel állítottuk szembe.

Végül a VI. táblázat az 1 : 10 000 méretarányra vonatkozik, feltételezve, hogy $p = 8$ km, $q = 6$ km, illetve $p = q = 8$ km. Itt jegyezzük meg, hogy a

V. táblázat

y	k	Δ	k	Δ
km	mm	10^{-3} mm	mm	10^{-3} mm
98	599,929		799,905	
102	923	6	898	7
106	917	6	889	9
198	710		613	
202	699	11	598	15
206	687	12	582	16
298	344		125	
302	327	17	102	23
306	309	18	078	24
398	598,831		798,442	
402	808	23	411	31
406	784	24	379	32
498	172		797,563	
502	143	29	524	39
506	113	30	484	40

vázolt ábrázolási módnál, amelynél egy alapidomon belül az oszlop középvonalához tartozó lineármodulus reciprokját használjuk fel a redukált részkoordináták számításához, a középvonaltól távolodva kicsi, de növekvő hossztorzulás mutatkozik. Így pl. a $p = 8$ km felvételekor az alapidom észak—déli határvonalain a hossztorzulás kilométerenként

$y = 100$ km-nél kb. 1 mm

$y = 200$ km-nél kb. 2 mm

$y = 300$ km-nél kb. 3 mm

$y = 400$ km-nél kb. 4 mm

$y = 500$ km-nél kb. 5 mm.

Ezek az értékek is teljesen elhanyagolhatók, de még kisebbek a határvonalon a hossztorzulások, ha a p érték kisebb; a p érték csökkenésével ez a hossztorzulás rohamosan kisebbedik.

Az alapidomoknak — mint már említettem — az alapul vett méretarányban egy-egy térképlap felel meg. Ha azonban egyes tereprészeken nagyobb

VI. táblázat

y	k	Δ	k	Δ
km	mm	10^{-3} mm	mm	10^{-3}mm
92	599,937		799,917	
100	926	11	901	16
108	914	12	885	16
196	716		622	
204	693	23	590	32
212	669	24	557	33
292	371		161	
300	336	35	114	47
308	300	36	066	48
396	598,843		798,457	
404	796	47	395	62
412	748	48	331	64
492	216		797,621	
500	157	59	543	78
508	098	59	464	79

méretarányt alkalmazunk, pl. az 1 : 4000 alapméretarányú beosztásnál 1 : 2000 vagy 1 : 1000 stb. méretarányt, akkor az alapidomnak (szelvénynek) 4, illetve 16 stb. térképlap felel meg. Ha a térképkeret méretei mm-ben ugyanakkorák, mint az alapméretarányban, akkor a szomszédos oszlopokba tartozó térképlapok kerethossz-különbségei is ugyanakkorák, mint abban, mert a keretvonalnak megfelelő ellipszoidi hossz ugyanolyan arányban kisebbedik, mint amilyen arányban a méretarány nagyobbodik. Az egyszerűsítés kedvéért tehát a nagyobb méretarányhoz egy oszlopon belül ugyanannak a lineármodulusnak a reciprokját használhatjuk fel redukáló szorzóul, mint amelyet az eredeti méretarányhoz alkalmazunk; így egy alapidomban és az egész oszlopban teljes az összhang.

A bemutatott adatokból világosan kitűnik, hogy az ábrázolás eme módja nem szakítja meg érzékelhetően a folytonosságot, mert a térképlapok között keletkező „hézagok" a 0,1 mm-es térképezési és lemérési határon mélyen alatta maradnak. Az $y = 500$ km-es vonalnál a bemutatott táblázatok szerint az 1 : 4000 méretarányban 0,019 vagy 0,028 mm; az 1 : 5000 méretarányban 0,030 vagy 0,040 mm; az 1 : 10 000 méretarányban pedig 0,059 vagy 0,078 mm. (A p és q egyéb használható változatainál sem jelentkezik érdemleges nagyságrendi különbség !)

A térképlapok közti „hézagok" kicsisége lehetővé teszi, hogy a nagyobb méretarányú térképlapokból a kisebb méretarányú lapokat akár fotográfiai úton, akár más eljárással könnyen előállíthassuk.

Befejezésül megemlítjük még azt is: ha az egységes koordináta-rendszerben ábrázolandó terület x tartománya a vizsgált 3000 km-es tartományon jelentékenyen túlterjed, akkor célszerű azt az y tengellyel párhuzamosan 2000 (esetleg 1000) km-es zónákra osztani, és az oszlopok lineármodulusának reciprokját a zónák középvonalához számítani. Ebben az esetben a zónahatárokon a csatlakozó térképlapok kelet-nyugati keretvonalán is jelentkezik valamelyes hosszkülönbség, ez azonban a III. táblázat tanúsága szerint ugyancsak érzékelhetetlen.

IRODALOM

1. HAZAY I.: Nagyobb terület ábrázolása egységes vetületi koordináta-rendszerben. Geodézia és Kartográfia, Budapest, **19**, 3, 161—165, 1967.
2. HAZAY I.: Néhány vetületi szempont és az egységes országos vetületi koordináta-rendszer gyakorlati kérdései. Geodézia és Kartográfia, Budapest, **24**, 3, 178—183, 1972.
3. TÁRCZY-HORNOCH—HRISTOW: Tafeln für KRASSOWSKY-ellipszoid (Zone 40°—55°) és Zone (25°—40°). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959., ill. 1968.

GEOELEKTROMOS MÉLYSZERKEZET ÉS GEOTERMIKUS ÉRTELMEZÉSE A MAGYAR MEDENCÉBEN

ÁDÁM ANTAL
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Bevezetés

A Magyar Medence sajátos földtani-geofizikai alkata a geoelektromos mérések eredményeiben is tükröződik. A természetes elektromágneses terekkel végzett mélyszondázások révén e sajátosságok nagy mélységekig követhetők. Az eredmények kifejezésre juttatják a mai geodinamikai elképzeléseinknek megfelelően a felszíni formációk és a mélyszerkezet, a földkéreg és a felső köpeny okozati kapcsolatát, kölcsönhatását. Ezeknek a tanulmányozása az utóbbi években joggal került a hazai érdeklődés előterébe is (Szádeczky-Kardoss E., Stegena L., Szénás Gy.).

E tanulmány a 60-as évek eleje óta rendszeresen végzett elektromágneses indukciós kutatások összefoglalása, szintézise. Korszerű szintézis készítését azonban csak az utóbbi évek eredményei tették lehetővé a téma országos szintű kiemelése révén, a kutatások ütemének fokozásával.

Az elektromos vezetőképességet nagyobb mélységben a felvezetés elve alapján a hőmérséklet szabályozza. Így a nagymélységű geoelektromos adatok értelmezése az anyagi sajátságok mellett elsősorban a geotermika paramétereivel történhetik. A tanulmány második részében erről az oldalról világítjuk meg és értelmezzük az első részben összefoglalt geoelektromos adatokat.

I. Az elektromágneses mélyszondázások főbb eredményei

Felszínközeli geoelektromos információk

A Magyar Medence első jelentős elektromos határfelülete, vezérszintje a többezer m kis ellenállású porózus miocén-pliocén üledék alatt a mezozóos-paleozóos medencealjzat. E medencealjzat fajlagos ellenállása (ϱ_2) lényegesen nagyobb, mint a harmadkori üledéké (ϱ_1); $\varrho_2/\varrho_1 > 100$. A medencealjzat domborzata így tellurikus módszerrel meghatározható. E módszer mélységszámítási pontosságát növeli a dipol elektromos szondázások segítségével végzett ellenálláskorrekció.

Ha a relatív tellurikus ellipszis területét a periódus függvényében ábrázoljuk (1. ábra), megkapjuk a relatív tellurikus frekvenciaszondázási görbét (RTFS) (ÁDÁM és VERŐ, 1964, 1967). A tellurikus kutatás periódustartományában (10—100 sec között) a RTFS görbék a földkéreg legfelső részének elektromos felépítéséről adnak általános információt. 2 réteges modellel közelítve a földkéreg ezen részét a ϱ_2/ϱ_1 hányadost jellemző paramétert kaphatunk. Az RTFS görbe T = 25 és 100 sec közötti szakaszának iránytangensével arányos t_{25-100} értékek (ÁDÁM, 1970) a ϱ_2/ϱ_1 hányadosra jellemzőek. Kétréteges modellközelítésben a ϱ_2 a jólvezető beágyazásokat is magába foglaló alaphegység átlagos fajlagos ellenállása. t_{25-100} érték térképi ábrázolása (2. ábra) megadja a Magyar Medence földkérgének nagyobb felszínközeli regionális anomáliáit. Ilyen pl. Dunántúlon a $t_{25-100} = -10$ izovonallal körülhatárolt terület (itt $\varrho_2/\varrho_1 < 1$).

A részletes kutatás feladata ezen anomáliák mibenlétének vizsgálata és meghatározása.

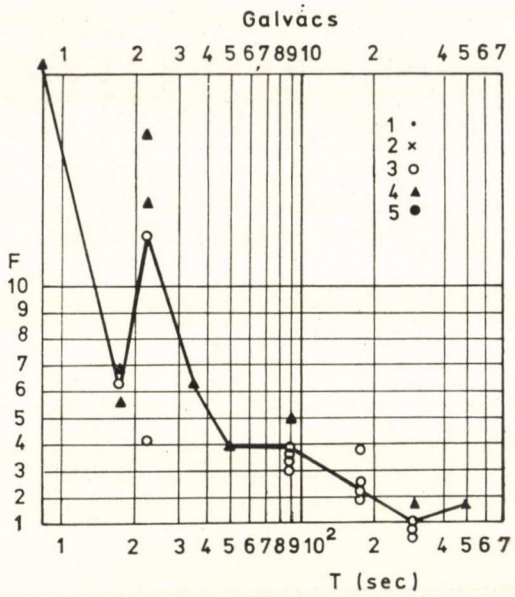
Vezetőképesség-anomáliák (CA) a Magyar Medence mélyszerkezetében

A Magyar Medence elektromos rétegszerkezetéről a Nagycenk melletti obszervatórium magnetotellurikus szondázási (MTSZ) görbéiből kaphatjuk a legteljesebb képet (ÁDÁM és VERŐ, 1967) (3. ábra). A ϱ_x és ϱ_y görbét kb. 500 egyedi változásból a látszólagos amplitúdók módszerével határoztuk meg. A ϱ_{max} iránya a periódus (T) növekedésével elfordul K—Ny-ról É—D felé. Földtani megfontolások alapján az üledékes medenceterület regionális csapása É—D-i (x) irányú, és ezért az elektromos inhomogenitások a ϱ_x görbe csökkenő szakaszait kevésbé torzítják. A ϱ_x görbe az I. táblázat rétegsorával közelíthető meg egydimenziós modellszámítással.

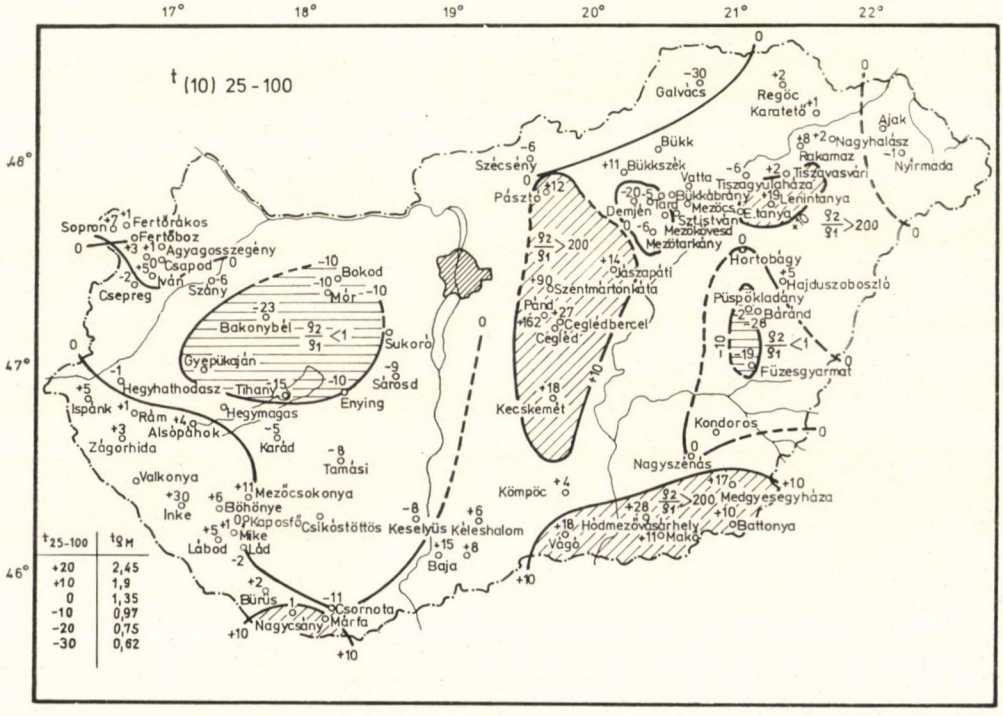
I. táblázat

Az elektromos inhomogenitások hatásától kevésbé zavart nagycenki ϱ_x görbét közelítő rétegsor

Réteg	ϱ [Ω m]	h [km]
1.	3,5	1,5
2.	130	15
3.	10	8
4.	5000	75
5.	10	60
6.	1000	250
7.	0,1	



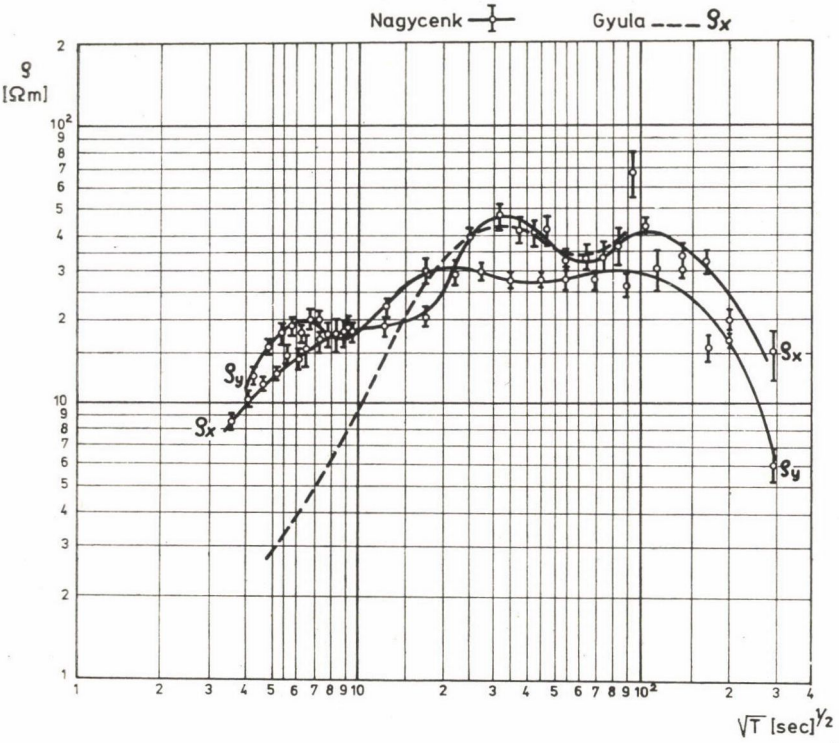
1. ábra. Relatív tellurikus frekvenciaszondázási görbe Galvács, Magyarország. F = a relatív ellipszis területe



2. ábra. Relatív tellurikus frekvenciaszondázási térkép

A ϱ_y görbe hasonló rétegszerkezetre utal, de mivel anizotrópia van, eltérő mélységértékkel.

A 3. ábrán a nagycenki görbék mellett feltüntettük a gyulai ϱ_x görbét is, amely a nagycenkitől eltérő elektromos földkéreg- és megegyező felső köpenyszerkezetet mutat.



3. ábra. Nagycenken és Gyulán mért MTSZ görbék

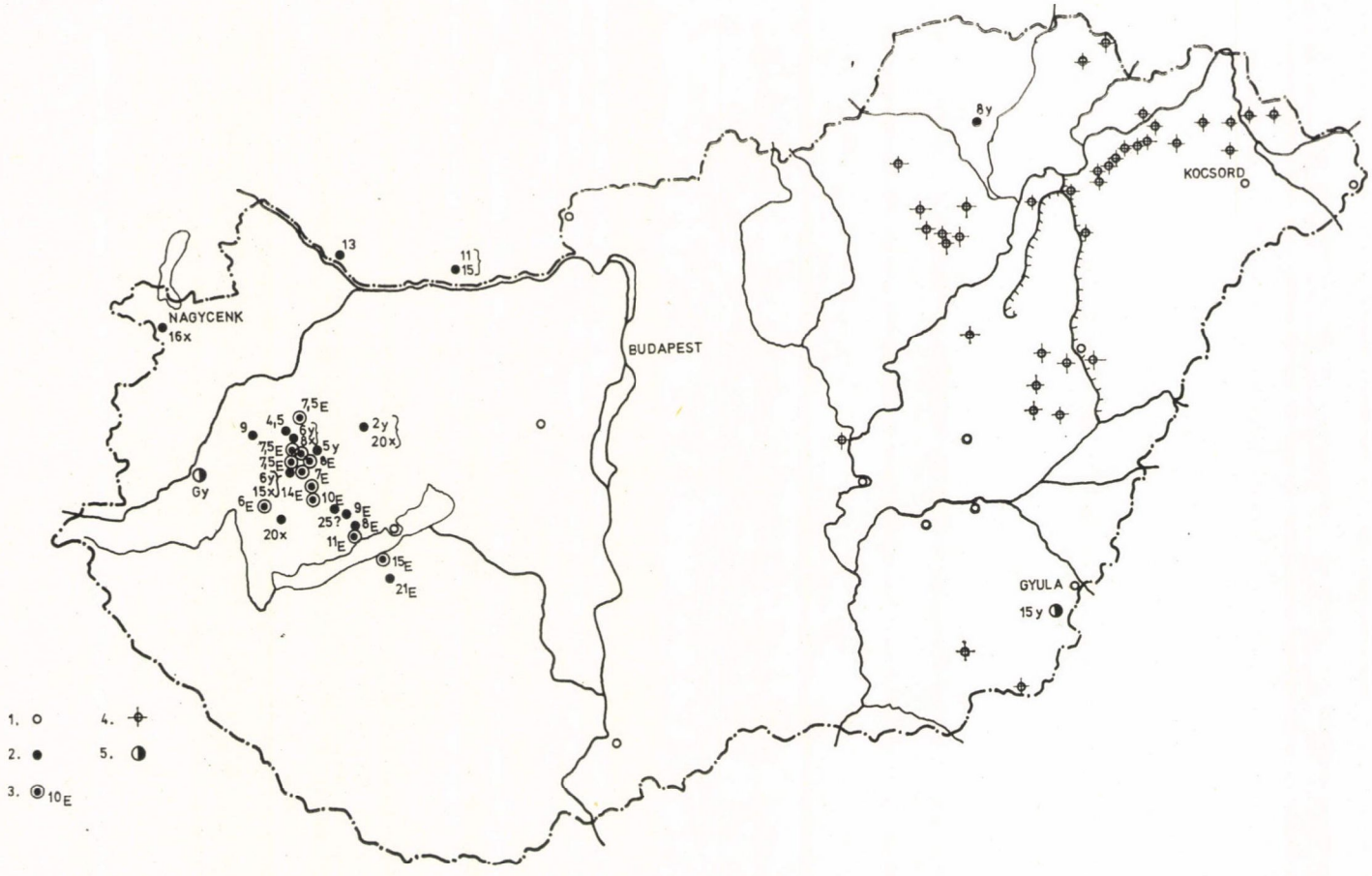
A fenti szondázási görbék alapján a Magyar Medencében a következő jólvezető képződmények (CA) elterjedését, mélységi változását, kőzettani-fizikai okát és a tektonikával való kapcsolatát tanulmányoztuk az alábbi bontásban:

a) CA a földkéregben 5—20 km mélységben

b) CA a felső köpenyben 100 km mélységig és 100 km-nél nagyobb mélységben.

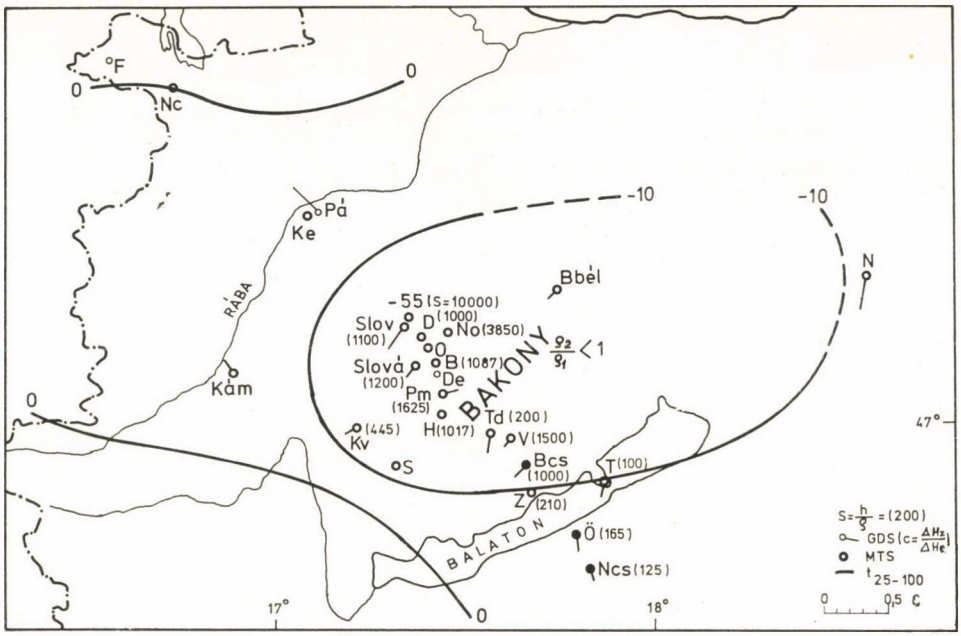
a) A földkéreg-anomáliáról

A földkéreg-anomáliák elhelyezkedését tükröző tellurikus (t_{25-100} térkép) és a magnetotellurikus szondázások térképe jó összhangban van. Ez utóbbin (4. ábra) a földkéregben a MTSZ-szel észlelt CA-k mélységét is megadtuk.



4. ábra. MTSZ-k helyei a Magyar Medencében. 1. A földkéregben nincs CA; 2. A földkéregben van CA; 3. A földkéregben van CA és mélységét E polarizációs szondázásból számítottuk (= 10 km); 4. A földkéregben nincs CA (TAKÁCS (1964) mérése); 5. Az MTSZ csak x vagy y irányban jelez CA-t

A legjelentősebb CA-t a Dunántúlon a $t_{25-100} = -10$-es izovonal határolja (5. ábra). Ezen a területen kerül a jólvezető képződmény a felszínhez legközelebb (~ 6 km). Reliefjét és horizontális vezetőképességét (S [Ω^{-1}]) É. ÉNy—D. DK-i szelvény mentén végzett szondázásokkal tanulmányoztuk (ÁDÁM, 1972).

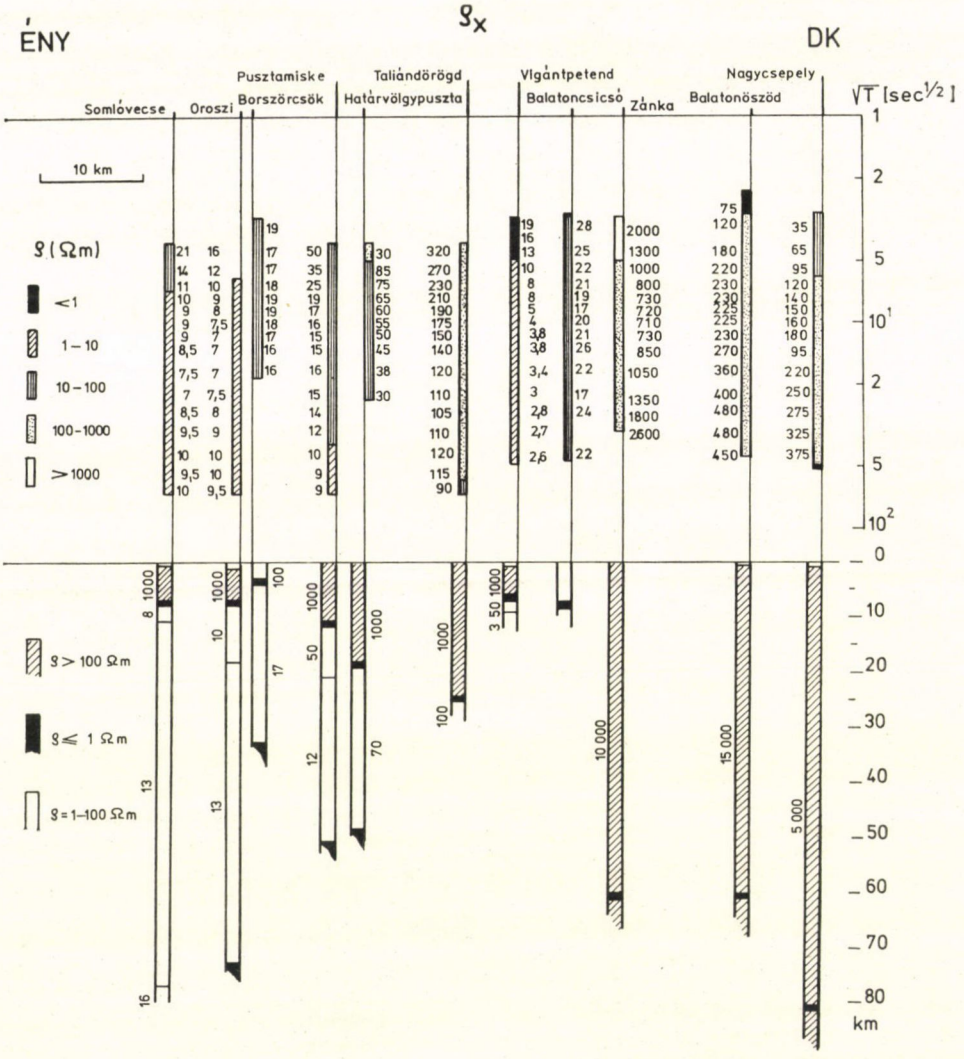


5. ábra. A dunántúli földkéregbeli vezetőképesség-anomália területén különböző elektromágneses indukciós méréssel kapott eredmények. GDS = földmágneses mélyszondázás (H_z vertikális, H_ϑ horizontális földmágneses komponens). (A többi jelölést lásd a szövegben!)

Minthogy a mérési terület (a Bakony-hegység, illetve annak É-i és D-i előterében levő medencék) bonyolult földtani felépítésű, a ϱ_x és ϱ_y görbék a legkülönbözőbb torzulási formákat mutatják. Közvetlen kiértékelésük egydimenziós elméleti modellel így téves információkat ad. Szemléltetésül a ϱ_{max} görbéket legjobban megközelítő ϱ_x görbék alapján számított elméleti rétegszelvényeket mutatjuk be (6. ábra).

A CA mélységében valószínűtlenül nagy ugrás van a Balaton É-i partján, a permi rétegek kibúvásánál.

A legzavaróbb torzító tényező, az üledékvastagság változásából származó S-hatás kiküszöbölése végett a Balaton vidékén meghatároztuk a terület uralkodó csapásirányával (K. ÉK—Ny. DNy) párhuzamos, azaz „E polarizációjú" $\varrho_{min} = \varrho_E$ görbéket is (7. ábra). Az ezek alapján számított mélységértékek már alkalmasak a földtani korrelációra. A 8. ábra a dunántúli földkéreg-

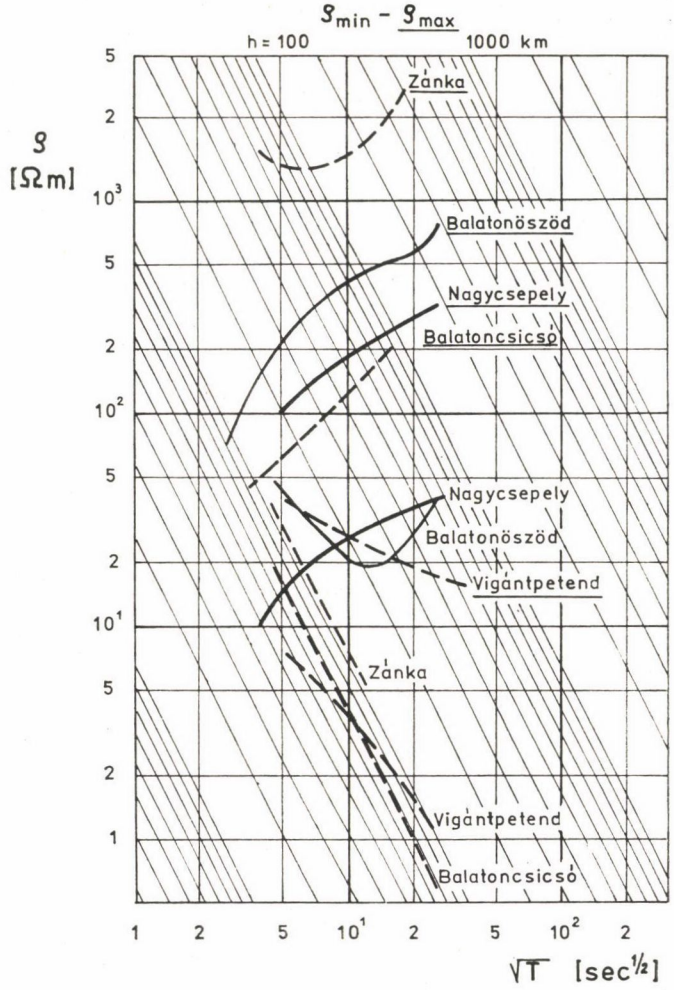


6. ábra. A dunántúli kéregszelvény mentén mért ϱ_x szondázási görbék adatai, valamint azok alapján számított egydimenziós elméleti modellek

kutató szelvény mentén mért MT szondázási görbéket és CA profilt ábrázolja. Az ábrán megkérdőjelezett réteg-indikációkat a jólvezető képződmény torzító hatásának kell tekintenünk a jólvezető réteg határain kívül (ún. „elszívó hatás"). A CA Zánkától D-re egyre nagyobb mélységben és csökkenő S értékkel jelentkezik.

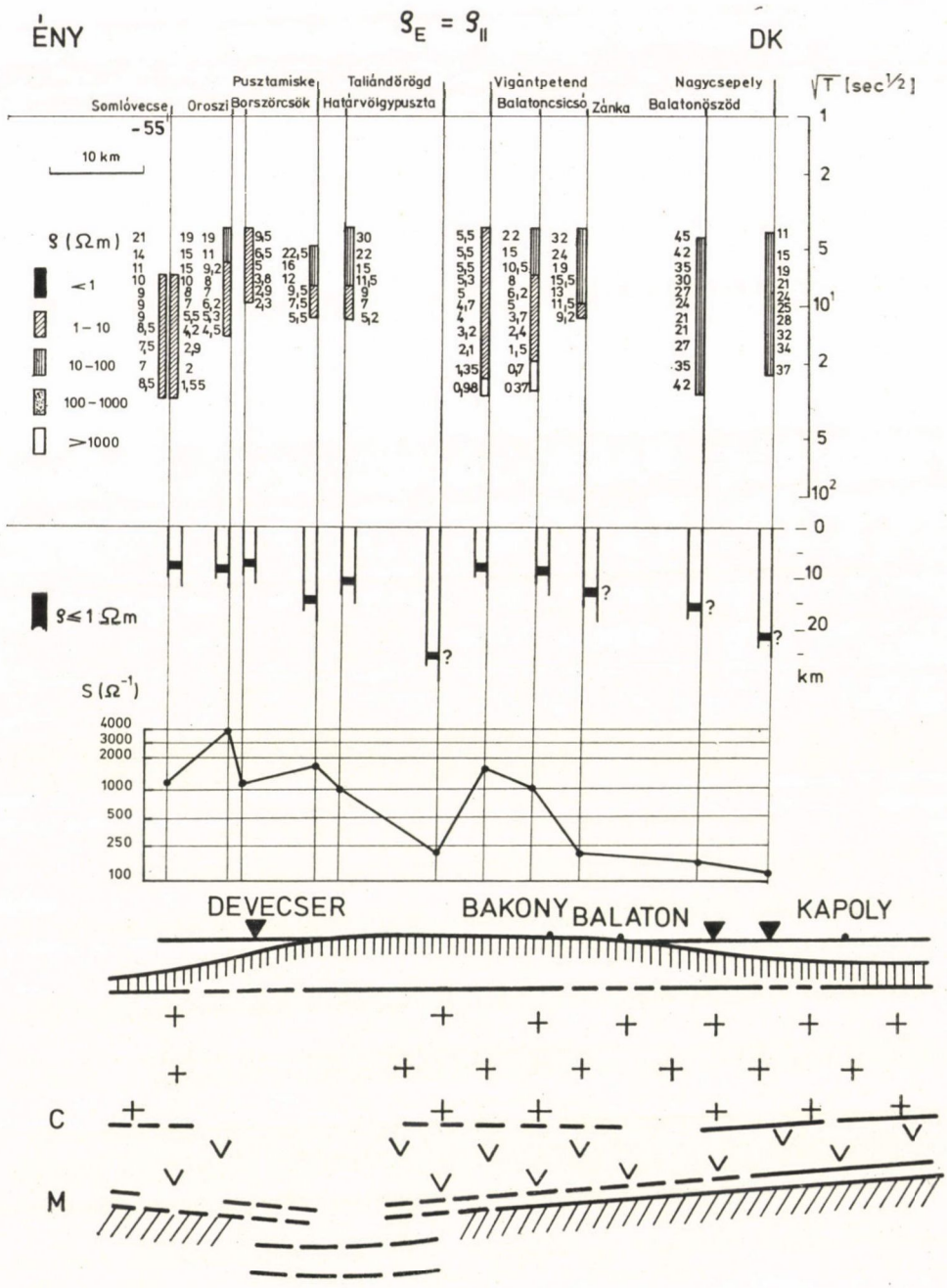
Feltevésünk szerint a CA a „Balaton-vonaltól" É-ra levő terület paleozoikumát jelzi. Egyik mélyebb emeletéhez (szilur?) tartozik és a nagy anizotró-

piából is következően valószínűleg grafit, vagy grafit-pala (ÁDÁM, 1971). Reliefjében a MOHOROVIČIĆ-felülethez hasonló elmélyülés látszik, amint azt az ábra alján levő kéregszelvény mutatja.



7. *ábra.* A balatoni nagy törés két oldalán mért ϱ_{min} és ϱ_{max} MT szondázási görbék

Az 5. ábrán bemutatott WIESE-féle indukciós nyilak a CA területén kicsik ($C < 0{,}2$) és a regionális déli iránytól eltérően váltakozva K-re, illetve Ny-ra fordulnak. Ennek az alapján feltételezhető az is, hogy a jólvezető képződmény összefüggésben van a Balatontól É-ra levő terület É. ÉNy—D. DK-i vetőrendszerével, illetve az azokban levő folyadék ionos vezetésével.



8. ábra. A dunántúli kéregszelvény mentén az E polarizáció irányában mért MT szondázási görbék adatai, valamint a földkéregbeli CA-nak azok alapján számított mélység- és horizontális vezetőképesség-szelvénye, továbbá a mélyszeizmikus szelvény (C = CONRÁD- M = MOHOROVIČIĆ-határfelület)

b) A felső köpeny anomáliái

A Magyar Medencében végzett számos MT szondázás jelzi, hogy a felső köpenyben jólvezető zónák vannak. Rétegparamétereik legvalószínűbb értékének kiszámítása azonban a szondázási görbék különböző torzulása miatt nehéz. A torzulást főként a medencealjzat domborzata, tektonikája okozza, amelynek a MT anizotrópiában kifejezésre jutó sajátosságai vannak. Továbbá a felső köpeny vizsgálatakor figyelembe kell venni a földkéregbeli jólvezető zóna hatását is a határain kívül, amint arra a fentiekben utaltunk.

Elsősorban azoknak a köpenyanomáliáknak a realitását kell megvizsgálni, amelyek $T \leq 100$ sec-nál jelentkeznek az S-hatás következtében a ϱ-tengely mentén eltolt ϱ_x és ϱ_y görbéken.

A Magyar Medencére jellemző felső köpenybeli első jólvezető zóna karakterisztikus jelentkezései periódustartománya $400 < T < 2000$ sec.

A jólvezető zóna mélységére nézve az S-hatást legkevésbé mutató csapásirányú (E-polarizációjú) szondázási görbék adhatják a legmegbízhatóbb értékeket. Ritka azonban az olyan szondázási görbe, amelynél a szondázás teljes periódustartományában az MT anizotrópia iránya állandó. Ilyen csak jelentős tektonikai hatásokra alakul ki, mint amilyen egy nagy törési zóna (pl. a Balaton-vonal). Az anizotrópia-ellipszis többnyire forog a periódusidő függvényében aszerint, hogy a behatolási sugárnak megfelelő térfogatban milyen földtani szerkezeti elemek, elektromos inhomogenitások uralkodnak (pl. a 3. ábrán a nagycenki görbék). Az ilyen forgás is létrehozhat látszólagos rétegindikációkat. Ez a két egymásra merőleges irányban mért szondázási görbe ellentétes változási tendenciáiban is kifejezésre juthat.

Az E polarizációs görbéket a már említett dunántúli MT szelvény szondázási pontjaiban mértük és tenzor-programmal számítottuk. A görbék nagyobb része sajnos hiányos a felső köpeny első jólvezető rétegének jelentkezési periódustartományában, minthogy a kutatások elsődleges célja a kéregbeli CA tanulmányozása volt.

E polarizációs görbére példaként a *somlóvásárhelyi* (az 5. ábrán Slová jelölésű) ϱ_x görbe elméleti rétegmodelljét mutatjuk be (II. táblázat).

A felső köpeny jólvezető rétegének mélysége 67,12 km $\sim$ 70 km. Ehhez közelálló (legfeljebb $\pm$ 10 km-rel eltérő) értéket ad a kisvásárhelyi (Kv jelű az 5. ábrán) $\varrho_{\min} = \varrho_E$ görbe, a taliándörögdi (Td) $\varrho_{\min} = \varrho_E$ görbe, a somlóvecsei (Slov) $\varrho_x = \varrho_E$ görbe és a nagycenki (Nc) ϱ_y görbe is. Ezek közül a kisvásárhelyit lineárisan polarizált változásokból számítottuk.

A felső köpeny e jólvezető rétege a Dunántúlon azon a területen fekszik legkisebb mélységben ($\sim$ 40—50 km) ahol a földkéreg jólvezető rétege a MOHOROVIČIĆ-határfelülettel együtt elmélyül (8. ábra).

A 9. ábra mutatja a fenti pontokban kapott szondázási görbéket, valamint a nagycenki ϱ_x görbét, és az ÉK-Magyarországon eddig a leghomogénebb

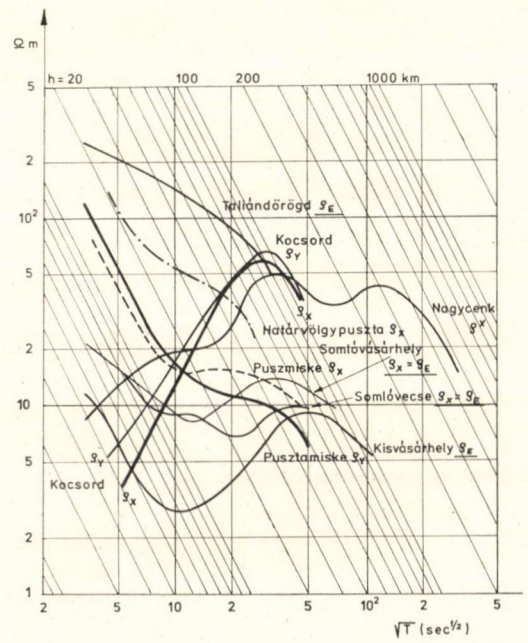
II. táblázat

A Slová jelölésű (5. ábra) ϱ_x görbe egydimenziós modellel számított rétegsora $\varrho_x = \varrho_E = \varrho_{max}$, $\varrho_y = \varrho_H = \varrho_{min}$.

Réteg	h [km]	ϱ [Ω m]
1.	0,5	5
2.	6,5	500
3.	0,12	0,1
4.	20	12
5.	40	1000
6.		0,1

feltételek mellett (Kocsordon) észlelt MT görbéket. Ezen a felsőköpeny jólvezető rétegének mélysége $\sim$ 100 km.

A MT mélyszondázási görbék másik részét a Magyar Alföldön mértük és tenzorszámítás nélkül csak a ϱ_x és ϱ_y görbéket határoztuk meg. Ezek a medencealjzat szerkezetének ismerete nélkül csak statisztikusan értelmezhetők. A szondázási görbéken a legkülönbözőbb torzulások jelentkeznek. Az S-hatásra erős elcsúszások is fellépnek a ϱ tengely mentén. A görbék nagymély-



9. ábra. Magnetotellurikus szondázási görbék a Dunántúlról és a leghomogénebb nagyalföldi területről, Kocsordról

ségű szakaszai elemezhetők a legkevésbé (ÁDÁM, 1970/a). A megadott becslési adatokból számított átlagmélységek (FOURNIER et al., 1971) a III. táblázatban láthatók.

III. táblázat

A ϱ_x és a ϱ_y alapján számított felső köpenybeli jólvezető réteg mélysége a Magyar Alföld területén.

ϱ_x alapján	85 km (65—125 km között, 10 adat)
ϱ_y alapján	60 km (30—125 km között, 8 adat)
ϱ_y alapján	45 km (30— 70 km között, 6 adat)

Hasonló eltérés mutatható ki TAKÁCS (1964) szondázási görbéiből a ϱ_x, illetve ϱ_y alapján számított mélységekben. A Magyar Medence ÉK-i részén, a Tiszától D-re levő keleti csapású részmedence területén TAKÁCS egymáshoz nagyon hasonló ϱ_y görbéket kapott, amelyek a jólvezető réteg mélységére egyöntetűen $\sim$ 70 km-t adnak.

A felső köpeny első jólvezető rétegének számított mélysége tehát annak függvénye, hogy azt a ϱ_x vagy a ϱ_y görbéből számoljuk, jelezvén a Magyar Medence nagy regionális MT anomáliáját. A mélység *legvalószínűbb értéke* $\sim$ 75 *km*. Néhány magyar és szlovákiai MT görbe (pl. Nagycenk, Gyula, Kocsord, Nitranska Blatnica) a jólvezető réteg elmélyülésére utalnak a Medence peremén (9. ábra). Ez azonban, a csehszlovák adatok ellentmondásos értelmezése miatt, nem állítható határozottan.

A Szovjetunió táblás területein az első CA (pl. Közép Orosz Medencében) 200 km-nél nagyobb mélységben jelentkezik, feltehetően összefüggésben az ott mért lényegesen kisebb hőárammal (BRUNELLI et al., 1964.).

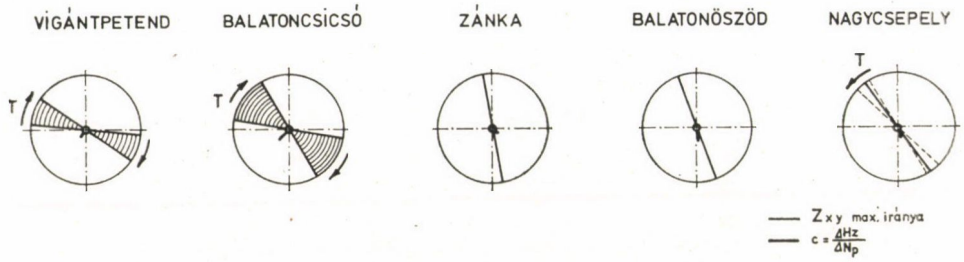
A felső köpenynek ez a jólvezető rétege valószínű megfelel a litoszféra lemez alján jelentkező kissebességű zónának (LVL), az asztenoszférának. BISZTRICSÁNY (1973) számítása szerinti mélysége a Magyar Medencében 70—80 km, és benne a szeizmikus sebesség 7,85 km/sec. Feltevésünk szerint ebben a zónában az alkáli kőzetek feldúsultak és részlegesen olvadtak.

Egy további, a nagycenki szondázási görbéken 300—400 km között jelentkező CA megfelelhet az olivin-spinel fázismenetnek, amely AKIMOTO et al. (1965) szerint nagyságrendekkel megnöveli a vezetőképességet.

Szerkezeti hatások, irányságjátságok

a) Az MT-anizotrópia

A nagycenki szondázási görbék, mint említettük, a periódusidővel változó irányú és jellegű anizotrópiát mutatnak, amelynek egyik fő sajátossága a $\varrho_x > \varrho_y$ egyenlőtlenség a pulzációkénál nagyobb periódusoknál. Ennek következtében a MTSZ görbék bal oldali emelkedő ága a ϱ_y görbéknél laposabb, mint a ϱ_x-nél. Ez az egyenlőtlenség regionálisan és statisztikusan jellemző az egész Magyar Medencére (ÁDÁM, 1969).



10. ábra. $Z_{xy\,max}$ iránya a balatoni törés két oldalán mérve

Nagyon valószínű, hogy a regionális MT-anizotrópia a Magyar Medence egyik fő tektonikai irányához, a K—Ny-i, illetve K. ÉK—Ny. DNy-i irányú vetőkhöz, törési zónákhoz kapcsolódik. Ezért van, hogy a csapásirányban mért ϱ kisebb, mint a dőlésirányban mért. Ezt a feltevést valószínűsíti az a tény is, hogy néhány MTSZ-nél ettől a regionális anizotrópiától való eltérés ott jelentkezett, ahol jól kifejlett haránttörések vannak, mint pl. a Balatontól északra.

Az MT anizotrópia okának szép bizonyítékát adja a K. ÉK—Ny. DNy-i csapásirányú Balaton-vonalon keresztül mért magnetotellurikus mélyszondázási szelvény.

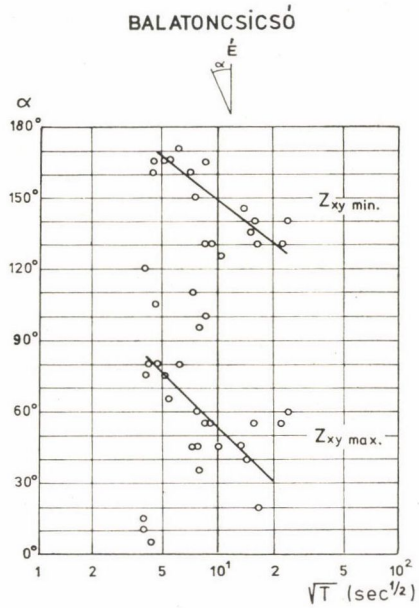
A Balaton-menti tektonika hatása közvetlenül a szerkezet mellett, periódustól független lineáris polarizációban és nagy $\frac{\varrho_{max}}{\varrho_{min}}$, illetve $\frac{\varrho_x}{\varrho_y}$ arányban nyilvánul meg. Ezek a sajátosságok Zánkán és Balatonöszödön jelentkeznek (10. ábra).

A tektonikai hatótól távolodva a hatás csökken. A polarizáció periódusfüggővé válik és a periódus növekedésével a $Z_{xy\,max}$ iránya annál jobban közelíti meg a zánkai, illetve balatonöszödi pontban mért polarizációs irányt, minél közelebb fekszik a méréspont ezekhez a pontokhoz. Mindezt jól szemlélteti a 10. ábra, illetve a IV. táblázat, amelyben a szögeket É-ról Ny felé mérve adjuk meg.

IV. táblázat

$A_{xy\ max}$ iránya a Balaton körüli MT mérési pontokon

Mérőpont	$Z_{xy\ max}$ iránya		
	25 sec		400 sec
Vigántpetend	85°		55°
Balatoncsicsó	80°		30°
Zánka		10°	
Balatonöszöd		20°	
Nagycsepely	30°		45°



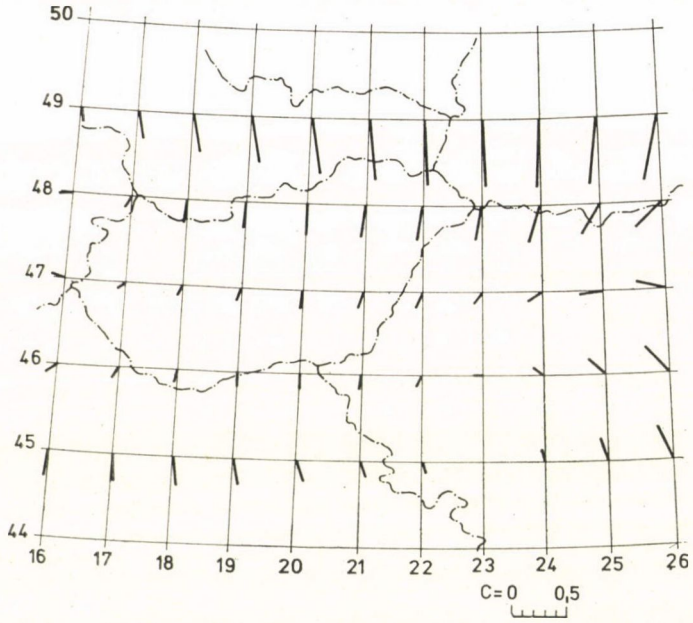
11. ábra. Az impedancia szélső értékeinek változása a periódus függvényében Balatoncsicsón

A 11. ábrán látható a $Z_{xy\ min}$ és $Z_{xy\ max}$ irányának változása a periódus függvényében Balatoncsicsón.

A regionális MT anizotrópia értelmezhető a globális tektonika szemszögéből is (Stegena, Horváth, Ádám, 1971). A hosszan elnyúlt lineáris szerkezetek, mint pl. a lemezszegély, tükröződnek a regionális MT anizotrópiában.

b) A földmágneses indukciós nyilak[1]

A Magyar Medencében, eltekintve az ÉNy-i részétől (a Balatontól ÉNy-ra eső területtől) a WIESE-féle indukciós nyilakban a Külső és Belső Kárpátok közötti jólvezető törészóna irányító hatása mutatkozik meg. A nyilak regionális déli irányítottságúak és a hosszuk a medence belseje felé É-ról D felé csökken. A csökkenést elősegítheti a felső köpeny jólvezető rétegének megemelkedése is a medencében („high cut ΔZ anomaly"). Az indukciós nyilaknak



12. ábra. Regionális indukciós nyilak a Kárpátok térségében

másodrendű függvénysorral való közelítésnél (ÁDÁM, VERŐ, WALLNER 1972) a lokális hatásoktól mentesen a fenti megállapítások jól kirajzolódnak (12. ábra).

Ha az eredeti nyilakból a regionális értékeket levonjuk, kapjuk a lokális hatást. E lokális indukciós hatásokat kifejező maradék anomáliákban már nehéz szabályos jelleget felismerni. Az üledékes medencék vastagságváltozásai mellett elsősorban a tektonika, főként a MT-anizotrópiában is tükröződő jólvezető törési zónák hatása figyelhető meg.

[1] A WIESE-féle indukciós nyíl hossza $C = \Delta H_z/\Delta H_\vartheta$ képlettel számítható, ahol H_z a vertikális, H_ϑ pedig a horizontális földmágneses komponens. Az utóbbi iránya a földmágneses északkal ϑ szöget zár be.

Érdekes hatáshalmozódás mutatkozik a dunántúli földkéreg-anomália területén. Itt a kárpáti törészóna déli irányítottságú nyilait a balatoni nagy törésből származó közel északi irányú nyilak jórészt közömbösítik és így tud kirajzolódni az eredeti nyilakban a jólvezető haránttörések közel K—Ny-i hatása (5. ábra). A magnetotellurikus eredmények sokkal inkább a lokális, azaz a közeli hatásokat fejezik ki, amint láttuk a balatoni törészóna közelében végzett szondázásoknál.

II. A geoelektromos és geotermikus paraméterek kapcsolata

A geotermikus és geoelektromos paraméterek lehetséges kapcsolatára a Magyar Medencében közvetlenül az első magyar nagymélységű magnetotellurikus szondázások (MTSZ) után felhívtuk a figyelmet (ÁDÁM, 1963, 1965). Az elektromos félvezetés alapján nyilvánvalónak látszott, hogy a Magyar Medencében észlelt átlagosan 2 μcal/cm^2 s (= 83,74 mWm^{-2})-nál nagyobb hőáram, illetve ebből adódóan a Föld belsejében feltételezett magas hőmérséklet következménye az, hogy a felső köpenyben az első jólvezető réteg a felszínhez közelebb van, mint a Szovjetunió kb. fele akkora hőárammal jellemzett táblás területén. Rámutattunk a RINGWOOD-féle kőzetmodell segítségével a jólvezető réteg és a GUTENBERG-csatorna (LVL) lehetséges kapcsolatára is. A szovjet irodalomban erre számos hivatkozás történt (BERDIČEVSKI et al., 1970).

A Magyar Medencében azóta végzett MT szondázások, mint az I. részben bemutattuk, megerősítették a jólvezető réteg jelenlétét a felső köpenyben.

Legvalószínűbb mélységét tehát 75 km körül (60—85 km között) adhatjuk meg. Mint láttuk, a mélység pontosabb meghatározása a MT szondázási görbék torzulása miatt nehéz.

Ezenkívül a következő megállapítások geotermikus értelmezésével kell foglalkozni:

a) A jólvezető rétegnek a K—Ny (K. ÉK—Ny. DNy)-i fő tektonikai vonalak irányában meghatározott mélysége kisebb (45—60 km) és vezetőképessége nagyobb, mint a rá merőleges irányban (ÁDÁM, 1969).

b) A jólvezető réteg mélysége a medence szélei felé nagyobb (Nagycenk: 100 km, Kocsord: 105 km).

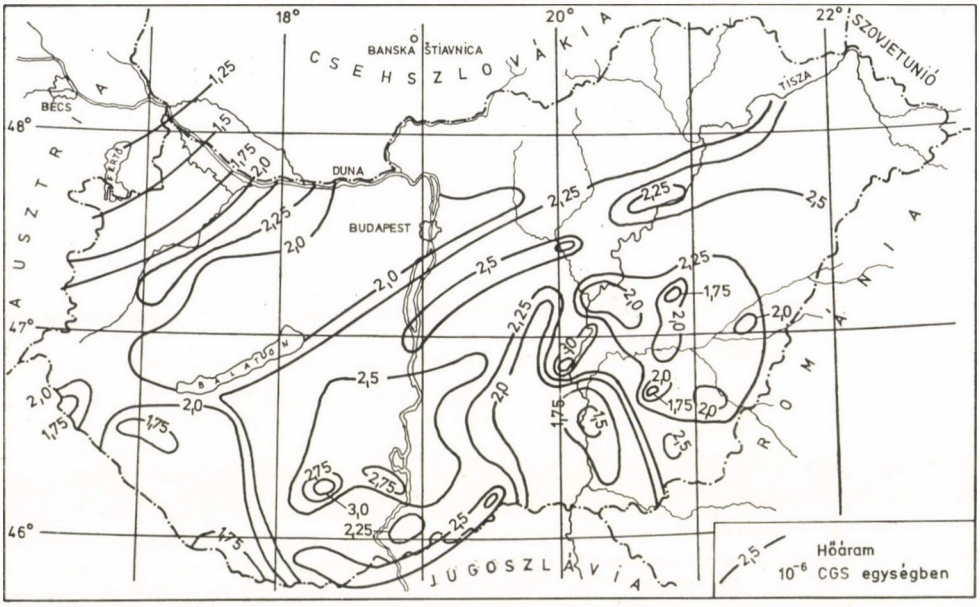
c) A földkéregben néhány km mélységben több ezer [Ω^{-1}] horizontális vezetőképességű jólvezető képződmény van a Dunántúlon (ÁDÁM, VERŐ, 1964).

BISZTRICSÁNY (1973) számításai igazolták az LVL és a jólvezető réteg mélységének egyezését.

BOLDIZSÁR hőáram-térképén (1964) a medence ÉNY-i részén a hőáram jelentős csökkenése utalhat a jólvezető réteg elmélyülésére (13. ábra). A hőáram területi eloszlása és a jólvezető réteg mélység-változásai között az adatok

meghatározásában levő bizonytalanság miatt nehéz további összefüggést megadni.

A tektonikailag igénybevett övek (törések) mentén feldúsulnak a FeO, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O oxidokban gazdag alkáliák (PAARMA, 1963, PARHOMENKO, BONDARENKO, 1972). BONDARENKO (1966) vizsgálatai szerint az alkáli kőzeteknek a vezetőképessége nagyobb, mint a bázikus, vagy ultrabázikus kőzeteké. Ugyanakkor a mélytöréseken keresztül a hőáram (konvektív úton is)



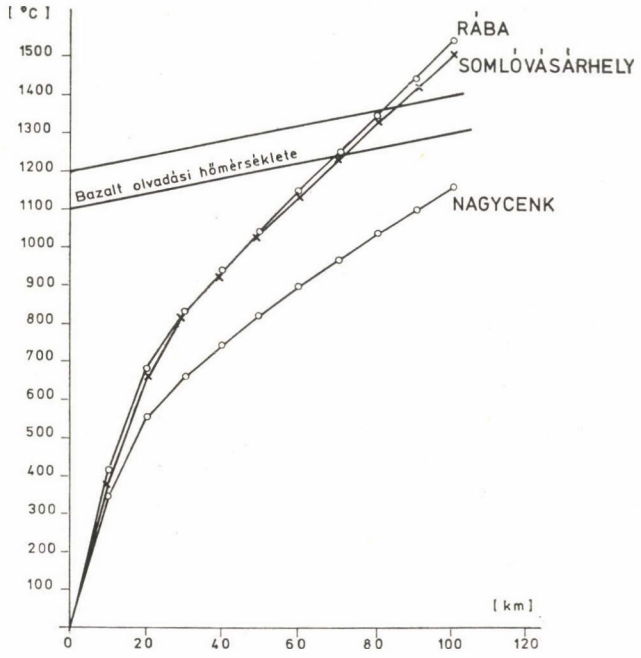
13. ábra. BOLDIZSÁR (1964) hőáramtérképe

a földkéregbe juthat és ez is jelentősen megnövelheti a vezetőképességet a törési zónában (ÁDÁM, 1963, STEGENA, 1970). Ezek a tényezők megmagyarázhatják a Magyar Medencében a fő törési vonalak mentén észlelt regionális MT-anizotrópiát, ha feltételezzük, hogy a törési zóna vastagsága megfelelően nagy. Ez utóbbira nézve modellszámításokat végzünk.

A jólvezető réteg kialakulásának feltételeit a hőmérséklet-mélység függvény, a kőzetek elektromos vezetőképessége, valamint a felső köpenyt felépítő kőzetek, elsősorban a bázikus kőzetek (bazaltok) olvadási hőmérséklete alapján vizsgálhatjuk. Az NP-2 mélyszeizmikus vonal mentén BUNTEBARTH által számított hőmérsékletértékekből következik, hogy a *bazaltos* összetételű kőzet a Rába folyónál, Somlóvásárhelyen 70 km-es mélységben már olvadni kezd, (14. ábra) és így az elektromos vezetőképesség, KHITAROV és SLUZKY (1965) kísérleti vizsgálatai szerint, 2—3 nagyságrenddel megugorhat. Ez a vezetőképesség-változás összhangban van az MTSZ-k eredményével.

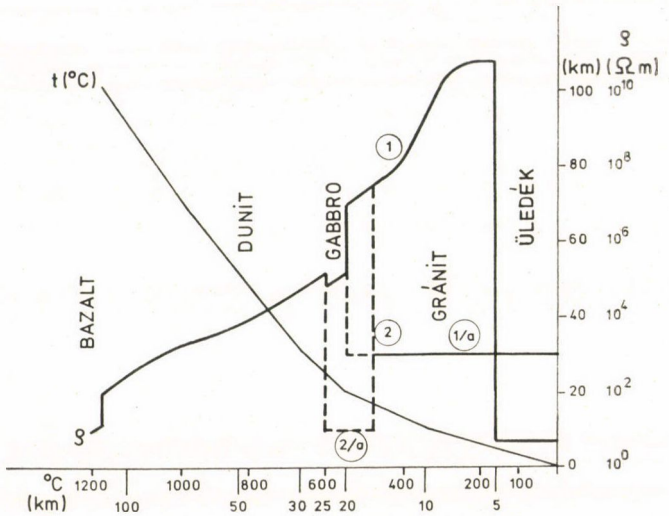
A hőmérsékletszámítások alapján 100 km mélységre kapott 1 μcal/cm^{-2} s^{-1}-nél nagyobb (44—60,7 mWm^{-2}) hőáramból is részleges olvadásra kell következtetni a felső köpenyben.

Nagycenk területére végzett hőmérsékletszámítás szerint viszont 100 km-nél sem elegendő nagy a hőmérséklet az olvadás megindulására. A jólvezető réteg itt $\sim$ 1200° C-nál 10 Ω m-es fajlagos ellenállással 100 km mélységben jelentkezik a ϱ_x szondázási görbén.

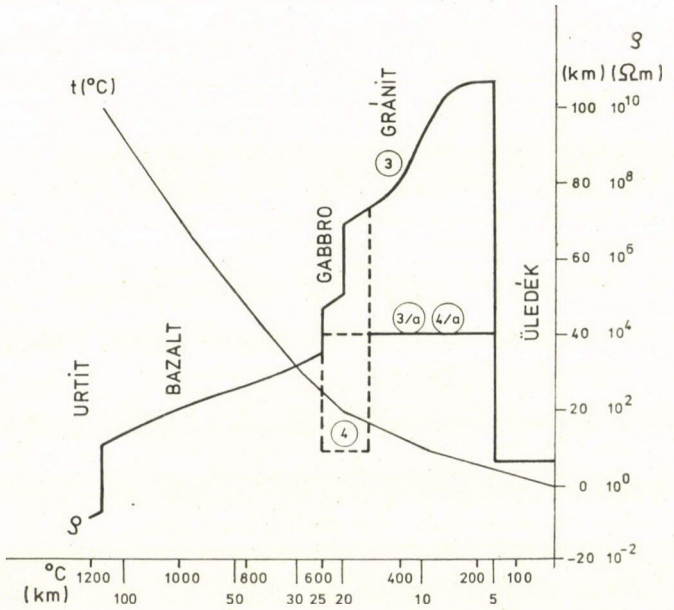


14. ábra. Hőmérséklet-mélység görbék az NP-2 mélyszeizmikus vonal mentén és a bazalt olvadási hőmérséklete

Bondarenko (1966) laboratóriumi adataival, valamint a nagycenki hőmérséklet-mélység-görbe alapján ellenállásmodelleket szerkesztettünk (a 15. ábrán 1—4. modell). Az 1—2. kőzetmodellünk megfelel Vendel (1972) elképzelésének, aki Borchert- és Trőger-féle modellből indult ki. A 3—4. modellel az asztenoszférában az alkáli kőzetek feldúsulását kívántuk kihangsúlyozni. Buntebarth számításaihoz alkalmazkodva a szelvény legfelső részén az üledéket vastagabbnak vettük fel, mint amekkora az a valóságban (5 km 1,5 km helyett). Ennek nincs szerepe azonban a jólvezető asztenoszféra magnetotellurikus mélységmeghatározásában. Bondarenko adataiban a nyomás hatása nem szerepel. Mint ismeretes, bázikus és ultrabázikus kőzeteknél 25 kp/cm^2-ig a vezetőképesség-növekedés alig haladja meg a 80%-ot, ezért



15—a. ábra. A földkéreg és a felső köpeny elektromos fajlagos ellenállás-modelljei



15—b. ábra. A földkéreg és a felső köpeny elektromos fajlagos ellenállás-modelljei

a BONDARENKO-féle adatok jó közelítésnek tekinthetők. 20 kp/cm² felett nagyon kevés megbízható eredmény van (PARHOMENKO, BONDARENKO, 1972), így a MT elméleti görbeszámításnál a szelvény 100 km-nél mélyebb szakaszát egyetlen féltérrel vettük figyelembe. A féltér fajlagos ellenállása 100 km-nél

olvasható le a modelljeinkről. A gránit fajlagos ellenállását a feltételezett nedvességtartalmára való tekintettel 10^3 és 10^4 Ω m-el vettük figyelembe a számításnál („a"-val jelzett modellek). A nagycenki MT görbék alapján a kéregbe 15 km mélyen 10 km vastag jólvezető réteget is beiktattunk a 2. és 4. modellnél.

A modellnek megfelelő (5—10 km vastag rétegekből felépítve számított) MT elméleti görbéket a nagycenki ϱ_x görbével hasonlítottuk össze (16. ábra). A vezetőképesség folyamatos növekedése a hőmérséklettel, valamint a 100 km-nél jelentkező 1—2 nagyságrendű vezetőképesség-ugrás együttes következményeként a csökkenő görbeszakasz jó egyezést mutat a mért és az elméleti MT görbéken (1. és 3. modell). A földkéreg-anomália hatását nem sikerült kellően modellezni.

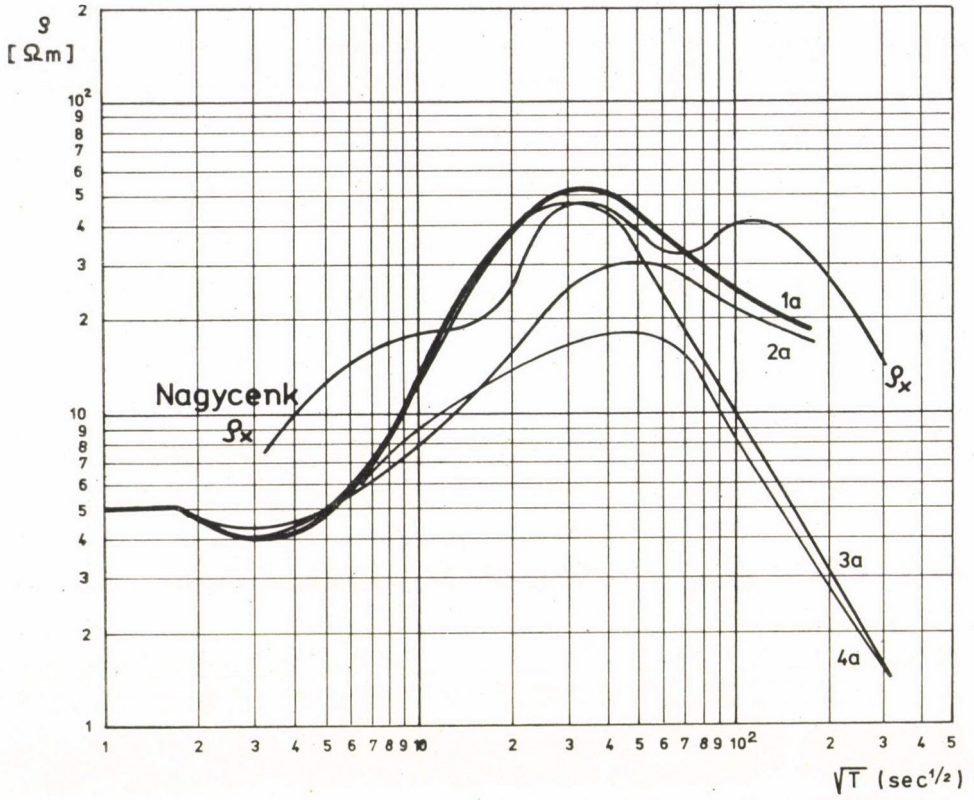
Legvalószínűbbnek az 1/a kőzet-modell látszik a Nagycenk melletti obszervatórium területére a BUNTEBARTH-féle hőmérséklet-mélység függvény alapján. Minthogy a bazalt és a peridotit fajlagos ellenállása a hőmérséklettel egyformán változik, a két kőzet a modellünkben helyettesítheti egymást. Az alkalmazott kőzetkombinációk helyettesíthetősége egyszersmind utal a felső köpeny anyagi megismerésének nehézségére.

7—10 km mélységben a számított hőmérséklet alig nagyobb 300° C-nál a *dunántúli földkéreganomália* területén. Így a hőmérsékletnek nincs szerepe a elektromos vezetőképesség kialakításában. A CA mélységben észlelt jólvezető képződmény olyan kőzethez kapcsolódik, amelynek a vezetőképessége a felszíni hőmérsékleten is nagy. Földtani megfontolások szerint ez a kőzet grafit, illetve grafitos pala lehet a paleozoikum valamelyik korai emeletéből, amint arra már az I. részben utaltunk.

Minthogy a CA a pliocén korú bazaltvulkánosság területén jelentkezik, kerestük a jólvezető képződmény kapcsolatát a vulkanizmussal. Valószínűtlen az a feltevés, hogy a kb. 1 millió évvel ezelőtt a kéregben 10 km mélységig felhatolt bazalt-magma máig megőrizte kb. 1100° C-os hőmérsékletét és ez okozza az észlelt vezetőképesség-növekedést. BUNTEBARTH számítása szerint stacionáris viszonyok mellett a felszínen ekkor 4,4 μcalcm^{-2} s^{-1} (= 184,2 mWm^{-2}) értékű hőáramnak kellene jelentkeznie, az észlelt (vagy a területre interpolált) $\sim$ 2 μcalcm^{-2} s^{-1}-al szemben.

Összefüggésben lehet viszont a vulkanizmussal a felső köpeny jólvezető rétegének felemelkedése ezen a területen.

Minthogy a WIESE-féle indukciós nyilak iránya az É. ÉNy—D. DK-i haránttörések felett átfordul, feltételezhető, hogy itt ezek a lazult övek ugyanúgy jólvezető csatornák, mint az említett K—Ny-i (K. ÉK—Ny. DNy-i) fő törések, amelyek a Magyar Medence regionális MT-anizotrópiáját meghatározzák. A viszonylag kis mélység miatt ezekben elsősorban ionos vezetésre kell gondolni. Feltehetően ebben is szerephez jut a töréseken felfelé áramló hő.



16. ábra. A 15. ábra modelljének megfelelő MTSZ-görbék a Nagycenken mért ϱ_x görbével összehasonlítva

Összefoglalás

A tanulmány az utóbbi évek vizsgálatai alapján valószínűsíti a Magyar Medence nagymélységű geoelektromos szerkezetének főként a szerző korábbi publikációiban ismertetett néhány fő jellegzetességét és azokat elsősorban a földkéreg vonatkozásában új adatokkal egészíti ki. Bemutatja mind a földkéregben, mind a felső köpenyben a jólvezető képződmények mélységi eloszlását és azoknak területi változását. Megjelöli a geoelektromos réteg paramétere rei meghatározhatóságának hibahatárait és annak földtani-fizikai okát.

Rámutat az elektromos vezetőképesség térbeli eloszlásának, az anizotrópiának tektonikai eredetére és azt mind a magnetotellurikus, mind a földmágneses indukciós adatokat illetően elsősorban a törési zónák vezetőképesség-anomáliájában találja meg. A törészónában jelentős vezetőképesség-növekedést mutat ki. A csapásirányú vezetőképesség nagyobb, mint a rá merőleges

(dőlés-) irányú a Magyar Medence hosszanti és részben (pl. a Bakony környékén) a haránttöréseiben is. A Külső és Belső Kárpátok közötti mélytörési zóna földmágneses hatása még a Magyar Medence belsejében is megmutatkozik. Az anomália kialakulásában a felszínközeli vízáramlások mellett a szerző jelentőséget tulajdonít a földkéreg és a felső köpeny közötti konvenciós hőáramoknak a nagymélységű törési zónákban. Ezek az áramlások az elektromos félvezetés elvén megnövelhetik a vezetőképességet és a mélytörésekben a jólvezető rétegek feltüremlését eredményezhetik.

A felszíni hőáramból sokismeretlenes egyenletrendszer megoldásával, tehát számos feltevéssel és közelítéssel levezetett hőmérséklet-mélységfüggvényt geoelektromos adatokkal sikerült valószínűsíteni a Magyar Medence számára. Így a tanulmány feloldja a geotermikus és geoelektromos paraméterek közötti ellentmondásokat és lehetőséget ad az eddigieknél realisztikusabb geodinamikai megfontolásokra. Ezeket a Magyar Medence kialakulását illetően részben a nemzetközi project-ek, részben pedig a globális tektonikával összefüggő hazai nyersanyagkutatási koncepciók megalkotása ösztönzi.

A kutatások további fázisaiban főként a nagymélységű törési zónákban lejátszódó termodinamikai folyamatok komplex geotermikus-geoelektromos vizsgálata, az állapotegyenletek geofizikai megalkotása, a vulkanológiai szempontok kidolgozása szerepel kutatási elképzeléseink között.

IRODALOM

Akimoto, S. J.—Fujisawa: Demonstration of the electrical conductivity jump produced by the olivin-spinal transition. J. of Geophys. Res., **70**, 2, 443—339, 1965.

Ádám, A.: A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásviszonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel (Módszertan és eredmények). (Kandidátusi értekezés tézisei), 1963.

Ádám, A.: Einige Hypothesen über den Aufbau des oberen Erdmantels in Ungarn. Gerlands Beiträge zur Geophysik, **74**, 1, 20—40, 1963.

Ádám, A.: Apparance of the Electrical Inhomogenity and Anisotropy in the Results of the Complex Electrical Exploration of the Carpathian Basin. Acta Geodaet. Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung., **4**, 1—2, 187—197, 1969.

Ádám, A.: Some quantitative contribution to the telluric relative frequency-slundings (RTFS) in the Hungarian Basin. Geofizikai Közlemények, **XIX**, 1—2, 1970.

Ádám, A.: Problems of the Electric Upper Mantle Research in the Hungarian Basin. Fifteen Years Geodetical and Geophysical Research Laboratories of the Hungarian Academy of Sciences in Sopron, 1970/a.

Ádám, A.: A paleozóos grafitos képződmények meghatározása magnetotellurikus módszerrel elektromos árnyékoló rétegek alatt a Magyar Medencében és néhány genetikai következtetés. Geonómia és Bányászat, **4**, 2—4, 297—308, 1971.

Ádám, A.: Änderungen in der Tiefe der gutleitenden Zonen im Ungarischen Becken, regionale und lokale Effekte. Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica **7**, 1972.

Ádám, A.: Jelentés a dunántúli magnetotellurikus alapkutatásokról. (Kézirat), 1973.

Ádám, A.—Verő, J.: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. Acta Technica, **47**, 1—2, 63—77, 1964.

Ádám, A.—Verő, J.: A magyarországi elektromágneses mérések újabb eredményei. Geofizikai Közlemények, **XVI**, 1—2, 25—52, 1967.

Ádám, A.—Verő, J.—Wallner, Á.: Regional properties of geomagnetic induction arrows in Europe. Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica, **7**, 1972.

BISZTRICSÁNY, E.: Sekélyfészkű földrengések felületi hullám kódjának vizsgálata. Doktori értekezés. 1969.
BISZTRICSÁNY, E.: Determination of LVL depths on European earthquake zones. Geofizikai Közlemények, in print, 1973.
BOLDIZSÁR, T.: Terrestrial Heat Flow in the Carpathians, J. of Geophys. Res., **69**, 21, 15, 5269—5275, 1964.
BONDARENKO, A. T.: A Kola félsziget magmás kőzeteinek elektromos vezetőképessége magas hőmérsékleten. A kőzetek elektromos és mechanikai sajátságai nagynyomáson, Nauka, Moszkva 192—199, (oroszul), 1966.
BRUNELLI, B. E.—KOVTUN, A. A.—KUZNECOV, N. S.—RASPOPOV, O. M.—CICERINA, N. D.—JANOVSKIJ, B. M. Investigation of the region of Central Russian Basin by magnetotelluric sounding (in Russian) Voprosy Geofiziki 15, Izdat Leningradskovo Univ., 3—16, 1964.
BUNTEBARTH, G.: Temperature calculations in the Hungarian seismic profile-section NP—2. Megjelenőben a KAPG Monográfiában.
FOURNIER, H.—ÁDÁM, A. DE MIGUEL L.—SANCLEMENT E.: Proposal for a first upper mantle magnetotelluric E—W profile across Europe, Acta Geod. Geoph. Mont. Acad. Sci. Hung., **6**, 3—4, 459—477, 1971.
KITAROV, N. I. and SLUZKY, A. B.: The impact of pressure upon the melting temperature of albite and basalt (according to the data of electric conductivity measurements). Geochemistry, **12**, 1395—1403, (in Russian), 1965.
PAARMA, H.: On the tectonic structure of the finnish basement, especially in the light of geophysical maps. Fennia, **89** N: Ol, Helsinki, 1963.
PARHOMENKO, E. I.—BONDARENKO, A. T.: A kőzetek elektromos vezetőképessége nagy nyomáson és hőmérsékleten. Nauka, Moszkva, (oroszul), 1972.
PEČOVA, J.—PETR. V. V.—PRAUS, O.: Depth distribution of the electric conductivity on Czechoslovak territory. J. of Geomag. and Geoel., **22**, 235—240, 1970.
SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Az új globális tektonika mozgásmechanizmusa és kapcsolatai a Föld és az élet fejlődésével. Geonómia és Bányászat, **4**, 1, 1971.
STEGENA, L.: Mélyszerkezet és geotermikus viszonyok Magyarországon. Ann. Univ. Sci. Budapestiensis de R. Eötvös Nom. Sect. Geol., **XIV**, 153—159, (oroszul), 1970.
STEGENA, L.—HORVÁTH, F.—ÁDÁM, A.: Spreading Tectonics investigated by Magnetotelluric Anisotropy. Nature, **231**, Jun. 18, 1971.
SZÉNÁS, GY.: A Kárpát-rendszer és a globális tektonikák. Geofizikai Közlemények, **XXI**, 1—4, 91—107, 1973.
TAKÁCS, E.: Magnetotellurikus műszer- és módszerfejlesztési vizsgálatok és alkalmazásuk a geofizikai kutatásban. (Kandidátusi értekezés). 1964.
VENDEL, M.: Studie über den initialen Magmatismus. Acta Geol., **16**, 127—161, 1972.

AZ ALAPENERGIAHORDOZÓK ÉRTÉKESÍTÉSÉNEK ÉS FELHASZNÁLÁSÁNAK TÉRSZERKEZETI PROBLÉMÁI MAGYARORSZÁGON

BORAI ÁKOS
A FÖLDRAJZTUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

A gazdasági élet fejlődése, a társadalom által igényelt nagyobb volumenű új érték előállítása feltételezi a termelés és a felhasználás összhangját. A természeti erőforrások társadalmi-gazdasági hasznosítása azonban térben és időben változó folyamat. Ezért a dinamikus fejlődésben szerepet játszó növekedési tényezők harmonikus együttműködése csak abban az esetben biztosítja a maximális gazdasági növekedés ütemét, ha az az általános térbeli egyensúlyi állapot részegységeinek (körzeteinek) együttműködésén alapul. Ellenkező esetben a termelés és a felhasználás, valamint a térbeli megoszlást áthidaló szállítás alkalmával olyan veszteségek keletkeznek, amelyek csökkentik a természeti erőforrások értékét. Mivel a gazdasági egyensúly alapja a fejlődés útján létrejött szerkezeti egyensúly, ezért a termelés és a felhasználás regionális elemzésekor különös gondot kell fordítanunk a komparatív előnyt kialakító tényezők elemzésére.

Köztudomású, hogy hazánk gazdasági életében az egyik legjelentősebb változás az energiamérleg forrás- és felhasználási struktúrájában figyelhető meg, ezért tanulmányunkban az alapenergiahordozók kitermelésének és felhasználásának regionális szerepét szeretnénk röviden vázolni.

Hazánk alapenergiahordozó igénye 1960—1970 között 128,6 Tkcal-ról 205,3 Tkcal-ra emelkedett. Ugyanakkor az energiamérleg forrás- és felhasználási struktúrája megváltozott. A szénféleségek részesedése ugyanis 75,9%-ról 54,3%-ra csökkent, a szénhidrogéneké viszont 24,1%-ról 45,7%-ra emelkedett.

Az alapenergiahordozók volumenének 159,6%-os növekedése, összetételének átalakulása jelentős hatással volt a termelés és a felhasználás területi kapcsolataira. Az egyenletes növekedéssel lépést tartó, népgazdasági szintű egyensúly globális (totális) kialakítása ugyanis regionális vonatkozásban kisebb-nagyobb parciális ellentét forrásává vált, amelynek feloldását nagymértékben megkönnyíti a tervezés területi szempontjainak érvényre juttatása:

1. Az *értékesítés* térben és időben változó struktúráját az ásványvagyon nagysága és halmazállapot szerinti összetétele, használati értéke, valamint a

1. táblázat

Magyarország alapenergiahordozó-mérlege

Tkcal-ban

	1961	1963	1965	1968	1970
Hazai termelés	111,0	120,6	128,5	132,5	141,1
Import	26,5	27,7	40,9	45,3	57,5
Nyitó készlet	7,5	9,8	11,8	10,3	6,7
Egyéb	—	0,3	—	1,0	—
Összes forrás	145,0	158,1	181,2	189,1	205,3
Export	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5
Zárókészlet	8,8	2,3	14,1	8,8	8,5
Egyéb	0,1	—	0,2	1,2	—
Közv. felhasználás	42,0	51,5	51,9	49,6	53,8
Átalakításra	93,6	103,9	114,7	129,2	142,5
Összes elosztás	145,0	158,1	181,2	189,1	205,3

társadalmi-gazdasági követelményhez igazodó termelési kapacitás nagysága határozza meg. Ennek megfelelően a hazai eredetű alapenergiahordozók kibocsátásának térszerkezetét hosszú időn át a szénkitermelés lehetőségei határozták meg egyoldalúan. A kitermelhető szénvagyon nagyrésze ugyanis DNy—ÉK-i tengely mentén vált ismeretessé. A termékkibocsátás hagyományos, területi szempontból részarányos megoszlásán a MAORT által 1937-ben feltárt zalai kőolaj-előfordulás sem sokat változtatott.

A felszabadulást követő évek gazdaságpolitikája a szénkitermelés növelésével ezen történelmileg átörökölt térszerkezet struktúráját erősítette meg. A kisebb használati értékű földes-fás barnaszén energetikai felhasználása, a termelési volumen növelését szolgáló új kapacitás kialakítása ugyanis arányos területi fejlesztésként jelentkezett az energetikai tengely DNy-i (Várpalota) és ÉK-i szárnyán (Mátravidék). Az ismertetett területi arány csak az I. ötéves tervidőszak végén változott meg kisebb mértékben, Dunaújváros (Dunai Vasmű) növekvő mecseki kokszszén ellátásával.

A II. hároméves tervidőszak alatt nyilvánvalóvá vált, hogy a kitermelhető szénvagyon aknákkal való lekötöttségében említésre méltó területi aránytalanságok keletkeztek. Mivel az energia átalakítását szolgáló beruházások (kondenzációs hőerőművek) területi megoszlása nem volt kellő összhangban az alapenergiahordozók kitermelésével, ezért a körzetek egy részében (Észak-Magyarország) jelentős volumenű kőszén extraregionális beszerzése vált szükségessé.

A II. ötéves tervidőszak alatt (1960—1965) az autark szemlélet meggyengülésével napirendre került a fogyasztók minőségi igényének gazdaságos kielégítése. A szénbányászat ezen követelménynek nagykapacitású aknák telepítésével, a koncentrált nagyüzemi termelés feltételeinek megteremtésével kívánt eleget tenni. Meggyorsította a kis kapacitású, ráfizetéses aknák szénvagyonának lefejtését. Az ismertetett folyamat következményeként a kibocsátás térszerkezete módosult, hogy később (1968) az új gazdasági irányítási rendszer bevezetésével jelentős arányváltozáson menjen át. A direkt irányítási rendszer felszámolásával ugyanis a kis használati értékű szeneket értékesítő medencék (Nógrádi Szénbánya Vállalat) árbevétele nem fedezte a költségráfordítást. A ráfizetés ellensúlyozása érdekében — a műszaki-technológiai fejlesztés mellett — elkerülhetetlenné vált a szénkitermelés előirányzatának csökkentése. A szanálás, a ráfizetéses aknák bezárása több bányavállalatot érzékenyen érintett (Nógrádi, Borsodi, Ózdvidéki Szénbánya Vállalat). A vázolt folyamat következtében a szénbányászati iparág termelése 1965—1970 között 8,6 Tkcal hőértékkel, állományi létszáma 14,6 ezer fővel csökkent.

2. táblázat

Az alapenergiahordozók kitermelésének körzeti megosztása

Körzetek	1961		1963		1965		1968		1970	
	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%
Budapest	—		—		—		—		—	
Központi	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	—		—	
Észak-Dunántúl	46,7	42,1	48,9	40,5	48,2	37,5	44,8	33,8	44,5	31,5
Dél-Dunántúl	29,5	26,6	32,4	26,9	35,2	27,4	27,4	20,7	25,4	18,0
Észak-Magyarország	31,4	28,3	30,9	25,6	33,9	26,4	29,8	22,5	29,9	21,2
Észak-Alföld	1,9	1,7	5,0	4,1	7,5	5,8	14,3	10,8	16,6	11,8
Dél-Alföld	0,7	0,6	2,6	2,2	2,9	2,3	16,2	12,2	24,7	17,5
Összesen:	111,0	100,0	120,6	100,0	128,5	100,0	132,5	100,0	141,1	100,0

Az alapenergiahordozók kitermelésének geográfiai megoszlásában, a térszerkezet átalakulásban számottevő szerepe volt az új alföldi szénhidrogén lelőhelyek feltárásának. Az ötvenes évek végének eredményes kutatása nyomán ugyanis Békés megyében (Battonya, Pusztaföldvár, Pusztaszöllős), majd Hajdú megyében (Hajdúszoboszló) jelentős volumenű földgáz, később kőolaj-készlet vált ismeretessé. Ennek ellenére a hazai alapenergiahordozók forrásvolumenének nagy részét, 80,3%-át még 1963-ban is a széntermelésükről közismert körzetek adták a népgazdaságnak. Az újonnan feltárt alföldi területek együttes értékesítése a globális egésznek csupán 6,3%-a volt. A Duna—

Tisza között feltárt új szénhidrogén lelőhelyek (Üllés, Szank, Algyő) kiaknázásával azonban a kibocsátás területi arányai számottevő mértékben megváltoztak. Míg a széntermelésükről közismert körzetek termelése az 1961. évi 107,6 Tkcal-ról 1970-ben 99,8 Tkcal-ra csökkent, addig az alföldi körzeteké 1,6 Tkcal-ról 41,3 Tkcal-ra emelkedett.

3. táblázat

Az alapenergiahordozó termelés megoszlása

1970

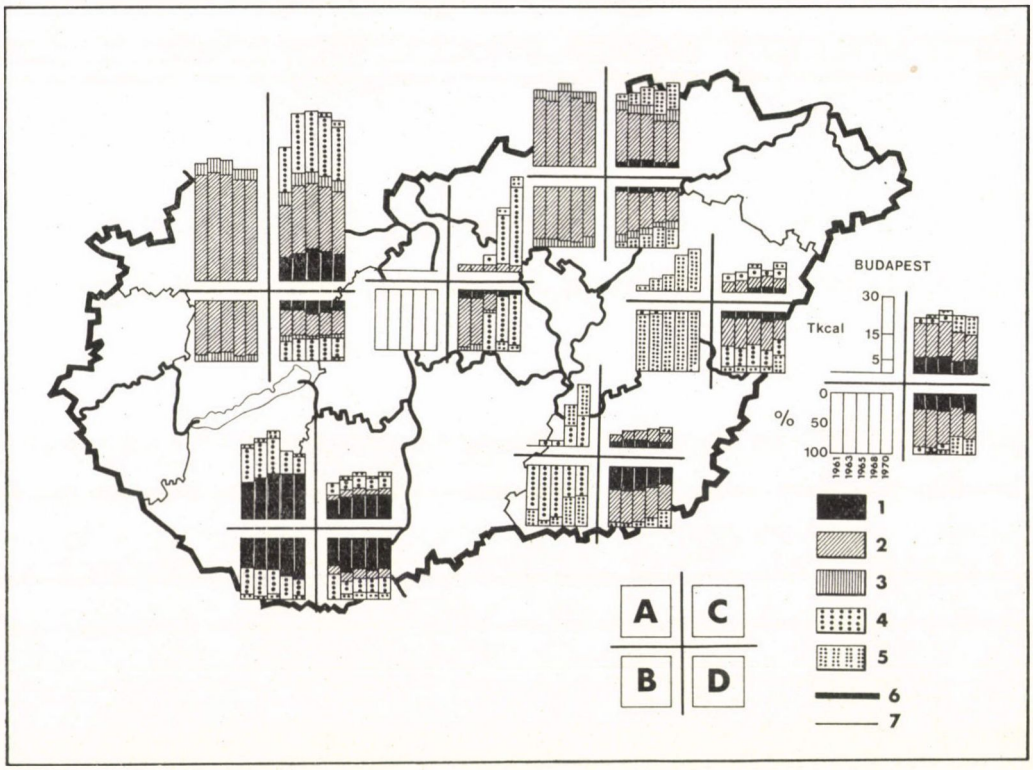
Körzetek	feketeszén	barnaszén	lignit	Össz. szén	Kőolaj	Földgáz	Össz. alapenergiahord.
	Tkcal hőértékben						
Budapest	—	—	—	—	—	—	—
Központi	—	—	—	—	—	—	—
Észak-Dunántúl	—	40,0	4,5	44,5	—	—	44,5
Dél-Dunántúl	17,7	—	—	17,7	6,4	1,3	25,4
Észak-Magyarország	—	28,8	4,6	29,4	0,5	—	29,9
Észak-Alföld	—	—	—	—	0,1	16,5	16,6
Dél-Alföld	—	—	—	—	12,3	12,4	24,7
Összesen:	17,7	64,8	9,1	91,6	19,3	30,2	141,1

1. Az 1970. évi kitermelés geográfiai megoszlásából jól látható, hogy a szénértékesítésükről nevezetes körzetekben (Észak-Dunántúl, Észak-Magyarország) a barnaszén részesedése — termelési volumen csökkenése ellenére — jelentős mértékben felülmúlta a földes-fás barnaszenet. Ezzel szemben Dél-Dunántúlon a mecseki feketeszén aránylag egyenletes kitermeléséhez viszonyítva a szénhidrogéneké visszaesett. Az utóbbiak részesedése ugyanis 1961—1970 között 50,1%-ról 30,3%-ra csökkent (1. ábra).

A 3. táblázatból látható, hogy a szénhidrogén készletekkel rendelkező körzetek közül Észak-Alföldön a földgáz kitermelése jellegzetes (99,3%), míg Dél-Alföldön a napvilágra kerülő földgáz (50,2%) és kőolaj aránya (49,8%) megegyező.

2. A felszabadulás után az alapenergiahordozók társadalmi-gazdasági követelményhez igazodó *felhasználása* jelentős mértékben megnövekedett. Ezen kedvező folyamattal párhuzamosan azonban megváltozott a fogyasztás történelmileg átörökölt nagysága és struktúrája, valamint annak területi megoszlása.

Az átalakítási folyamatokat szolgáló létesítmények (berendezések) kapacitásának nagyarányú növekedése miatt csökkent az előfordulásra való



1. ábra Az alapenergiahordozók 1970. évi kitermelése és felhasználása Tkcal hőértékben. *A* = az alapenergiahordozók kitermelése hőértékben; *B* = az alapenergiahordozók kitermelése %-ban; *C* = az alapenergiahordozók felhasználása hőértékben; *D* = az alapenergiahordozók felhasználása %-ban. Energiahordozók megnevezése: 1. feketeszén; 2. barnaszén; 3. lignit; 4. kőolaj; 5. földgáz. Területi határok jelölése: 6. körzethatár; 7. megyehatár

telepítés jelentősége. A struktúraváltozás viszont ösztönzően hatott az elavult tüzelőberendezések selejtítésére, a nagyobb hatásfokkal eltüzelhető szénhidrogének felhasználására. Az eredetileg szénbázisra telepített nagyfogyasztók átállása viszont a jelentős szénvagyonnal rendelkező körzetekben, és a területileg szóródó kis hőigényű körzetekben ellentétek forrásává vált, mivel az ellentétes irányú termékáramlás megerősödése jelentős többletköltséghez vezetett.

Az újjáépítést követő időszakban a nehézipar elsődleges fejlesztéséhez, a kohászat növekvő igényéhez, valamint a villamosenergia-ipar és a közlekedés átvételéhez igazodott a széntermelés. A főváros és az újonnan létesített kohászati központ kivételével a célfogyasztók nagy része szénbázisra települt. A kis kapacitású, elavult tüzelőberendezések üzemeltetése miatt azonban jelentős volt a tatabányai és a dorogi medence területileg szóródó minőségi barnaszén értékesítése. A Dunai Vasmű által megépített mosómű viszont a mecseki

4. táblázat

Az alapenergiahordozók körzeti felhasználása

Körzetek	1961		1963		1965		1968		1970	
	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%
Budapest	22,5	16,7	22,7	14,7	24,3	14,6	23,5	13,2	23,2	11,8
Központ	2,3	1,7	2,3	1,5	6,1	3,7	24,6	13,8	37,8	19,3
Észak-Dunántúl	53,5	39,8	66,3	42,8	67,5	40,6	66,8	37,4	64,0	32,7
Dél-Dunántúl	14,9	11,1	17,1	11,0	19,0	11,4	16,8	9,4	18,4	9,4
Észak-Magyarország	27,9	20,7	28,6	18,5	30,7	18,4	30,1	16,8	33,2	17,0
Észak-Alföld	8,7	6,4	10,3	6,7	11,1	6,7	9,4	5,3	11,4	5,8
Dél-Alföld	4,8	3,5	7,5	4,8	7,7	4,6	7,3	4,1	7,8	4,0
Összesen:	134,6	100,0	154,8	100,0	166,4	100,0	178,5	100,0	195,8	100,0

medence és Dunaújváros között a kokszszén egyirányú, invariábilis szállítási kapcsolatát hozta létre.

A II. ötéves tervidőszakban a szénfelhasználás területi arányait az erőművi telepítés nagysága határozta meg. A villamosenergia-termelés és a kitermelhető szénvagyon geográfiai összhangjában viszont ellentmondások keletkeztek. A szénvagyon 49,9%-ával rendelkező Dunántúl ugyanis hazánk villamosenergia-termelésének 45,7%-át, ugyanakkor a szénvagyonban 50,1%-kal részesedő Észak-Magyarország csak 22,3%-át adta. A Borsodi és Tiszapalkonyai Hőerőmű üzembehelyezése után az arány kedvezőbbé vált, noha a II. ötéves tervidőszakban eszközölt erőművi beruházással (Oroszlányi, Ajka II, Pécs I—II Hőerőmű) jórészt a Dunától Ny-ra eső aránytalanságokat kívánták mérsékelni.

A termelés és a felhasználás területi arányainak megváltozásában a vegyipar, a kohászat és a villamosenergiaipar, majd a III. ötéves tervidőszakban a lakosság növekvő földgázfelhasználása játszott jelentős szerepet. Az Alföldön kitermelt földgázt azonban a területileg szóródó, kis hőigényű intraregionális fogyasztók nem tudták gazdaságosan felhasználni. Ezért a földgázt csővezetéken a jelentős szénvagyonnal rendelkező észak-magyarországi körzetbe szállították. Az eredetileg szénbázisra telepített nagyfogyasztók átállásával viszont jelentős mértékben csökkent a szénbányászat régión belüli optimális értékesítése, amelyet a mátravidéki földes-fás barnaszén-előfordulásra telepített 800 MW-os teljesítőképességű Gagarin Hőerőmű szénfelhasználása is csak részben tud ellensúlyozni.

A növekvő társadalmi-gazdasági követelménynek a hazai alapenergiahordozó-termelés csak részben tudott megfelelni. Ezzel magyarázható, hogy 1960—1970 között az import volumen 24,5 Tkcal-ról 57,5 Tkcal-ra emelkedett.

amelynek jelentős hányadát a Barátság I. kőolajvezetéken a Szovjetunió szállította hazánknak. A Komáromi Kőolajipari Vállalat (Almásfüzítő) rekonstrukciójával és a Dunai Kőolajipari Vállalat százhalombattai vertikumának kialakításával desztillációs kapacitásunk 83,9%-a Észak-Dunántúlra esett. A 614 MW-os Dunai Hőerőmű (Százhalombatta) gudron tüzelése, valamint Székesfehérvár, Várpalota és Dunaújváros földgázfelhasználása viszont a szénhidrogének növekvő közép-dunántúli térhódítását jelzi. Az energiahordozó struktúra dinamikus átalakulására, a felhasználás területi arányainak megváltozására jellemző, hogy az alapenergiahordozók 1961. évi felhasználásában Észak-Dunántúl igénye volt a legnagyobb (39,8 Tkcal), amelyet sorrendben Észak-Magyarországé, majd Budapesté követett. A központi körzet viszont 2,3 Tkcal hőértékű globális felhasználásával az utolsó helyen állt (4. táblázat). A nagy hőigényű fogyasztók telepítésével, a meglevők kapacitásbővítésével azonban a felhasználás területi aránya 1970-re megváltozott.

5. táblázat

Az alapenergiahordozók halmazállapot szerinti felhasználása

1970

Körzetek	Feketeszén	Barnaszén	Lignit	Összesen	Kőolaj	Földgáz	Összes alapenergia
	Tkcal hőértékben						
Budapest	5,5	10,2	—	15,7	—	7,5	23,2
Központi körzet	0,3	2,3	—	2,6	31,2	4,0	37,8
Észak-Dunántúl	10,8	24,9	4,4	40,1	20,8	3,1	64,0
Dél-Dunántúl	9,3	2,7	—	12,0	4,8	1,6	18,4
Észak-Magyarország	1,4	16,6	4,4	22,4	0,1	10,7	33,2
Észak-Alföld	1,5	3,7	—	5,2	3,5	2,7	11,4
Dél-Alföld	2,2	3,4	—	5,6	—	2,2	7,8
Összesen:	31,0	63,8	8,8	103,6	60,4	31,8	195,8

Ezen folyamatban jelentős szerepe volt az elavult tüzelőberendezések cseréjének, a szénhidrogéneket nagyobb hatásfokkal felhasználó új berendezések üzembehelyezésének. A korszerűbb tüzeléstechnikai és átalakítási folyamatok alkalmazásával az energiahordozók csökkenő fajlagos felhasználása a körzetek globális átvételét mérsékelte (Budapest). Az 1970. évi felmérés szerint ugyanis még mindig Észak-Dunántúlnak volt a legnagyobb az alapenergiahordozó felhasználása, amelyet azonban — Észak-Magyarországot megelőzően — már a központi körzet követett. Budapest viszont növekvő szénhidrogén-felhasználásának eredményeként a negyedik helyre került.

A körzetek alapenergiahordozó felhasználásának halmazállapot és fajta szerinti megoszlásából jól látható a folyékony és a gáznemű szénhidrogénekre való átállás mértéke és aránya. A fejlődés ismeretében érthető, hogy az átalakítási (finomítási) folyamat miatt a központi körzet szénhidrogén felhasználása a legnagyobb.

Az elmondottakból értelemszerűen következik, hogy az alapenergiahordozók átvételében a felhasználás különböző formáinak (berendezés) meghatározó szerepe van. Enélkül a felhasználás területi összefüggései nem értelmezhetők reálisan.

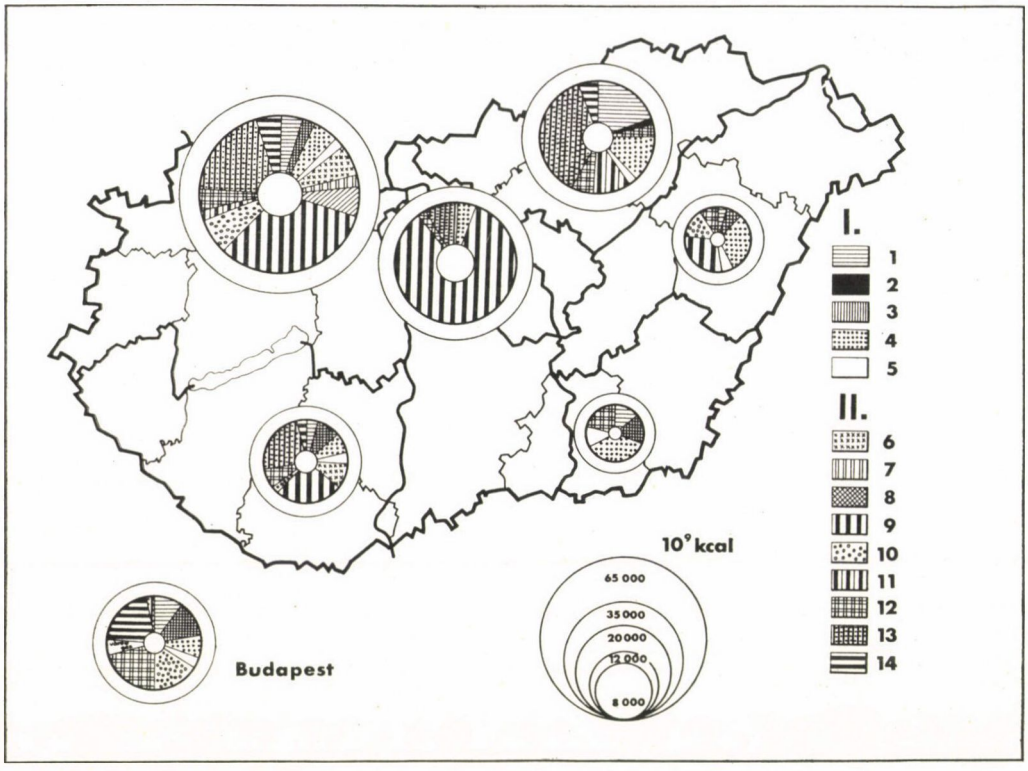
6. táblázat

Az átalakítás és a közvetlen energiafelhasználás nagysága
1970

Körzetek	Átalakítás		Közvetlen felhasználás		Összes felhasználás	
	Tkcal	%	Tkcal	%	Tkcal	%
Budapest	14,0	60,3	9,2	39,7	23,2	100,0
Központi Körzet	35,3	93,4	2,5	6,6	37,8	100,0
Észak-Dunántúl	53,9	84,2	10,1	15,8	64,0	100,0
Dél-Dunántúl	12,8	69,6	5,6	30,4	18,4	100,0
Észak-Magyarország	18,8	56,6	14,4	43,4	33,2	100,0
Észak-Alföld	5,9	51,8	5,5	48,2	11,4	100,0
Dél-Alföld	1,6	20,5	6,2	79,5	7,8	100,0
Összesen:	142,3	72,7	53,5	27,3	195,8	100,0

Országos viszonylatban az alapenergiahordozók nagy részét, 72,7%-át az átalakítási folyamatok (brikettálás, ahydrálás, gázszénlepárlás, kőolajfeldolgozás, gőztermelés, ellennyomásos és kondenzációs villamosenergia-előállítás stb.), kisebb hányadát, 27,3%-át, a közvetlen (végső) felhasználás (ipari hő, központos és kályhafűtés, közlekedés, mezőgazdaság stb.) igényelte. A 6. táblázatból jól látható, hogy az alapenergiahordozók 80%-nál nagyobb arányú felhasználása átalakításra csupán két körzetre jellemző. Ezek közül a központi körzetet domináns módon a kőolajfeldolgozás igénye határozza meg. A körzet gőztermelésre felhasznált hőigénye nem jelentős. Az országos érdeket szolgáló átalakítási folyamat mellett a körzet közvetlen iparát szolgáló kis hőfelhasználás annak fejletlensége mellett szól.

A központi körzet homogén alapenergia felhasználásával ellentétben Észak-Dunántúlé rendkívül differenciált. Az átalakításra bevitt energiahordozók nagyrészét a kőolajfeldolgozás, a kondenzációs és az ellennyomásos villamosenergia termelés, valamint a gázszénlepárlás, a brikettálás és szénmosás igénye szabja meg (2. ábra). Az országos érdeket szolgáló átalakítási folyama-



2. ábra. Az alapenergiahordozók 1970. évi regionális felhasználása Gkcal hőértékben. I. Közvetlen felhasználások: 1. ipari hő; 2. fűtés; 3. közlekedés; 4. lakosság; 5. egyéb. II. Átalakításra kerülő felhasználás: 6. brikettálás; 7. alhydrálás; 8. szénmosás; 9. kőolajfeldolgozás; 10. gázszénlepárlás; 11. szénhidrogénbontás; 12. gőztermelés; 13. kondenzációs villamosenergia előállítása; 14. ellennyomásos villamosenergia előállítására

tok mellett azonban rendkívül sokrétű az ipar közvetlen hőfelhasználása is. Ezzel kapcsolatban elsősorban a lokális alapenergiahordozót hasznosító nagyolvasztóra, valamint a klinker- és a timföldipari kemencék felhasználására szeretnék hivatkozni. Az említettek mellett az intraregionális beszerzés szempontjából jelentős a SIEMENS—MARTIN-kemencék, az ércelőkészítő és a hengerművi kemencék területileg koncentrált beszerzése is (Dunaújváros).

Az említettekkel ellentétben a dél-alföldi körzet alapenergia-hordozó átvételében a közvetlen felhasználásnak van a legnagyobb szerepe (79,5%). Az ipar fejletlenségére jellemző, hogy ezen kontingens nagyrészét is a lakosság igénye képezte. Ilyen körülmények között érthető, hogy az ipar átalakítási folyamatának intraregionális eredetű energiahordozó igénye nem nagy. Döntő változás csak nagy hőigényű fogyasztók koncentrált telepítésétől remélhető.

3. A regionális energiamérlegek forrás- és felhasználási struktúrájának egybevetése alapján kiderül, hogy energiahiányos körzetnek minősül a DNy—

ÉK-i tengely középpontjában levő főváros, amely 1970-ben 23,2 Tkcal hőértékű alapenergiahordozó felhasználásával—a körzetek között—sorrendben a negyedik helyet foglalja el. A 4. számú táblázatból jól látható, hogy Budapest energiahordozó-igénye az utóbbi években 95,5%-ra csökkent, amelyben a III. kategórába sorolt üzemek kitelepítése mellett jelentős szerepe van a szénhidrogének növekvő felhasználásának, nagyobb hatásfokú, gazdaságosabb eltüzelésének. A főváros növekvő földgáz-felhasználásával egyidejűleg a szilárd halmazállapotú energiahordozók beszerzése viszont szállítási szempontból koncentráltabbá vált.

A III. ötéves tervidőszak alatt az energiahiányos körzetek között első helyre került átvitelével a központi körzet. A nagyvolumenű beszerzés (37,8 Tkcal) zöme azonban a közeli fogyasztóbázisra (Budapest) telepített finomító (Százhalombatta) kőolajigényén alapul. Az átalakítás révén kinyert kőolajipari termékek nagyrészét viszont extraregionális fogyasztók kapták. A körzeten belüli felhasználás nem jelentős.

A korábbi évekkel ellentétben az energetikai tengely DK-i (Észak-Dunántúl) és ÉK-i szárnyán levő körzetek (Észak-Magyarország) energiahiányosakká váltak.

Észak-Dunántúl 1970-ben 19,5 Tkcal hőértékű alapenergia-hordozó körzeten kívüli beszerzésére kényszerült. Az intraregionális eredetű kőszéntermelésnek (44,5 Tkcal) ugyanis 56%-át használták fel, 44%-a körzeten kívüli fogyasztókhoz került. Ezzel szemben átalakításra 22,7 Tkcal extraregionális eredetű szénhidrogén beszerzése vált szükségessé, amelynek nagy részét a kőolajfinomítás hasznosította.

A körzet energiahiánya a kőszén intraregionális felhasználásának csökkenése, és a földgáz extraregionális beszerzése miatt a jövőben növekedni fog.

Észak-Magyarországon az energiahordozó struktúra átalakulásával a termelés és a felhasználás differenciája nagyobbrészt kiegyenlítődött. A globális energiahiány volumen mindössze 3,3 Tkcal. A földgáz növekvő felhasználásával ugyanis csökkent az intraregionális eredetű szén kitermelése és körzeten belüli felhasználása. A szénértékesítés növekvő hányadát ugyanakkor extraregionális fogyasztók kapták.

Az energiafelesleggel rendelkező alföldi körzetek sajátos helyzetüket a felhasználást meghaladó termelésüknek köszönhetik. Megfelelő kapacitású fogyasztók hiányában ugyanis termelésük 80%-át extraregionális jelleggel értékesítik. A termelés és a felhasználás területi ellentétét azonban csak nagy hőigényű fogyasztók koncentrált alföldi telepítésével lehetne mérsékelni.

Az alapenergiahordozók kitermelésének, átalakításának és végső felhasználásának regionális feltárásához jelentős népgazdasági érdek fűződik, mivel a térszerkezet regionális ellentéteinek megszüntetése nélkül gazdasági növekedésünk lelassulna.

A SZEIZMIKUS ENERGIA ELOSZLÁSA ÉS A MAGMAKÉPZŐDÉS VALÓSZÍNŰ MÉLYSÉGE AZ ÉSZAKI SZIGET (ÚJ-ZÉLAND) AKTÍV TŰZHÁNYÓI ALATT*

HÉDERVÁRI PÉTER

A vizsgálat során az összes sekélyfészkű és közepes fészekmélységű földrengést figyelembe vettük, amely 1953. január 1 és 1970. december 31 között kipattant, feltéve, hogy RICHTER-féle magnitudójuk *(M)* elérte a 6,0, illetve egységesített magnitudójuk *(m)* elérte a 6,3 értéket, továbbá, ha epicentrumuk a következő határok közé esett:

174° K és 180° hosszúság és
36° D és 41° D szélesség.

Az adatok a következő forrásmunkákból származtak:

Az 1953—1965 évekre ROTHÉ (1969), $M \geq 6{,}0$ és

az 1966—1970 évekre: *Regional Catalogue of Earthquakes* (a Vol. 1. No. 1-től a Vol. 7. No. 2-ig), amelyet az *International Seismological Centre* (Edinburgh, Skócia) publikál, $m \geq 6{,}3$.

Azokat a földrengéseket, amelyeknek fészekmélységét „*n*" betű jelölte („normal" rengések, sekélyfészkű kategória, $h = 0—69$ km) 33 km-ről származó rengéseknek tekintettük.

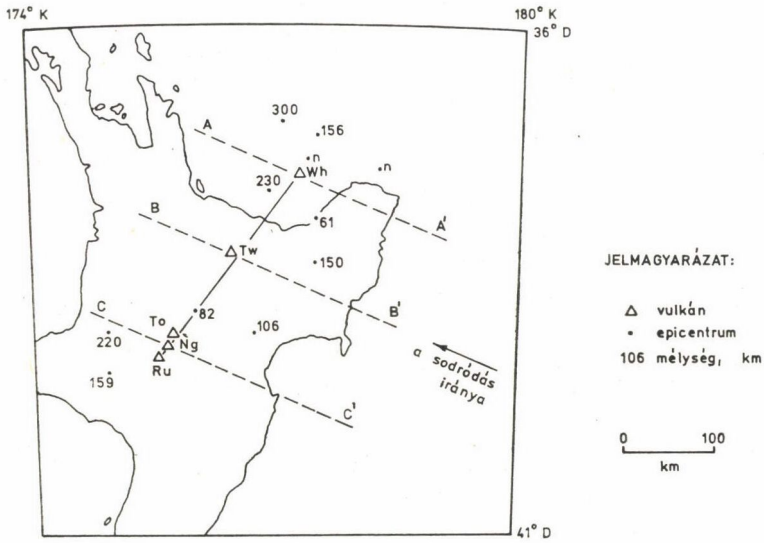
Minthogy Új-Zéland aktív vulkánjainak katalógusát az International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior még nem publikálta, ezért a GUTENBERG—RICHTER (1954) -katalógust használtuk. Az Északi Sziget tűzhányóinak koordinátáit az *I. táblázat* közli.

A Csendes-óceán déli részének rotációs pólusa megközelítőleg a 69° D, 123° K koordinátájú pontban fekszik (LE PICHON, 1968). Az e pólus körüli rotáció miatt fellépő kompressziós erő azimutja a 34° D, 178° Ny pontban (Déli Kermadec-árok) 113° és a sodródási sebesség itt 4,7 cm $év^{-1}$. A 45° D, 169° K koordinátájú pontban (Déli Sziget, Új-Zéland) a kompressziós erő

* E tanulmány angol nyelvű változata az *International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior* által szervezett santiagoi kongresszuson, a "*Research on Earthquakes and Crustal Movements in Volcanic Regions*" szekcióban "Distribution of Seismic Energy and the Probable Depth of Magma Generation Beneath the Active Volcanoes of North Island (New Zeeland)" címen, No. 02/74/HRGGV sorszám alatt szerepelt.

I. táblázat

Whakari (White Island):	37,46° D, 177,15° K
Tarawera:	38,22° D, 176,49° K
Tongariro (Te Mari):	39,10° D, 175,70° K
Ngauruhoe:	39,17° D, 175,64° K
Ruapehu:	39,26° D, 175,55° K



1. ábra. A vizsgált terület térképe. Wh: Whakari; Tw: Tarawera; To: Tongariro; Ng: Ngauruhoe; Ru: Ruapehu

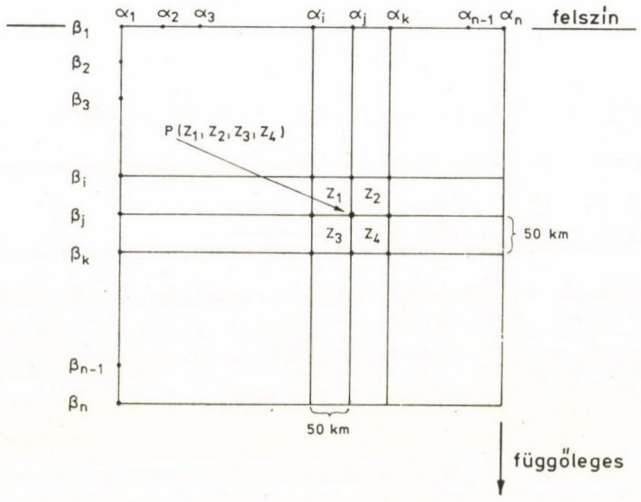
azimutja 89° és a sodródási sebesség 1,7 cm $év^{-1}$. A rotációs pólus fentebb említett koordinátái alapján megállapíthatjuk, hogy a Tarawera térségében a Déli Csendes-óceán litoszférája majdnem merőlegesen mozog arra az egyenesre, amely a Whakari és a Ruapehu tűzhányókat összeköti egymással (1. ábra).

Alkalmazott módszer

Három szelvény *(A — A', B — B'* és *C — C')* készült. Mindhárom párhuzamos a Déli Csendes-óceán mozgásának irányával a Tarawera közvetlen környezetében; azimutjuk 110°. A tektonikus rengések hipocentrumait olyan függőleges síkokra vetítettük, amelyek a Föld felszínét ezen szelvények mentén metszik. Az *A — A'* szelvény a Whakari tűzhányón halad keresztül; a *B — B'* a Tarawerán; a *C — C'* pedig a Ngauruhoe vulkánon (1. ábra). Minden

földrengést, amely egy adott szelvénytől horizontálisan mérve 100—100 kilométer távolságon belül pattant ki (100 kilométerrel a vonaltól balra és ugyanennyivel a vonaltól jobbra), az illető szelvényhez tartozó függőleges síkra vetítettünk. Vagyis az ily módon megszerkesztett BENIOFF-zónák vastagsága 200 km.

Minden egyes vertikális síkra (megfelelően az $A - A'$, $B - B'$ és $C - C'$ szelvényeknek) hálózatot rajzoltunk (2. ábra). Az egyes rácspontok mind horizontálisan, mind vertikálisan, 50 km távolságban vannak a soron következőtől.



2. ábra. A hálózat

Legyen Z_1, Z_2, Z_3 és Z_4 négy, egymással érintkező területegység:

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = 50 \,.\, 50 \text{ km} = 2500 \text{ km}^2.$$

Ennek a négy területegységnek egy és csak egy közös pontja van, amelynek jele

$P\,(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)$, röviden a továbbiakban P.

Azt követően, hogy a hipocentrumokat rávetítettük a szóban forgó vertikális síkra, amelyen a hálózat szerepel, bármely P pontra vonatkozóan a totális szeizmikus energiát a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$E\,[P\,(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)] = \frac{\omega}{4}\,[E\,(Z_1) + E\,(Z_2) + E\,(Z_3) + E\,(Z_4)] =$$

$$= \frac{\omega}{4}\left(\sum_{\beta_i\,\alpha_i\,t_1}^{\beta_i\,\alpha_j\,t_2} E + \sum_{\beta_j\,\alpha_j\,t_1}^{\beta_i\,\alpha_k\,t_2} E + \sum_{\beta_k\,\alpha_i\,t_1}^{\beta_j\,\alpha_j\,t_2} E + \sum_{\beta_k\,\alpha_j\,t_1}^{\beta_j\,\alpha_k\,t_2} E\right),$$

ahol ω az alkalmazott skálától függő állandó (10^{20} erg), E az egész és tizedes-számokkal kifejezett szeizmikus energia, $t_1 = 1953.01.01.$, $t_2 = 1970.12.31.$, ($\langle t_1, t_2 \rangle$ a vizsgált időintervallum) és

$$\log E = 11{,}8 + 1{,}5\ M,$$

ahol M a RICHTER-féle magnitudó. Az M és m közötti kapcsolat, ha m az egységesített magnitudó (RICHTER, 1958):

$$M = 1{,}59\ m - 3{,}97.$$

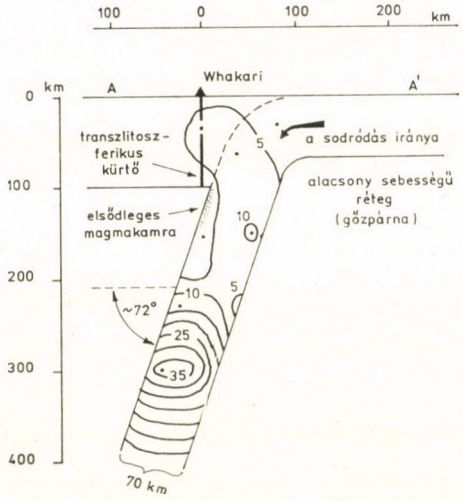
Azokat a P pontokat, amelyekre vonatkozóan a számítással kapott $E\ (P)$ értékek azonosak, folytonos vonallal kötöttük össze. Ezzel az egyszerű módszerrel kaptuk az izoenergetikai vonalak rendszerét, amely a totális szeizmikus energia eloszlását mutatja az adott függőleges sík mentén, a teljes vizsgált időintervallumra vonatkozóan. Az izoenergetikai vonalakat mindazonáltal csak a litoszferikus táblákon belül rajzoltuk meg (3., 4. és 5. ábrák), a $B - B'$ szelvény esetétől eltekintve, ahol a hálózat rácspontjait számított értékeikkel együtt, s a teljes vonalrendszert is feltüntettük, hogy az ilyen rajzok készítésének módszeréről példával szolgáljon.

A kontinentális litoszférát, amely az Északi Szigetet hordozza, 100 km vastagnak tekintettük, míg az óceáni táblát, amely a kontinentális felé mozog, csak 70 km-nek. A lefelé haladó litoszféra-tömeg helyzetét a közepes fészekmélységű rengések hipocentrumainak vertikális eloszlása alapján, vagyis a BENIOFF-zóna alapján vázoltuk fel.

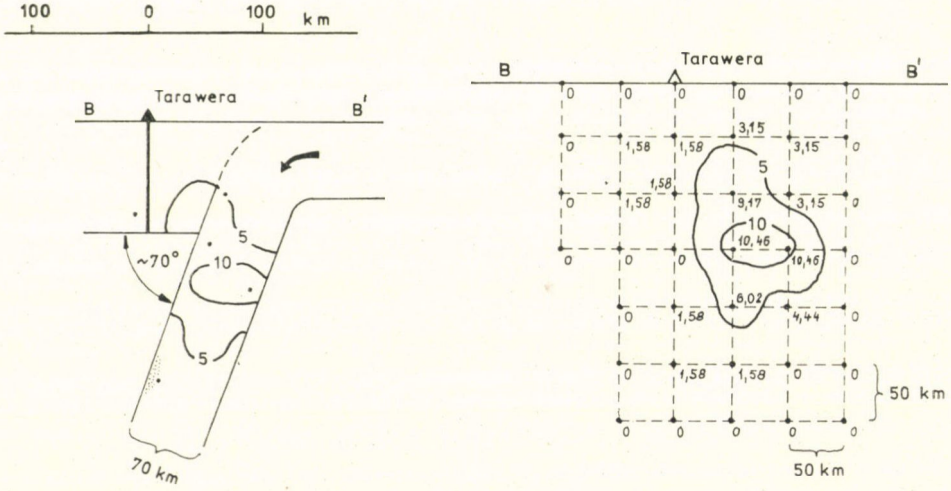
Eredmények

A 3., 4. és 5. ábrákról világosan kitűnik, hogy a vizsgált területen folyó litoszféra-behajlást meglehetősen nagy dőlésszögek jellemzik: az $A - A'$ szelvény mentén a lefelé mozgó litoszféra felszíne és a földfelszín között bezárt szög kb. 72°; a $B - B'$ szelvény esetében hozzávetőleg 70°; a $C - C'$ szelvénynél pedig mintegy 52°. Ezek szerint a BENIOFF-zónák hajlásszöge északkelet felől délnyugat felé csökken. Hasonló csökkenés tapasztalható a felszabadult szeizmikus energia nagyságát illetően is, amennyiben a legészakibb szelvény mentén $(A - A')$ a maximum meghaladja a 35. 10^{20} erget; a legdélebbinél $(C - C')$ azonban még az 5. 10^{20} erg értéket sem éri el. A közbülső helyzetet elfoglaló szelvénynél $(B - B')$ a maximum nagyobb ugyan, mint 10. 10^{20} erg, de kisebb 15. 10^{20} ergnél. Nagyjából ez az Északi Sziget tágabb környezetére jellemző általános szeizmicitási viszonyokat tükrözi. Hosszabb idők alatt ugyanis az Új-Zélandtól északkeletre fekvő területen (Kermadec Régió) lényegesen több szeizmikus energia szabadul fel, mint ugyanezen idő leforgása alatt az Északi Szigettől délnyugatra levő területen (a Déli Szigeten és az Új-Zéland Plato Régióban).

SAPPER (1927) egy esetleges tenger alatti vulkánkitörést említ, amely kb. a 38°-os déli szélesség és a 178° 30'-es meridián metszéspontja környékén zajlott volna le 1877. december 1-én, a Whakari szigetvulkántól (White



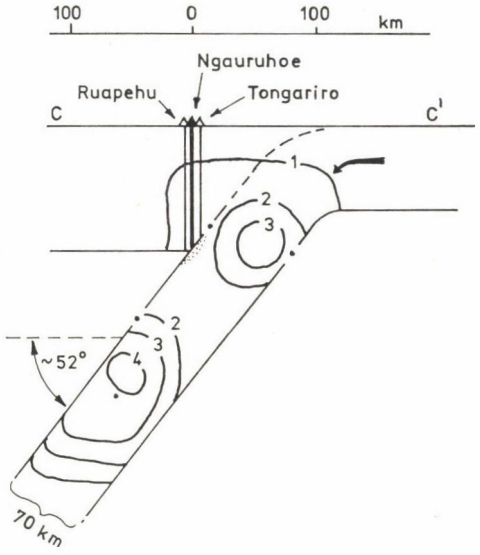
3. ábra. Az *A*—*A'* szelvény. A kis pontok a hipocentrumokat jelzik



4. ábra. A *B*—*B'* szelvény és a hozzá tartozó hálózat. A numerikus értékek 10^{20} ergben értendők

Island) délkeletre, az Északi Sziget északkeleti végpontja előtt, a part közvetlen közelében. Ennek az állítólagos szubmarin vulkánnak helyzete azonban rendkívül sajátságos és szokatlan. Igen messze fekszik az aktív tűzhányók vonalától, jóval az úgynevezett vulkáni front előtt (ez a kifejezés SUGIMURÁTÓL

származik, SUGIMURA és UYEDA, 1973), egy oly különleges pontban, amelynek környezetében éppen megkezdődik az óceáni litoszféra behajlása. Ami azt illeti, SAPPER nem beszél határozottan tényleges kitörésről, hanem csak a víz ottani, igen erőteljes pezsgésének megfigyeléséről tesz említést. Másrészt erről a szubmarin kitörésről sem WOLFF (1914) kézikönyve, sem pedig GUTENBERG és RICHTER (1954), LAMB (1970) és MACDONALD (1972) katalógusa nem beszél. Ezeket a tényeket figyelembe véve arra a következtetésre jutunk, hogy a szóban forgó jelenség nem lehetett vulkáni (eruptív) eredetű.



5. ábra. A *C—C'* szelvény

TOKSÖZ, MINEAR és JULIAN (1971) szerint lokális olvadásra a lefelé mozgó litoszféra-tömb felső pereme mentén kerül sor. Feltételezvén, hogy a transzlitoszferikus vulkáni kürtők (HÉDERVÁRI, 1973) vertikális helyzetűek, továbbá, hogy a magmaképződés tartományának középpontja a lefelé mozgó litoszféra felső felszíne mentén körülbelül a transzlitoszferikus kürtő vonalának folytatásában helyezkedik el, arra az eredményre jutottunk, hogy az Északi Sziget aktív vulkánjai a következő mélységekből kapják magmájukat (II. táblázat):

II. táblázat

Whakari	kb. 120 km
Tarawera	kb. 220 km
Ngauruhoe csoport	kb. 100 km

Fontos megjegyeznünk, hogy a magmaképződés valószínű tartományai, azaz az elsődleges magmakamrák, olyan övezetekben találhatók, ahol a szeizmikus energiafelszabadulás minimális volt. Az A — A' szelvénynél az elsődleges kamrát részben az 5. 10^{20} erg értékű izoenergetikai vonal veszi körül, míg a $> 35.\ 10^{20}$ erg értékű aktív centrum messze az elsődleges kamra alatt található. A B — B' szelvényen az új, savanyú magma keletkezési tartományának szeizmikus értéke kisebb 5. 10^{20} ergnél, a $> 10.\ 10^{20}$ erg értékű aktív centrum messze fekszik tőle. Végül a C — C' szelvény esetében úgy találjuk, hogy az elsődleges kamra értéke nagyobb ugyan 1. 10^{20} ergnél, de nem éri el a 2. 10^{20} erget, ugyanakkor két aktív centrum is található itt, azaz a lefelé mozgó litoszférán belül, de távol a magmaképződési tartománytól. Ezeknek az aktív központoknak az értéke $> 3.\ 10^{20}$, illetve $> 4.\ 10^{20}$ erg.

Következtetés

A fentebbiekben összefoglalt eredmények jó egybehangzásban állanak azzal, amit várhatunk, nevezetesen, hogy az elsődleges magmakamrák — ámbár tektonikus rengések fészkei övezik őket — általában messze helyezkednek el az aktív központoktól, vagyis azoktól a tartományoktól, amelyeken belül, hosszabb idők alatt, a szeizmikus energiafelszabadulás maximális értéket ér el. Ez a következtetés azonban, ez idő szerint, csupán egyetlen vizsgálaton alapul, s egy teljesebb kép kialakításához további kutatás szükséges.

IRODALOM

GUTENBERG B.—RICHTER C. F.: Seismicity of the Earth. 2nd Ed. Princeton, 1954.
HÉDERVÁRI P.: Concentration of Earthquake Energy In and Around the Aegean Volcanic Belt. Tectonophysics, **19**, 369—381, 1973.
LAMB H. H.: Volcanic Dust in the Atmosphere; with a Chronology and Assessment of its Meteorological Significance. Phil. Trans., RAS, London, Ser. A, **266**, 425—533, 1970.
LE PICHON X.: Sea-Floor Spreading and Continental Drift. Journ. Geophys. Res., **73**, 12, 1968.
MACDONALD G. A.: Volcanoes. New Jersey, 1972.
RICHTER C. F.: Elementary Seismology. San Francisco, 1958.
ROTHÉ J. P.: The Seismicity of the Earth 1953—1965. Paris, 1969.
SAPPER K.: Vulkankunde. Stuttgart, 1927.
SUGIMURA A.—UYEDA S.: Island Arcs. Amsterdam, 1973.
TOKSÖZ M. N.—MINEAR J. W.—JULIAN B. R.: Temperature Field and Geophysical Effects of a Downgoing Slab. Journ. Geophys. Res., **76**, 5, 1971.
WOLFF F. V.: Der Vulkanismus. Stuttgart, 1914.

A MARS ÉS A VÉNUSZ KUTATÁSÁNAK FÖLDTANI VONATKOZÁSAI*

KŐHÁTI ATTILA

A kozmikus kutatási technika fejlődése lehetővé tette, hogy a Hold intenzív felderítése után — és részben ezzel párhuzamosan — immár a két hozzánk legközelebb levő földtípusú bolygó, a Mars és a Vénusz megismerése is az egyre inkább a részletekre irányuló szakaszba lépjen.

A Mars kutatásában már a Mariner-9, illetve a Mars-2 és 3 űrszonda 1971—72. évi repülése (ennek folytatásaként az 1974 februárjában megkezdett új szovjet marskutatási expedíció), a Vénusz felderítésében pedig különösen a Venera-8 szovjet űrszonda 1972. július 22-i sima leszállása és méréssorozata, valamint az 1972. június 20-án a Földről végrehajtott radartérképezés jelzi ennek a szakasznak a kezdetét.

Talán nem túlzás, ha azt állítjuk, hogy ez az új szakasz minőségileg is különbözik az előzőtől, amelyben a vezető szerep még vitathatatlanul a csillagászaté volt, míg jelenleg már egyre fokozottabb mértékben válik szükségessé a *földtan* bekapcsolása is. A csillagászat és a szűkebb értelemben vett planetológia mellett ugyanis immár nélkülözhetetlen a geológia sajátos, oknyomozó, történeti módszere, amellyel ez a tudomány a jelenségek nyomaiból, fizikai és kémiai folyamatok végeredményeiből magukat a jelenségeket, lefolyásuk módját, időbeli sorrendjét és okait, egyúttal a kiindulási anyagokat (elemeket, vegyületeket, majd pedig ásványokat és kőzeteket, esetleg élő szervezeteket) és környezetüket, a keletkezés helyét és körülményeit rekonstruálja.

A földtani módszer tette lehetővé a holdfelszín szerkezeti képének és rétegtani korbeosztásának megalkotását, annak ellenére, hogy a Holdnak mindössze nyolc, egymástól többszáz kilométerre fekvő pontjáról kerültek kőzetminták a Földre, az emberek által eszközölt terepi megfigyelések is csupán a hat Apollo-holdraszállás közvetlen környékére korlátozódtak. Hasonló módon született meg a Mars sztratigráfiája is, bár erről a bolygóról ezideig még nem sikerült kőzetmintát a Földre juttatni. A Mariner- és Mars-szondák

* Kézirat lezárva: 1974. VI. 1.

televíziós felvételeiből, infravörös és ultraibolya méréseiből azonban meglehetősen jól ismerjük felszínét, domborzatát.

A bolygók felszínén látható morfológia, a szerkezetek típusainak változatossága bizonyos mértékig utal az illető égitest planetológiai fejlettségére is. A bonyolultabb belső felépítésű égitestnek a kérge is differenciáltabb és változatosabb, mint az egyszerűbb felszíni formákat mutató — következésképpen belső szerkezetében is egyszerűbb — bolygóé.

KATTERFELD és BENEŠ [1965, 1971] ilyen megfontolások alapján állította fel a földtípusú bolygók evolúciós sorrendjét:

Hold→Merkur→Mars→Vénusz→FÖLD

Ebben a sorban különleges helyet foglal el a Föld mint a föld-sorozat legfejlettebb, legjobban specializált, „atipikus" tagja, bonyolult belső felépítésével, nagymértékben differenciált litoszférájával és a Naprendszerben eddig máshonnan nem ismert hidro- és bioszférájával.

A Holdról és a Marsról rendelkezésre álló, szinte áttekinthetetlenül nagy mennyiségű és sokféle adat birtokában, a Vénusz számos, igen fontos paraméterének és a Mariner-10 űrszondának 1974 márciusában a Merkur közvetlen közelében végrehajtott nagyarányú fényképezési és mérési eredményeinek ismeretében ma már általánosan elfogadott vélemény, hogy a földtípusú bolygók olyan, egymástól eltérő fejlődési szakaszokban rekedtek meg, amelyek a Föld őstörténetének legkorábbi időszakaival hasonlíthatók csak össze. Földtani vonatkozásban igen fontos ez a tény, mivel e bolygók kutatásával Földünknek ma már teljességgel az ismeretlen múlt homályába vesző, egyébként aligha rekonstruálható stádiumait is megismerhetjük. Másrészt viszont maguknak a bolygóknak a felderítésében elkerülhetetlen a földtani kutatás módszereinek és az aktualizmus elvének alkalmazása, mivel egyre inkább olyan részletek és jelenségek tanulmányozása kerül napirendre, amelyek meghaladják a csillagászat és a planetológia „felbontóképességét", és kétségtelenül a földtan tágykörébe tartoznak.

A Mars kutatásának történetében két lényeges „minőségi ugrást" tartunk számon: az első a Mariner-4 űrszonda 1965. július 14-i televíziós közvetítése, amely igazolta — az 1890-es évek óta sejtett, vagy bizonyos mértékig észlelt — *Mars-kráterek* létezését. A második fordulópont a szovjet Mars-2 és 3, valamint az amerikai Mariner-9 űrszonda Mars-körüli pályára irányítása, 1971 végén. Az ezeket megelőző, a bolygó mellett csupán elrepülő űrszondákkal ellentétben az újabb, mesterséges holdpályán keringő szatelliták meglehetősen közel kerültek a Mars felszínéhez (a Mars-2 és 3 periareuma 1380 és 1500 km, a Mariner-9-é 1400 km, az 1974. február 12-én Mars-körüli pályára tért szovjet Mars-5 marsközeli pontja 1760 km).

A Mars-2 és 3, valamint a Mariner-9 csaknem egy évig tartó folyamatos, komplex kutatásának köszönhető, hogy a Mars felszínét ma már több mint 70%-ában ismerjük. 1972 novemberében megjelent a bolygó 1 : 25 000 000

léptékű előzetes geológiai térképe, ezután a COSPAR XVI. konstanzi plenáris ülésén, 1973 májusában MASURSKY és SODERBLOM már bemutatta az egyenlítői övezet 1 : 5 000 000 méretarányú geológiai térképét, valamint a sarkvidékek földtani ábrázolását, ugyanezen év augusztusában — a Mariner-9 mintegy 1500 db válogatott felvételéből összeállítva, még a Föld térképezésében sem alkalmazott számítógépes kiegyenlítési eljárást használva — elkészült az első Mars-glóbusz.

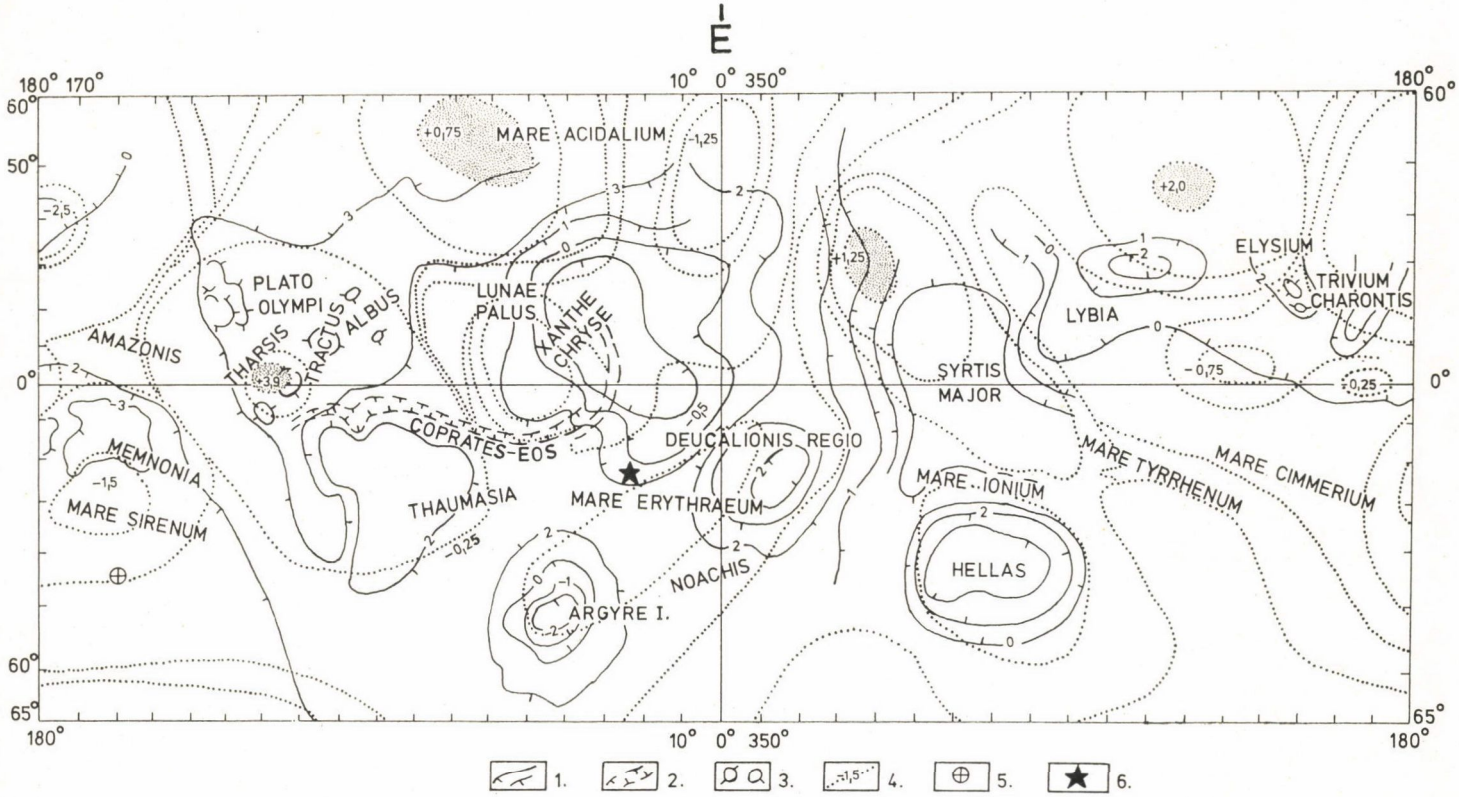
Az intenzív kutatás természetes következménye volt, hogy a XVII. század óta folyó, csupán leíró jellegű *areográfia* időszaka lezárult és átadta helyét a *Mars-geológiának*, amely többek között a Mars szerkezettípusait, geológiai provinciáit és jelenségeit is megkülönbözteti, illetve csoportosítja.

A bolygó domborzata meglehetősen aszimmetrikus eloszlású. Nyugati részét a vulkáni síkságok (hatalmas vulkáni kúpokkal), keleti részét a kráterek nagy sűrűsége jellemzi. DORSCHNER szerint [1973] az ún. „krátermezők" a holdbeli kontinentális, míg a vulkáni síkságok a Hold tengeri (mare) típusú területeire emlékeztetnek.

A kráterek főleg a keleti és déli félgömbön terjedtek el, többségük kétségtelenül becsapódásos eredetűnek látszik, azonban korántsem annyira jellemzőek a Marsra, mint amennyire a Mars-2 és -3, valamint a Mariner-9 felderítő tevékenységét *megelőző* időszakban vélték, amikoris a bolygó felszínéről a krátereken kívül egyéb jellegzetességeket — a technika akkori fejlettségének megfelelően — még nem sikerült kimutatni. A Mars felszínén végbemenő rendkívül erős fizikai mállás (legalábbis erre következtethetünk a nagymértékű nappali inszoláció és az azt követő éjszakai lehűlés okozta hatalmas hőmérsékletingadozásból), valamint a szél által szállított törmelék koptató hatására a kráterek jelentős része „rossz megtartású", sőt, a bolygó déli sarka közelében (pl. a Mariner-6 felvételeiből) olyan, lepusztult, ún. fantomkrátereket is felfedeztek, amelyeknek sánca már teljesen hiányzik. A kráterek jelenléte és mai külseje arra mutat, hogy többségük a bolygó történetének igen korai fázisában keletkezhetett. (A töréses zónák közelében és a vulkáni területeken észlelhető kráterek zömét a kutatók *endogén* eredetűnek vélik, vonalas elrendezésük miatt.) A kráterek állapota, lepusztultsági foka, az őket átszelő törések, fiatalabb vulkáni alakulatok, szuperponálódott újabb kráterek stb. fontos diagnosztikai bélyegek és — a Holdhoz hasonlóan — a rétegtani beosztás alapjául szolgálnak.

A Mars domborzati és szerkezeti viszonyainak áttekintéséhez rendelkezésre áll már a bolygó hipszometrikus térképvázlata és gravitációs anomáliatérképe is (1. ábra):

0 — (—2000) m-es mélységű, hegységekkel és kráterekkel borított mare-típusú területek; (—2000) — (—3000) m mélységű, csaknem krátermentes depressziók és +3000 — (+5000) m-es magasságú fennsíkok találhatók rajta. Az egyenlítői övben hatalmas, globális méretű törésrendszer húzódik



1. ábra. A Mars vázlatos hipszometrikus és gravitációs anomáliatérképe. Jelmagyarázat: 1. magassági szintvonalak km-ben; 2. a Coprates-Agathodemon töréses árokrendszer, a dőlésirányok megjelölésével; 3. vulkáni masszívumok; 4. gravitációs izoanomál-vonalak (a pozitívanomáliák sötét folttal jelölve); 5. a Mars-3 leszállási helye; 6. a Mars-6 leszállási helye. (Ju. A. Hodak után)

kelet—nyugati csapásban (Syrtis Major — Thyle), mintegy 6000 km-es hosszúságban. Ennek egy 2500 km-es szakasza (Coprates-Agathodemon) 120 km-es szélességű, 6000 m mély óriási *kanyont* alkot. Ugyancsak globális léptékű az a hatalmas törésrendszer is, amely 5000 km hosszúságban, északnyugat—délkeleti irányban haladva a Xanthe térségből kiindulva, a déli félgömbön elhelyezkedő Argyre I. és Hellas depressziót szeli át.

A Mars gravitációs anomáliái (1. ábra) — a Holddal ellentétben — a pozitív anomáliák esetében inkább a kiemelt, fennsíkszerű területekkel, míg a negatív anomáliák a tengerek, medencék és marsbeli thalasszoidok (depressziók) térségeivel kapcsolatosak. Pozitív anomáliák találhatók a Plato Olympi, a Plato Elysii, valamint a Plato Olympi masszívumát északról határoló hegységrendszer alatt. Ellenpélda is van: a Mare Acidalium síksága alatt ugyancsak pozitív anomáliát mutattak ki, ez tekinthető inkább a „marsbeli masconok" (LOBELL et al. 1972) típusának, semmint a hegységi területeken mért pozitív anomáliák. A negatív gravitációs anomáliák a Hellas, Argyre I. thalasszoid, a Mare Syrenum, valamint a Plato Olympi nyugati és keleti, továbbá a Plato Elysii északi és délnyugati lejtői alatt helyezkednek el.

A Mars-felszín területeinek első áttekintő csoportosítása CARRtól, MASURSKYtól és SAUNDERStől [1973] származik. Átnézetes geológiai térképükön, amely a Mariner-4, 6 és 9 űrszondák felvételeinek alapján a bolygó egyenlítőjével párhuzamos, $\pm 65°$ szélességek között elhelyezkedő övezetet ábrázolja, a következő főbb típusok szerepelnek:

1. kráterekkel sűrűn borított vidékek (feltehetően a Mars legidősebb képződményei),
2. kisebb krátersűrűséggel jellemzett területek, vulkáni és eolikus alakzatokkal,
3. vulkáni eredetű képződmények (pajzsvulkánok, dómok, vulkáni kráterek és kalderák, lávafolyások, iszapvulkánosságra utaló alakulatok),
4. tektonikus és eróziós jelenségek nyomai (töréses árkok, kanyonok, valamint folyóvízi tevékenységre utaló medrek és alámosásból eredő, beszakadt árokrendszerek).

Földtani szempontból természetesen a Földről is jólismert vulkáni, tektonikus és folyóvízi eredetű képződmények tarthatnak számot elsősorban érdeklődésünkre. Áttekintésüket a közülük legszembetűnőbbel, a *vulkánossággal* kezdjük.

A Mars vulkanizmusának igazán impozáns bizonyítéka a bolygó (és ma, a Merkur felszínének ismeretében szinte bizonyosra vehető, hogy az egész Naprendszer) leghatalmasabb vulkánja, a Nix Olympica, amely kb. 500 km-es alapátmérőjével és több, mint 20 000 m-es magasságával, továbbá egész tömegét tekintve is sokszorosan felülmúlja a legnagyobb földi vulkánokat is. Tőle keletre, a DNy—ÉK-i csapású Tharsis hátságon további három, szintén tekintélyes méretű vulkán látható, csúcsukon — a Nix Olympicáéhoz ha-

sonló — óriási kalderával. A hátság déli végén elhelyezkedő Arsia Silva csúcsán a Mars legnagyobb, több, mint 120 km átmérőjű kalderáját sikerült felderíteni. Ezek a vulkánok a földi bazaltos pajzsvulkánokra emlékeztetnek, a Mariner-9 felvételeinek részletes formaelemzéséből ítélve működésük túlnyomórészt lávaömlésben nyilvánulhatott meg, jelentősebb törmelékszórás nélkül.

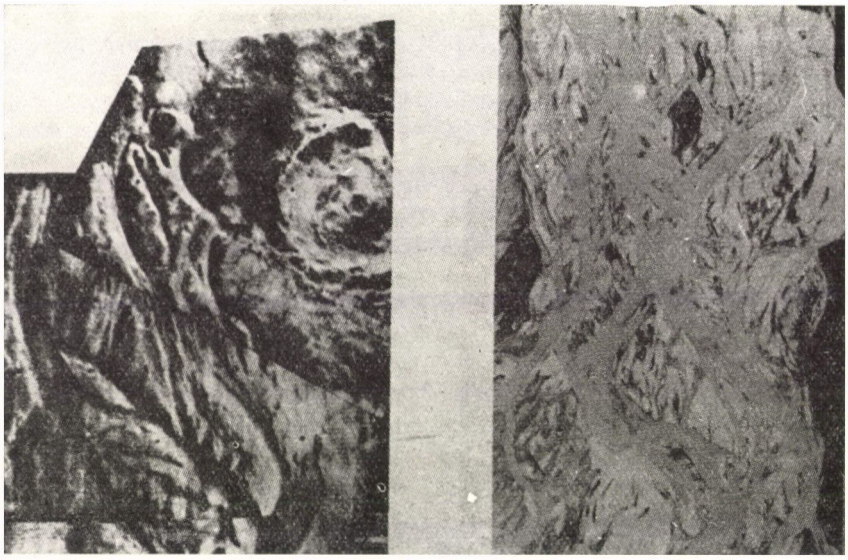
A vulkánosság egyébként is igen elterjedt a Marson, számos apróbb vulkáni dóm és a töréses övek közelében, láncolatban elhelyezkedő endogén kráterek formájában. A Mariner-9 olyan területet is lefényképezett, amelyen — az értelmezés szerint — koncentrikus gyűrűkben elrendeződött, fagyott szén-dioxid sötét tufaszórásos eredetű sávokkal váltakozik. A földi csillagászati megfigyelések (fényvillanások, gőzfelhők), továbbá a Mars-3 keringőegysége által a Trivium Charontis fennsíkon és a Cerberus-szorosban észlelt ún. „forró pontok" a vulkanizmus jelenkori aktivitását tanúsítják.

A Mariner-9 televíziós felvételein sikerült először kimutatni a kéregszerkezeti erőhatások kétségtelen nyomait is. A már korábban említett globális törésrendszereken kívül számos bonyolult, félsugaras árokrendszer, blokkos, sakktáblaszerű, egymást keresztező törésekkel átjárt terület található a Marson. Carr, Masursky és Saunders [1973] szerint e töréses formák tágulásos eredetűek, így tehát a Földön oly gyakori, és a jellegzetes gyűrődéses hegyláncokat létrehozó kompressziós szerkezetek ezideig még nem ismeretesek a Mars felszínéről.

Kropotkin [1973] a Mariner-9 egyik felvételére hivatkozva arra a következtetésre jut, hogy a Marson nemcsak tágulásos, hanem — az előbbi véleménnyel ellentétben — térrövidüléses kéregszerkezeti elemek is léteznek. Az általa megnevezett felvételen hat-hét, egymással párhuzamosan, 70—100 km távolságban elhelyezkedő, több mint 1000 km-es csapáshosszúságú hegyvonulat látható. Domborzatuk a délkelet-ázsiai magashegységekre, vagy az Andokra emlékeztet, ezek pedig kétségtelenül az oldalnyomás hatására keletkezett kéregszerkezeti formák.

A Mariner-9 felvételeiről azt is sikerült kimutatni, hogy a Marson nagy számban figyelhetők meg olyan felszíni alakulatok, amelyek nyilvánvalóan a *folyóvizek eróziós hatására* keletkeztek. (A legújabb szovjet marsszondák egyikének, a Mars-5-nek több felvételén ugyancsak felismertek ilyen képződményeket. (Leggyakoribb előfordulási helyük a Chryse és a Lunae Palus térsége, valamint — többnyire a kisebb, „csatorna"-típusú medreké — a Memnonia és az Amazonis nevű területek.) Hosszúságuk (pl. az Amazonis csatornáé) a 35 km-t is eléri. A 2. ábrán baloldalt az Amazonis csatorna egyik szakaszát mutatjuk be, míg a jobboldali képen az alaszkai Sagavanirtok River elágazó medréről készült légifelvétel látható. A partmenti gátaknak az áramlattal megegyező irányban, rézsútosan lenyesett szegélye szembetűnő hasonlóságot mutat a marsbeli Amazonis csatorna jellegével.

MILTON [1973] szerint a Mars felszínén látható, csatornákra és időszakos vízfolyások medrére emlékeztető képződmények a fagyott talajban levő, $CO_2 . 6H_2O$ összetételű széndioxidhidrát katasztrofális méretű disszociációja következtében felszabaduló nagy mennyiségű víz hatására keletkeztek. Ilyen disszociáció 0° és +10° C közötti hőmérsékleten már 0,5 at nyomáson is végbemehet, és elegendő mennyiségű vizet eredményezhet az említett csatornák, valamint az ún. „kaotikus régiók" (ez utóbbiaknak alámosáshoz hasonló

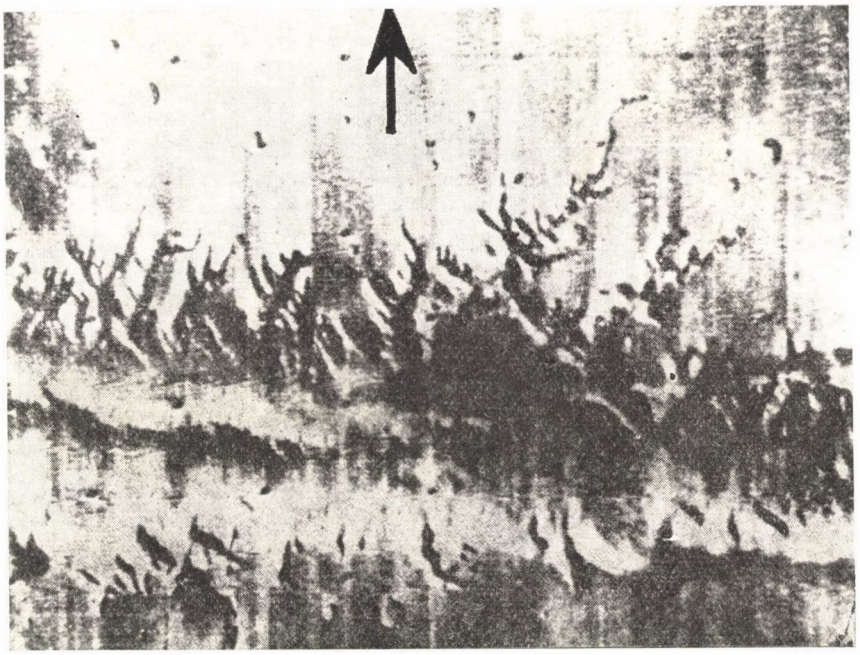


2. ábra. A marsbeli Amazonis-csatorna alsószakasz jellegű részének (bal oldalt, a Mariner-9 felvétele) és az alaszkai Sagavanirtok River (jobb oldalt, US Navy légifénykép) összehasonlítása. A bal oldali kép kb. 30×40, a jobb oldali 2×3 km-es nagyságú területet ábrázol. (MILTON után)

folyamat révén történő) kialakulásához. A Mars „földtani" múltjában kellett lenniök olyan időszakoknak, amelyekben a bolygó tengelyorientációja lehetővé tette az említett feltételek kialakulását.

Elsősorban tektonikus jellegű, de más vonatkozásban is érdekes felvételt elemez KROPOTKIN. A televíziós képet 1972. január 17-én sugározta a Mariner-9 űrszonda, mintegy 2000 km-es távolságban a Mars felszínétől. A kép (3. ábra) a Tithonius Lacus területtől délre elhelyezkedő, mintegy 325×400 km-es kiterjedésű térséget ábrázolja. A felvételen látható hasadék hossza közel 500, szélessége pedig 50—80 km, tehát méreteit tekintve vetekszik a földi Bajkál-árok, az Akabai-öböl, vagy a Jordán-folyó tektonikus völgyével. Az ábrázolt, mintegy 10.000 km²-nyi terület *feszültségi zóna*, amelyet ÉK—DNy-i csapású főtörések és az ezeket 40—45°-os szögben metsző haránttörések szelnek át. Az ároktól jobbra látható kis kráterek feltehetően endogén (ez eset-

ben *gázvulkáni)* tevékenység eredményei, minthogy a meteorbecsapódások szétszórt, nem pedig lineáris elrendeződésű krátereket hoztak volna létre. A felvétel igazi érdekességei azonban az árok két oldalán, de különösen baloldalt, azok a bevágódások, amelyek — KROPOTKIN értelmezése szerint — *juvenilis vizek* által kimosott, egykor fedett csatornák, amelyekből a víz csak azután került a felszínre és párolgott el, miután a törések, repedések mentén a leg-

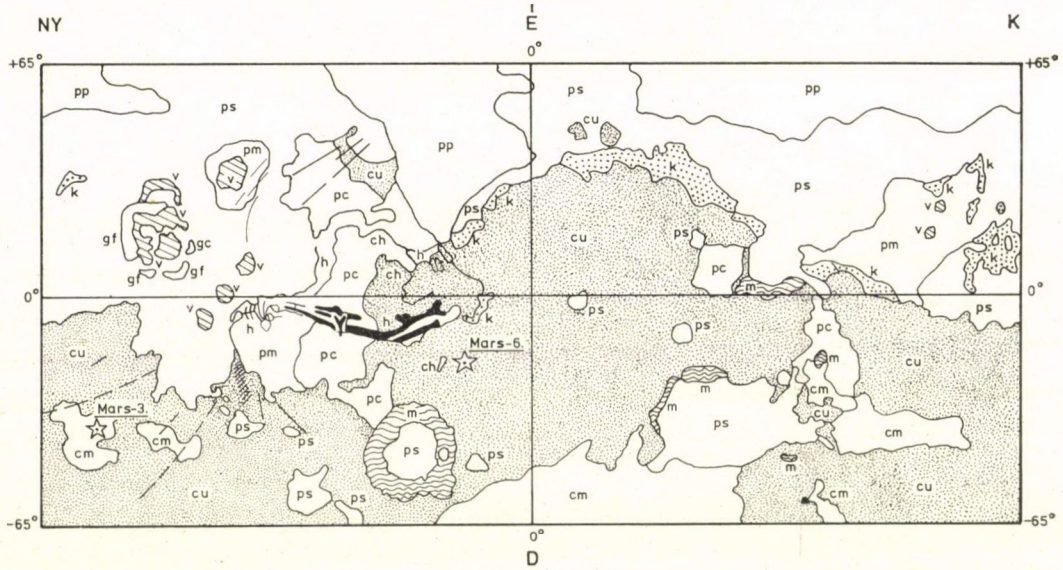


3. ábra. Részlet a Tithonius Lacus árokrendszeréből. Az ábrázolt terület az egyenlítőtől délre 480 km távolságban helyezkedik el, az északi irányt a nyíl mutatja. (A Mariner-9 1972. január 17-i felvétele, 2000 km-es magasságból)

felső, laza kőzetrétegekbe érve, vízszintesen utat tört magának a legközelebbi árok faláig. Eközben törmeléket is sodorhatott magával, s ennek eredményei lehetnek a néhány bevágódásban jól fölismerhető, ún. lavinagátak, amelyek az egykori medret helyenként elzárják. MILTONnak a marsbeli csatornák és az ún. kaotikus régiók kialakulására adott magyarázata hasonló mechanizmust tételez fel, de a fluidum keletkezését — mint láttuk — disszociációs folyamatra vezeti vissza.

A Marson elterjedt *eolikus formákon* — homoksivatagi dünéken, a sarki jégsapkák közelében kimutatott, 10 – 20 m-es padokból álló rétegzettségen — kívül igen fontos földtani tényező maga a szállított por anyaga is. A földi színképelemzések szerint a Mars-felszínen található por szilikátokból — valószínűleg a Földön legközönségesebb, de igen ellenálló *kvarcból* — és a földi

limonit (FeOOH) egyik módosulatából, a *goethitből* áll. A részecskék átmérője a Mars-szondák fotométeres mérései szerint 1—10 μ között változik. A limonit vörösbarna színéről kapta egyébként a Mars a „vörös bolygó" elnevezést. Földtani szempontból azonban éppen ezt a legrégebben ismert sajátosságot lehet talán a legnehezebben értelmezni: ugyanis a Földön ennek az ásványnak a jelenléte meleg, száraz, *oxidatív* környezetben végbement mállásra utal,



4. ábra. A Mars előzetes geológiai térképe. (Egyszerűsített vázlat CARR, MASURSKY és SAUNDERS után). ch: csatornatípusú képződmények; y: kanyonszerű árkos beszakadások; h: kaotikus alakulatok; k: szabálytalan körrajzú dombok, tanúhegyek; gc: durván barázdált felszínű területek; gf: finoman barázdált felszínű területek; v: vulkanikus képződmények; ps: kráterekkel szórványosan borított síkságok; pm: kráterekkel mérsékelten borított síkságok; pc: kráterekkel erősen borított síkságok; pp: ua., mint pc, de itt a 20 km-nél kisebb átmérőjű kráterek kisebb számban fordulnak elő; m: hegységi típusú képződmények (lepusztult ősi sáncok), cm: kráterekkel borított területek, üledéktakaróval; cu: kráterekkel borított területek, további részletesebb megjelölés nélkül

holott a Mars jelenlegi légköre uralkodóan széndioxidból áll, sűrűsége alig 150-edrésze a földinek, felszíni hőmérséklete pedig —70 és +20 °C között változik. A folyómedrek keletkezéséhez hasonlóan ez is olyan kérdés, amelyre a bolygó földtani múltjával foglalkozó részletesebb kutatások adhatnak csak feleletet.

A 4. ábra a Mars — CARR, MASURSKY és SAUNDERS amerikai geológusok által szerkesztett — előzetes geológiai térképe, szerzők és J. A. HODAK szovjet kutató [1973] felfogásában. A geológiai térkép a $\pm 65°$-os szélességek között fekvő területeket ábrázolja a Mariner-9 űrszonda felvételeinek és méréseinek alapján. A térkép jelmagyarázata megegyezik a CARR, MASURSKY és SAUNDERS által összeállított kortáblázatban használt betűk jelentésével.

A Mars sztratigráfiáját az amerikai szerzők grafikus kortáblázattal szemléltetik (I. táblázat) (alulról fölfelé haladva egyre fiatalabb képződmények következésével), a szovjet megoldás pedig — a Föld rétegtani elnevezéseihez hasonlóan — a bolygó egy-egy típusos területéről elnevezett időszakok egymásutánjával rögzíti a keletkezés és felszínalakulás relatív időrendjét. Összehasonlításunkban a szovjet (J. A. Hodak) kortáblázatban zárójelben feltüntettük a megközelítően azonosnak tekinthető amerikai rétegtani jeleket. Amint a táblázatokból és a térképről is látható, a bolygó felszínének csaknem háromnegyedrészét kráterekkel borított, idős képződmények foglalják el. A három legidősebb (feltehetően becsapódásos eredetű) területet (Hellas, Argyre I., Lybia) szegélyező, kidobott sáncanyag *(m)* csak roncsokban maradt meg. Az amerikai felfogás szerint csatornák, kanyonok és vulkáni alakulatok képződése a Mars történetének szinte legkorábbi szakasza óta egészen a „földtani közelmúlt"-ig folyamatosan elképzelhető. A szabálytalan körrajzú, erősen lepusztított felületű dombvidékek *(k)* kialakulását ugyancsak hosszantartó és ismétlődő folyamatnak tekintik.

I. táblázat

A Mars felszini képződményeinek fejlődéstörténeti szakaszai.

Carr, Masursky, Saunders (USA) 1973	Hodak (SZU) 1973	
ps, y, ch, h, k, pm, v, pc, pp, gc, gf, cm, cu, m	legfiatalabb (ps, v, h)	
	neoolympusi (v, y)	
	olympusi (pm)	
	atlantisi (ch, k, gc, gf, pp)	
	eritreai (ch, gc, gf)	
	deucalioni (h)	
	hellasi	síksági (argyrei) (cm)
		hegységi (mesogeai) (m)
	legidősebb (cm, cu)	

A Mars tanulmányozása jelenleg is folyik, és az 1974 februárjában megkezdődött új szovjet marsfelderítő repülés (Mars-5) bizonyára jó néhány, ma még ismeretlen érdekességet tár fel a bolygó felszínéről, szerkezetéről és fejlődéstörténetéről.

A Vénusz — egészen az 1970-es évekig — szinte teljesen hozzáférhetetlen volt a geológia számára. Csaknem 100%-os felhőtakarója (ellentétben a Föld átlagosan 54%-os fedettségével) gyakorlatilag lehetetlenné tette a bolygó felszínének földi, távcsöves megfigyelését, s ugyanezért nem volt érdemes kísérletezni a Hold és a Mars kutatásában jól bevált, — Vénusz-körüli pályára állított — űrszondákkal sem (még a Mariner-10 televíziós képei is csak közvetve lehetnek alkalmasak bizonyos, a földtant is érdeklő észlelésekre). A Vénusz lassú, 243 földi napnak megfelelő tengelyforgási ideje miatt az együttállások idején mindig ugyanazon oldalát fordítja a Föld felé, s így felszínének megfigyelése már csak emiatt is nehézségekbe ütközik.

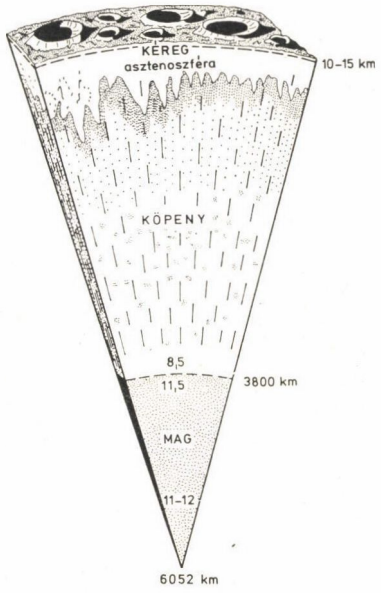
A bolygó mellett elhaladó Mariner-2 és -5, valamint a légkörébe behatoló Venera-4 és -5, illetve -6 és -7 csupán a légkör összetételére és a környező kozmikus térségre vonatkozó adatokat közvetített, kimutatott azonban két, földtani szempontból is igen fontos negatívumot: kiderült ugyanis, hogy a Vénusznak nincs számottevő sugárzási övezete, mágneses tere pedig ugyancsak csekély intenzitású (a Venera-4 mérései szerint a földi térerősségnek mindössze $3 \cdot 10^{-4}$-szerese csupán). Minthogy a bolygók mágneses terének léte attól függ, hogy van-e központi, fémes magjuk, míg a mágneses erőtér *intenzitását* a bolygó tengelyforgási sebessége határozza meg, az előbb említett, esetenként tekintélyes távolságból végrehajtott mérések is rendkívül érdekes összefüggéseket tártak fel. A Vénusznak feltételezhetően van ugyan magja, a bolygó átmérője és tömege is megközelíti a Földét, a lassú tengelyforgás miatt azonban mégsem keletkezik a földit megközelítő intenzitású mágneses erőtér. (Közbevetőleg megjegyezzük, hogy a Marsnak viszont csaknem azonos idejű a tengelykörüli forgása, mint a Földnek, mágneses erőtere — a Mars-2 és -3 mérései szerint — mégis csupán a földinek mintegy ezredrésze, 60 γ erősségű. Emiatt az a vélemény alakult ki, hogy a bolygónak nincs fémes magja, a tapasztalt mágnesesség csupán ismeretlen eredetű, remanens jellegű lehet. A Mars-5 űrszonda 1974 február—márciusi magnetométeres mérései szerint viszont a Mars közelében 7—10-szerte nagyobb a mágneses térerősség, mint a bolygóközi térben. Ebből, valamint a mágneses tér szerkezetéről nyert adatokból újabban azt a következtetést vonják le, hogy a Marsnak *saját, belső eredetű* mágneses tere van, tehát fémes magjának is lennie kell.)

Az 5. ábrán bemutatott Vénusz-metszet (KATTERFELD, BENEŠ, ANDERSON, DAVIDSON és HÉDERVÁRI adatainak felhasználásával) a fenti meggondoláson alapul. Első rátekintés után kétségtelen, hogy a feltételezett belső szerkezet (a mag-belsőnek a Vénuszon való hiányától eltekintve), a bolygó tömege, átmérője, gravitációs gyorsulása, az elhagyásához szükséges második kozmikus sebesség igen közel áll a földi értékekhez, a legújabb — és földtani szempontból éppen a legfontosabb — adatok azonban erősen cáfolják azokat a véleményeket, amelyek szerint a Vénusz „a Föld ikertestvére" (FIRSOFF, 1959), vagy éppenséggel „pontos mása" (MOORE, 1961) lenne.

Földtani szempontból rendkívül fontos, és a Vénusz napjainkban is jelentős vulkáni aktivitását bizonyító adatokkal szolgáltak a földi (esetenként repülőgépről, vagy aerosztátról végzett) spektrográfiai mérések. CONNES, BENEDICT és KAPLAN [1967—68] HCl, HF és CO jelenlétét mutatta ki a Vénusz légkörében. Eredetük kétségkívül a vulkánossággal magyarázható. Mivel a sósav, fluorsavgáz és a szénmonoxid kémiailag igen aktív, tehát szabad állapotban csak rövid ideig fordul elő, a Vénusz légkörében való megjelenésük a bolygó napjainkban is tartó vulkanizmusáról tanúskodik. Számos kutató (elsősorban KOZIREV és DELSEMM) összehasonlította a Vénusz légköri spektrumát földi vulkánok (Kljucsevszkája Szopka, Ploszkij Tolbacsik, Nyiragongo)

és fumarolák (Bilinkinnaja) láng- és füstspektrumával, és meglepő egyezést talált. CRUIKSHANK [1968] az ultraibolya és infravörös színképen a kéndioxid, kénhidrogén és a karbonilszulfid elnyelési vonalait is elkülönítette.

BARABASOV és BELKINA [1965] a Vénuszon 1964 augusztus—szeptemberében észlelt hatalmas, sötét foltot spektrofotométerrel vizsgálta és arra az eredményre jutott, hogy valamilyen nagyerejű vulkáni kitörés következtében óriási gáz- és portömeg hatolt fel a bolygó felhőtakarójának legfelső rétegeibe.



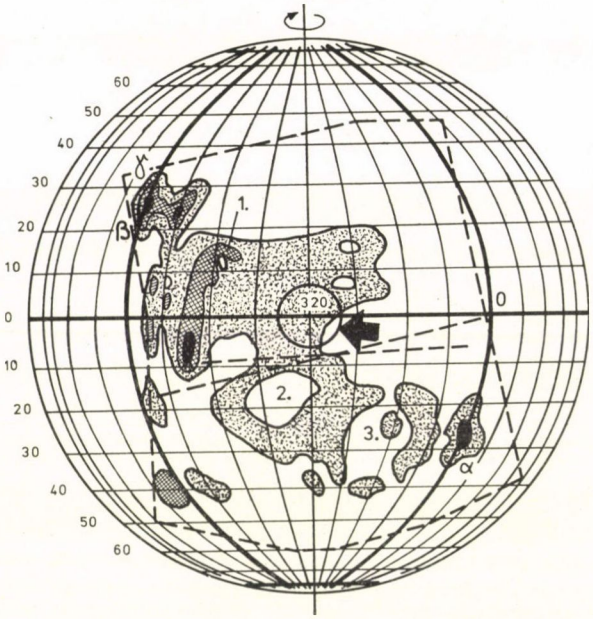
5. ábra. A Vénusz feltételezett belső szerkezete a számított sűrűségértékek feltüntetésével. (KATTERFELD, BENEŠ, HÉDERVÁRY, ANDERSON és DAVIDSON után)

DAVIDSON és ANDERSON [1967] a Vénusz nagy felszíni hőmérsékletét — a SAGAN-féle „üvegházhatás"-sal ellentétben — vulkáni eredetű hőáramoknak tulajdonítja. Ebből következően a bolygón a kőzetek olvadása kisebb mélységben következik be, mint a Földön, s így a magmás és vulkáni tevékenység is erősebb kell, hogy legyen a földinél. Fenntartva az „üvegházhatás" lehetőségét is, az 5. ábrán mégis DAVIDSON és ANDERSON feltételezéséből kiindulva ábrázoltuk a földinél jóval vékonyabb (maximálisan 10—15 km-re becsülhető vastagságú) kérget, valamint a felszíntől mintegy 400—700 km-es mélységig lenyúló *asztenoszférát.*

A bolygó felszínének tanulmányozása az 1950-es években kezdődött meg, de — eltekintve a feltételezett „légköri ablakokon" keresztül megkísérelt térképezési és felszínmegfigyelési tevékenységtől — csak a radartechnika fejlődésével vált valójában lehetségessé. 1961-ben a Lincoln Laboratory vég-

zett — különböző hullámhosszakon — kísérleteket, majd a Cornell egyetem, 1962-től a pasadenai Jet Propulsion Laboratory is bekapcsolódott a kutatásba.

Az 1964-es, első sikeres felszínelem-meghatározás szerint a Vénusz északi félgömbje tagoltabbnak, déli féltekéje pedig egyenletesebbnek mutatkozott. A későbbi (1964. június 20-án, majd 1969 áprilisában végrehajtott) mérésekkel — formájukat és visszaverőképességüket tekintve — többféle



6. ábra. A Vénusz radartérképe. Jelmagyarázat: 1. megnyúlt, lánchegységszerű képződmény 2. és 3. gyűrűs szerkezetek, a kör és a nyíl az 1972. június 20-i radarméréssel lefedett területet a szaggatott vonal az 1969. évi mérések területét határolja. (ROGERS és INGALLS után)

képződményt sikerült kimutatni (6. ábra). A radarképen a visszaverőképesség intenzitása szerint három fokozatot különítettek el (az ábrán a legsötétebben jelölt részekről érkezett a legjobb radarvisszhang). A bolygó fokhálózati rendszerének kezdő meridiánjául a legjobban megfigyelhető alakulatot, a déli félgömbön látható Alfa régiót választották, melynek hosszúsága mintegy 1000 km, magassága pedig 2000 m-re becsülhető. Hasonló méretű és irányú az északi félgömbön a Béta régió is. Az egyenlítői övben 3300—3900 km hosszúságú, nagyjából ugyancsak észak-déli csapású képződményeket mutattak ki. A déli félgömbön figyelmet érdemel két, mintegy 1000 km átmérőjű gyűrűs szerkezet. Egyikük, az 5. ábrán a 3. számmal jelölt terület a Hold Ciolkovszkij-kráterére emlékezetet.

JÜRGENS [1964, 1969] 70 cm-es hullámhosszon végzett mérésekkel számos felületelemet határozott meg és el is nevezte őket. Az általa GAUSSnak

nevezett terület a Béta régió déli, a Herz terület a Béta régió északi részének felel meg, míg a MAXWELL terület (cytherográfiai koordinátái: É-i szélesség 62° 5', K-i hosszúság 3° 5') eddig ismeretlen képződmény.

A szovjet Venera-szondák rádiós magasságmérései révén ugyancsak birtokába jutottunk néhány járulékos domborzati adatnak. A Venera-4 utolsó mérési eredménye 25 km-es, a Venera-5 24—26 km, míg a Venera-6 10—12 km-es magasságnak megfelelő nyomásértékeket jelzett. (A 24—26 km-es érték kevéssé valószínű, a Venera-4 esetében például általános az a vélemény hogy a leszállóegység mintegy 24—26 km-es magasságban összeroppant, az óriási nyomás hatására.)

A földi radarkutatás történetében fordulópont volt a pasadenai Jet Propulsion Laboratory által 1972. július 20-án végrehajtott radarmérés. A Mojave-sivatagban felállított, 64 és 25 m átmérőjű parabolaantennák mintegy 4 órás üzemben, 1500 km átmérőjű területet tapogattak le a Vénusz felszínén (a 6. ábrán a nyíllal jelzett kör). A felvétel felbontása 10 km volt. A csaknem egy évig tartó, számítógéppel végzett értékelés eredményéül kapott sztereoszkopikus radarképen több tucat kráter ismerhető föl, átmérőjük 35—96 km között változik, egyikük átmérője azonban a 160 km-t is meghaladja. Mélységük mintegy 400 m, $\pm$200 m-es pontossággal meghatározva.

A mai, rendkívül sűrű légkör miatt kevés a valószínűsége annak, hogy a nagyobb meteorok eljussanak a Vénusz felszínéig. A sűrű atmoszféráról visszapattanva bizonyára eltávoznak a bolygó közeléből, s csak igen ritka esetekben csapódhatnak be a bolygón. A Vénusz eredeti — könnyenillókban gazdagabb — légköre azonban nyilván korántsem volt ekkora sűrűségű, s így a nagyobb kozmikus tömegek — amelyek nem izzottak el teljesen az akkor még oxigénben is valószínűleg gazdag atmoszférában — becsapódhattak a felszínre és létrehozhatták a nemrég észlelt krátereket. Olyan nagyméretű, mare-típusú alakulatok, mint amilyenek a Holdon találhatók, a Vénuszról még nem ismeretesek, így az eddig kimutatott kráterek keletkezése sem hasonlítható a Hold „imbriumi eseményé"-hez. A Vénusz krátereinek képződése feltételezhetően ennél valamivel későbbre, a Mars geológiai kortáblázatában „pc"-vel jelölt kráterkeletkezési időszakra tehető.

Az elmondottakból következően a Vénusz kráterei tehát a bolygó történetének meglehetősen korai időszakában alakulhattak ki, míg a radarmérésekkel kimutatott hegységgerincek inkább a fiatalabb képződmények közé sorolhatók, hiszen az agresszív széndioxid-légkör okozta kémiai mállás és a szél által szállított poranyag koptató hatása a pozitív domborzati formák lepusztítására törekszik. Az égitest „földtörténetéből" jelenleg tehát még a végleteket sejthetjük csupán.

Földtani szempontból lényeges lenne a Vénusz felszínén levő kőzetek anyagának megismerése is. MUELLER [1963] a bolygó kémiájával és kőzettani viszonyaival foglalkozó munkájában — figyelembe véve a nagy nyomást és

hőmérsékletet, valamint az agresszív széndioxid-atmoszférát — az alábbi ásványokat tartja stabilnak a bolygó felszínén:

kalcit	$CaCO_3$
hematit	Fe_2O_3
magnetit	Fe_3O_4
ensztatit	$MgSiO_3$
tremolit	$Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2\ (OH)_2$
wollastonit	$CaSiO_3$

LEWIS [1968] az atmoszférikus gázok és a litoszféra kölcsönhatását vizsgálva valószínűnek tartja, hogy finom kvarcpor (SiO_2) is tömegesen előfordul a Vénusz felszínén. KATTERFELD és BENEŠ [1972] szerint a légkör széndioxid-tartalma, egyesülve a vulkáni eredetű szénmonoxiddal, a napfény energiájának hatására, az alábbi reakció szerint:

$$CO_2 + 2CO \xrightarrow{h.\mu} C_3O_2 + O_2$$

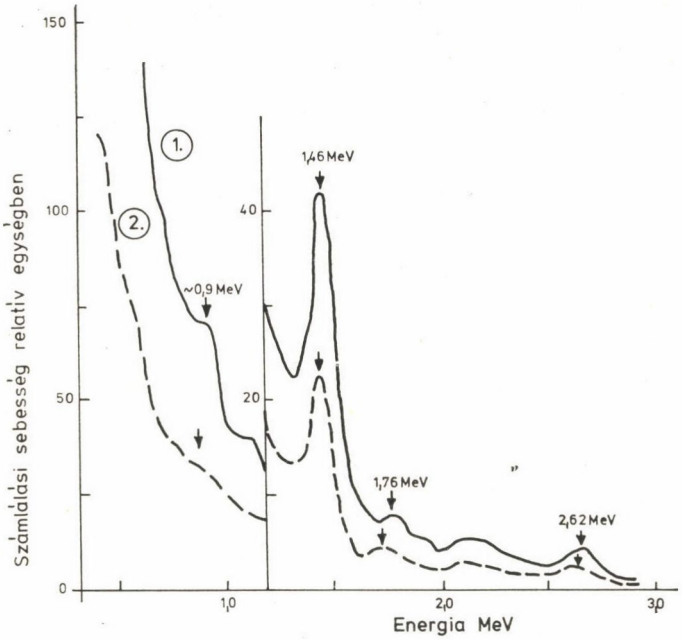
sárgás, por alakú anyag keletkezik (a C_3O_2 polimerizációs terméke), amely a Vénusz légkörében lebegve előidézheti a bolygónak a távcsöves megfigyelések alkalmával látható jellegzetes, sárgás árnyalatú, gyöngyfehér színét. Ezt a vegyületet azonban mindezideig nem sikerült kimutatni a Vénusz légkörspektrumában.

Konkrét mérési eredménynek tekinthetők az előbbi feltételezésekkel szemben a szovjet Venera-szondák leszállási helyén meghatározott sűrűségértékek. A leszállóegység ismert szilárdságából és tömegéből, valamint a telemetrikusan mért becsapódási sebességből KERZSANOVICS és szerzőtársai [1972] a Venera-7 leszállási helyén 80—85 kg/cm^2 teherbíróképességet határoztak meg, ami a vulkáni tufákéra emlékeztető érték. A Venera-8 leszállási pontján a felszíni kőzet sűrűsége 1,4 g/cm^3-nek adódott (kristályos kőzet mállási terméke), ez csaknem kétszerese a holdtalaj átlagos (0,8 g/cm^3) sűrűségének. A földi radarmérésekből meghatározott értékek 0,5—0,9 g/cm^3 között változnak.

A Vénuszról birtokunkba került — és földtani szempontból ezideig alighanem legértékesebb — adatoknak a Venera-8 automatikus űrállomás leszállóegysége által sugárzott gamma-spektrométeres mérési eredmények tekinthetők. Ezek — tekintetbe véve a bolygó felszínén uralkodó extrém nyomás- és hőmérsékleti viszonyokat — csaknem olyan értéket képviselnek, mintha kőzetmintát sikerült volna a Földre juttatni. A leszállóegységre fölszerelt gamma-spektrométert először földi kibúvásokon kalibrálták (7. ábra). A vizsgált kőzetek (gránit, granodiorit, andezitobazalt és dunit) természetes radioaktív elemtartalmát ezután kvantitatív kémiai elemzéssel határozták meg. Az impulzusszám és a becsapódási energia függvénygörbéje által határolt terület, valamint a természetes radioaktív elemtartalom között ily módon egyszerű

összefüggést sikerült teremteni, tehát a gamma-spektrométer mérési görbéje alatt levő terület planimetrált értékéből gyorsan meghatározható volt pl. a kálium, uránium és tórium mennyisége.

A Venera-8 1972. július 22-én ejtőernyővel leszállt a Vénusz nappali oldalán, a reggeli terminátor közelében. A leszállás után 36 másodperccel megkezdett, kétszer 21 perces méréseket a szonda telemetrikus úton közvetítette a földi irányítóközpontba. A jelek grafikus alakban való megjelenítése két diagramot eredményezett, egyiküket a 8. ábrán mutatjuk be.



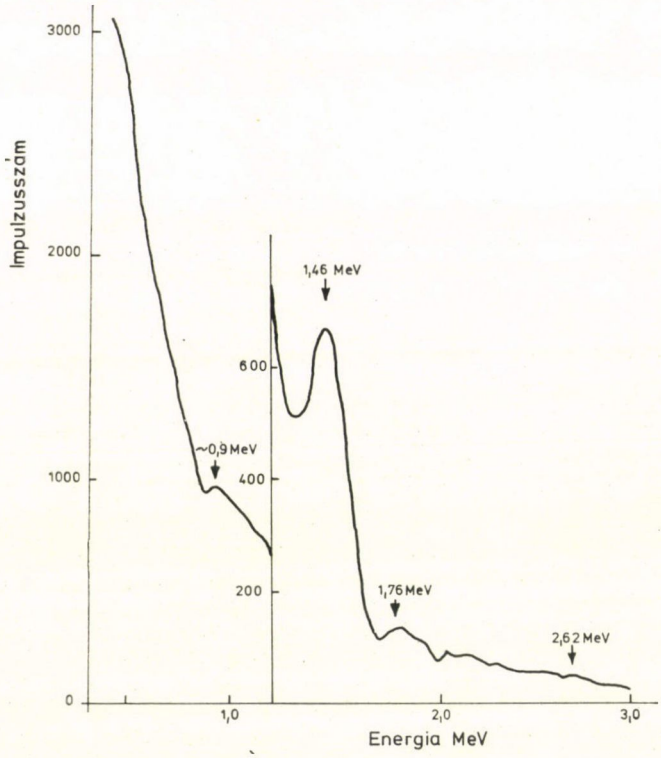
7. ábra. A Venera-8 gamma-spektrométerének földi kalibrációs görbéi. Jelmagyarázat: 1. gránit; 2. granodiorit. (VINOGRADOV, SZURKOV, KIRNOZOV és GLAZOV után)

A nyilakkal jelölt karakterisztikus energiacsúcsok (1,46, 1,76, 2,62 MeV) jól azonosíthatók a földi mérések görbéin látható jellegzetes kiemelkedésekkel. A görbe alatti terület planimetrálása és átszámítása után a leszállás körzetében levő kőzetek természetes radioaktív elemtartalmát az alábbi összetétel jellemezte:

kálium	4,0	
urán	$2{,}2.10^{-4}$	
tórium	$6{,}5.10^{-4}$	súlyszázalék.

A szerzők (VINOGRADOV és társai) szerint ez az összetétel a földi savanyú magmás kőzetekéhez közelálló jellegű. A kálium és az urán aránya ($1 . 10^4$) ugyancsak a földi kőzetekéhez hasonló és arra utal, hogy a földcsoport boly-

góin az alapvető geokémiai frakcionálódási folyamatok valószínűleg nagyon hasonló módon mentek végbe. A Vénusz légkörének nagy CO_2-tartalma, valamint a leszállás helyén vizsgált kőzet másodlagos jellegére utaló bizonyítékok egyaránt arra engednek következtetni, hogy a bolygó — a Földhöz hasonlóan — réteges felépítésű égitest, s a felszínén található kőzetek bonyolult differenciációs és átalakulási folyamatok végtermékei.



8. ábra. A Venera-8 űrszondának a Vénusz felszínén végrehajtott gamma-spektrométeres méréseiből, illetve a Földre továbbított adatokból szerkesztett diagram. (VINOGRADOV, SZURKOV, KIRNOZOV és GLAZOV után)

Ezzel szemben KATTERFELD és BENE` régebbi vizsgálatai szerint a Vénusz kérgének fejlettsége eléggé primitív, protoplanetáris stádiumba (BENEŠ 1965) sorolható, ugyanabba a fázisba, amelyben a Föld 5—2,7 milliárd évvel ezelőtt, az élet megjelenését megelőző *azoikus*, esetleg valamivel későbbi, *prearchaikus* időszakban volt. A Föld ekkor holdbéli tájhoz hasonlíthatott, erős vulkáni működés jellemezte, még nem különültek el a mélyülő medenceterületek és a szárazföldi platformok. A hidroszféra, majd pedig a bioszféra megjelenése azonban döntően befolyásolta a Föld további fejlődését. E felfogás szerint a Vénusz viszont megrekedt a protoplanetáris állapotban. Asztro-

nómiai helyzete (a Naphoz való túlságos közelsége), kis forgási sebessége, a korai könnyenilló-veszteség és a fokozatosan kialakuló inert atmoszféra következtében geológiai fejlődése lelassult, majd regresszívvé vált. Felszíne— (KATTERFELD és BENEŠ kifejezésével) „késleltetett holdstádiumban" van jelenleg is — a későbbi radarmérésekkel kimutatott kráterek is igazolták ezt a feltételezést —, bár a bolygó geológiájának felvázolásakor jelentős felszínalakító tényezőkkel, vulkáni és eolikus folyamatokkal is számolnunk kell. A Mariner-10 1974. február 6-án készült közeli felvételein látható, hatalmas légörvényekre emlékeztető atmoszferikus jelenségek azt bizonyítják, hogy a Vénuszon — akárcsak a Marson — óriási porviharok is lehetségesek.

***

A bevezetésben már hangsúlyoztuk a földtani vonatkozások kettős jelentőségét az űrkutatásban. A földtan tapasztalatainak és módszereinek a bolygók megismerésében való hasznosítása nem szorul különösebb bizonyításra, az elmondottakban példákkal is igyekeztünk ezt alátámasztani. A bolygókutatás eredményeinek a földi — különösen a gyakorlati, közvetlen felhasználás céljából történő — kutatásban való alkalmazhatósága azonban már nem ennyire nyilvánvaló. Ha viszont figyelembe vesszük, hogy a földtípusú bolygók puszta, fedetlen, jelentősebb üledéktakaróval nem rendelkező felszínén olyan kőzettani és szerkezeti viszonyok tanulmányozhatók, amelyek a Földön csak közvetve, vagy éppenséggel egyáltalán nem észlelhetők, s így bizonyításuk is igen nehéz feladat, akkor szinte önként kínálkoznak a földi alkalmazás lehetőségei. A hozzáférhetetlen óceáni árkok, a kontinensek vastag üledékrétegei alatt elhelyezkedő képződmények megismerésében, a kéregszerkezeti folyamatok mechanizmusának modellezésében — a közvetlen mélyfúrásos kutatás technikai nehézségei, és az alapkutatás anyagi erőforrásait sokszorosan meghaladó költségek miatt — sok esetben gazdaságosabb, sőt, egyedül lehetséges mód az űrrepülések során birtokunkba jutott vizsgálati eredményeknek a Föld megismerésében való felhasználása, kísérletek analógiák felismerésére és megfelelő következtetések levonására. A tengeri kőolajkutatásban, a globális méretű töréses szerkezetek és a velük esetleg kapcsolatban levő ércesedési zónák, vagy geotermikus anomáliák felderítésében, a vasútvonalak, autópályák, távvezetékek és vízierőművek biztonságos, a kéregszerkezeti sajátosságokkal is számoló tervezésében pedig közvetlen gazdasági jelentősége van a más bolygókon tanulmányozott jelenségeknek. Már ma is, de a jövőben méginkább felmérhetők lesznek a bolygókutatási ismeretek földi alkalmazásának távlatai, és ezeket sejtetik az egyre fontosabbá váló földtani vonatkozások is.

IRODALOM

Carr, M. H. et al.: A generalized geologic map of Mars. Journal of Geophys. Research, **78,** 20, 1973.

Davidson, G., —Anderson, A.: Venus: volcanic eruptions may cause atmospheric obscuration. Science, **156,** 3783, 1967.

Dollfus, A.: La surface du sol de la planete Mars. Aeronaut. et astronaut, **38,** 1972.

Dorschner, J.: Von der Areographie zur „Marsgeologie", Astronomie und Raumfahrt, **2,** 1973.

Evans, J. V. et al.: Radar studies of Venus at 3.8 cm wavelength. Symp. phys. of Moon and planets 15—22 oct. 1968. Izd.-vo Ak. Nauk. UdSSR, 1968.

Ходак, Ю. А.: Структура Марса по новым данным в сопоставлении с луной. Изв. Ак. Наук СССР Сер. геол., **10,** 1973.

Каттерфельд, Г.: Вулканическая активность на Марсе. Природа **8,** 1972.

Ходак, Ю. А.—Каттерфельд, Г.—Бенеш, К.: Планетологическое сравнение Венеры и Земли. Изв. Ак. Наук СССР Сер. геол. **12,** 1972.

Кропоткин, П. Н.: Грабень на Марсе. Знание — сила № **9,** 1972.

Kropotkin, P. N.: Neues über die Geologie des Mars. Zeitschrift für angewandte Geologie, **19,** 7, 1973.

Lewis, J. S.: Venus: atmosphere and lithospheric composition. Earth and Planet. Sci., **10,** 1970.

McCauley et al.: Preliminary Mariner 9 report on the geology of Mars. Icarus, **2,** 1972.

Masursky, H. et al.: Preliminary Mars chart. Sky and Telescope, **44, 2,** 1972.

Masursky, H.: An overview of geological results from Mariner 9. Journal of Geophys. Research, **78,** 20, 1973.

Milton, D. J.: Water and processes of degradation in the martian landscape. Journal of Geophys. Research, **78,** 20, 1973.

Мороз, В. И.—Ксанфомалити, Л. В.: Новые вести с Марса. Земля и Вселенная, Ак. Наук СССР 1972, **3,** 1972.

Сурков, Ю. А.—Андрейчиков, Б. М.: Состав и структура облачного слоя Венеры. Геохимия, **10,** 1973.

Виноградов, А. П., и др.: Содержание естественных элементов в венерианской породе по данным автоматической станции «Венера — 8». Геохимия, **1,** 1973.

Weawer, K. F.: Journey to Mars. National Geographic, **143,** 2, 1973.

Wilson, R. C. et al.: Chaotic terrain of Mars: a tectonic interpretation from Mariner 6 imagery. Bull. Geol. Soc. Amer., **84,** 2, 1973.

KÖNYVISMERTETÉS

SZEPESHÁZY KÁLMÁN

A TISZÁNTÚL ÉSZAKNYUGATI RÉSZÉNEK FELSŐKRÉTA ÉS PALEOGÉN KORÚ KÉPZŐDMÉNYEI

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973. 1—96., 14. ábra, 5 térképmelléklet.

Megjelent munkának napjainkban, amikor a Kárpát-medence lemeztektonikai fejlődésének és mélyszerkezetének kérdése az érdeklődés előterébe került, különös jelentősége van. A könyv — ahogy a címéből is kitűnik — az ÉNY-Tiszántúl neogén képződményeinek bázisát képező, a szénhidrogén kutató fúrásokból megismert felsőkréta és paleogén képződményeket ismerteti. Szerző könyve végén ezeket az üledékeket a Kárpátok felszíni flis-előfordulásaival veti egybe. Ezért a könyv első részében a flis kifejlődés fogalmát, ősföldrajzi, tektonikai, litológiai és kőzettani sajátosságait és a keletkezésére vonatkozó hipotéziseket foglalja össze. A második részben a Tiszántúl felsőkréta és paleogén képződményeinek részletes ismertetésével, rétegtani taglalásával és genetikai elemzésével foglalkozik.

Szepesházy Kálmán 1954 óta végez részletes mikroszkópos vizsgálatokat a szénhidrogén kutatófúrások fúrómagjain. Így megállapításai igen nagyszámú magminta, lelkiismeretes hozzáértő kőzettani feldolgozásán alapulnak. A könyv egy olyan képződményt ismertet, amely a Tiszántúl felszínéről sehol sem ismert, vastag üledéksorral lefedett és kizárólag mélyfúrásokat feltárt. Így egyben a szénhidrogén kutatófúrások nagy mennyiségű anyagának feldolgozását és szakmai kiértékelését is biztosítja. Azonban a tiszántúli felsőkréta és paleogén képződmények kárpáti flisterületekkel való egyezése vitatható, nem mutatják az összes jellemző flis-sajátságokat. Szerző maga is megállapítja, hogy ez az övezet a kárpáti flistípusok egyikébe sem sorolható, leginkább a „Keleti Kárpátok belső flisövéhez hasonlít", s köztük a kapcsolat csak a Nagykároly környékén lemélyített fúrások alapján, valószínűsíthető.

A könyvet jól kiválasztott, értelmező ábrák és 5 térképmelléklet egészíti ki. A térképek a Tiszántúlon lemélyített szénhidrogén kutatófúrások helyét, a hazai felsőkréta és paleogén képződmények fácieseit, illetve az Alpok és Kárpátok flisképződményeinek vázlatos elterjedését tüntetik fel. Sajnálatos, hogy a könyv idegen nyelvű összefoglalást nem tartalmaz, tárgya és feldolgozása alapján a szomszédos országok szakembereinél is komoly érdeklődésre számíthatna.

Ettől függetlenül munkája komoly segítséget nyújt hazánk mélyföldtanának és földtani fejlődésének tisztázásához. A könyv a hazai földtani irodalom komoly nyeresége.

Szép kiállítása az Akadémiai Kiadó dolgozóinak munkáját dícséri.

SZÉKYNÉ FUX VILMA
A FÖLD- ÉS ÁSVÁNYTANI TUDOMÁNYOK DOKTORA

GONDOLATOK A FLIS KÉPZŐDÉSÉRŐL SZEPESHÁZY KÁLMÁN: „A TISZÁNTÚL ÉSZAKNYUGATI RÉSZÉNEK FELSŐKRÉTA ÉS PALEOGÉN KORÚ KÉPZŐDMÉNYEI" CÍMŰ KÖNYVÉNEK MEGJELENÉSE ALKALMÁVAL

BENDEFY LÁSZLÓ
A FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORA

Évekig tartó csiszolgatás és kiegészítgetés után a múlt év végén jelent meg SZEPESHÁZY KÁLMÁNnak, az Alföld aljzatából előkerült kőzetanyag legkiválóbb ismerőjének, petrográfusának és tudós meghatározójának tollából a fenti című munka. Tárgya szerint rövidebb címet is kaphatott volna, mivel ez a mű nem egyéb, mint *a magyarországi flis- és flisoid kőzetek tüzetes kőzettani-őslénytani leírása*, s egyben a flisre vonatkozó eddigi világirodalom gondosan extrahált, sommás összefoglalása.

Mi adott okot, mi tette feltétlenül szükségessé ennek a könyvnek a megírását? Az a körülmény, hogy a Szolnok és Debrecen között végrehajtott mélyfúrások során a fúrómagok részletes kőzettani vizsgálata alkalmával váratlan eredményekre jutottak. Új és új meglepetések és felfedezések követték egymást, mígnem véglegesen bebizonyosodott, hogy a Tiszántúlnak e részén levő felsőkréta és paleogén korú rétegek — kialakulásukat illetően — nem a Kárpát-medence belsejében eddig ismert üledékekre, hanem sokkal inkább a Kárpátok külső övezeteiben jelenlevő különleges, ún. flisképződményekre hasonlítanak.

Az üledékes kőzetek e legrejtélyesebb csoportjának keletkezésére vonatkozóan csak a legutóbbi években sikerült néhány olyan fontos megfigyelést tenni, amely közelebb vitt a flis genezisének tisztázásához. És ebben SZEPESHÁZY KÁLMÁN kutató munkásságának igen nagy része van. A flis keletkezésére vonatkozó elméleteknek és elképzeléseknek irodalma ugyanis óriási. Egy könyvtárra valót írtak e témáról össze. SZEPESHÁZY érdeme, hogy ezt a hatalmas irodalmat átnézte, dialektikusan rendezte, kellő kritikával megszűrte, és az eredményeket kitűnő könyvében összegezte.

A könyv első része ismerteti a flis fogalmát, különböző jellegzetességeit és a flis keletkezésére vonatkozóan eddig megállapított szükséges, illetőleg kizáró (tiltó) feltételeket.

Nem térünk ki itt ennek a témának részletezésére, mert e kérdéssel másutt kívánunk mélyrehatóan foglalkozni. E helyütt SZEPESHÁZYnak csak néhány igen lényeges megállapítását említem meg.

Egyetérthetünk a szerzőnek azzal a megállapításával, hogy a flisgyűjtő vályú fenékingadozásával nem kell számolnunk (23. 1., 2. 1.). A flisgyűjtő vályú jobban vagy kevésbé kifejlődött geoszinklinális, amely a flistömeg felhalmozódásának arányában fokozatosan süllyed. A fenék oszcillációjára bizonyíték nincsen, de az kéregdinamikai és geokinetikai szempontból nem is lenne indokolt.

Az elengedhetetlen sajátságok sorában (25. 1., 2. 1.1.1. — 5. pont) olvassuk, hogy a flisképződményekben bizonyos ciklicitás mutatkozik meg. Egy-egy ciklotémának mindig éles, szembetűnő alsó határa van. SZEPESHÁZY ciklotémának olyan üledékképződési egységet nevez, amelyen belül legalul a legdurvább üledékanyag talált helyet, s ez felfelé fokozatosan finomabb szeművé válik.

Kizáró, azaz „tiltott" sajátságként említi a szerző (27. 1., 2.1.1.3.) azt, hogy a típusos flisben nem fordulhatnak elő nem tengeri, azaz félsós, kiédesedő, valamint túlsós vizekből származó üledékek, továbbá különféle szárazföldi üledékek.

Ez, a korábbi szakirodalmi megállapításokat összefoglaló tétel eléggé vitatható. A kutatók többsége — magából SZEPESHÁZY művéből kivehetően is — azon az álláspontón van, hogy a flisüledékek anyagukat illetően terrigén eredetűek, bár — az utóbbi évek megfigyelései szerint — nem szabványos epikontinentális üledékek. Ha azonban ez így van, (mint ahogy a referens is meg van győződve e tétel igazságáról), akkor a 2.1.1.3 alfejezet első sora szedéshibás és a második „nem" szó törlendő. De téves a továbbiakban az az állítás is, hogy a flisben „különféle szárazföldi üledékek ... nem fordulhatnak elő." Miért ne fordulhatnának elő? Keletkezésük módja és rendje ezt nem zárja ki; e probléma bizonyítására azonban önálló tanulmányban térek ki.

Tökéletesen egyetértünk SZEPESHÁZYval (27. 1., 2.1.1.4.) abban, hogy „minden flisterületnek megvannak a saját, egyéni jellemvonásai." Ez vitathatatlanul így is van, miként a flis keletkezési körülményeiből egyenest következik; másként el sem képzelhető.

A szerző közli korunk fliskutatóinak azt a véleményét, hogy „a jelenkorban flis üledékek valószínűleg sehol sem képződnek." Ez a tétel az idézett kutatók tévedése. A flisképződés jelenleg is folyamatban van, de a Földnek igen kevés helyén és csak több szükséges természeti

feltétel együttes megléte esetén. (A probléma bővebb kifejtésére önálló tanulmányban térek vissza.)

Hosszan foglalkozik SZEPESHÁZY — különösen nyugati kutatók megfigyelései alapján — a zagyözönök rétegformáló szerepével. A megfigyelés jelentőségét mutatja, hogy a vonatkozó publikáció az Elsevir Publ. Comp. kiadványai sorában jelent meg. Azonban másodlagos jelenségről van szó. Ismerete rendkívül fontos a flisösszletben gyakran látható kusza, álrétegzett formák létrejöttének megértéséhez, de a zagyözönök létének tisztázása — ezt most S. DZULYNSKI és E. K. WALTON (1965) közleményére értve — egy lépéssel sem visz közelebb a flisüledékek tulajdonképpeni keletkezésének tisztázásához.

Igen hasznos megfigyeléseket végzett a flis és a flisszerű képződmények litológiai és genetikai viszonyainak tisztázása terén A. H. BOUMA (1962) és D. J. STANLEY (1962). Megfigyeléseik, melyeket SZEPESHÁZY a megkívánt részletességgel közöl, lényeges ismeretelemekkel gazdagították a fliskutatást, de az alapokat és az alapokot illetően még mindig maradtak megválaszolatlan kérdések.

Ismerteti, de egyben határozottan elutasítja D. V. NALIVKINnek (1961) szélsőséges flisgenetikai elméletét, amely csak egyes vonatkozásaiban bizonyul helytállónak.

Végül SZEPESHÁZY kritikai áttekintést ad a különféle fliskeletkezési elméletekről. Megállapítja, hogy a mindössze két évtizedes zagyözön-hipotézis (KUENEN-MIGLIORINI, 1950) kezdeti formájában is szinte tökéletes magyarázatot adott az eddig legrejtélyesebb flis-sajátságok (ciklikusság, gradáció, lamináció, hieroglifák stb.) kialakulásának módjára, de igen sok kérdés megoldatlan maradt. Neki az a véleménye, amivel mi is tökéletesen egyetérthetünk, hogy „a finomszerkezeti sajátságok túlzottan aprólékos boncolgatása mellett a (zagyözön-) hipotézis hívei elhanyagolták a flismedencék kialakulásával kapcsolatos ősföldrajzi és tektonikai folyamatoknak, továbbá a flisüledékek és a velük szomszédos képződmények közötti kapcsolatoknak a vizsgálatát." Valóban erősen kifogásolható, hogy *a zagyözön-hipotézis néhány nagyon fontos flis-sajátosság*, mint amilyenek az inverz gradáció, a vastag, rétegzetlen homokkőösszletek, a lamináció stb. *eredetére egyszerűen nem tud választ adni.*

A flis eredetének, keletkezésének, sőt a flisösszletek fejlődésének kérdése is ma még — annak ellenére, hogy számos részlet tisztázottnak tekinthető — megoldatlan. SZEPESHÁZY elénk tárja mind a megoldott, mind a megoldatlan kérdéseket, tudós kritikával, kellő részletességgel és számos, különböző nézeteket valló kutató álláspontjának megvilágításával. A könyv ebben a vonatkozásában a maga nemében igen kiváló és nagy lépéssel viszi előre a flis-kérdés megoldatlan részleteinek kutatását a végső megoldás felé. Nagyon helyesen jegyzi meg a szerző (49. l.), hogy a flis-keletkezés kétféle (azaz zagyözönös, illetve kontinentális eredetű) hipotézisének tekintetében — noha a kutatók jórésze gyökeresen ellenkező nézetet vall és emiatt fáradhatatlanul vitatkoznak egymással — „az igazság az, hogy ezek az alapjaikban különböző hipotézisek nem cáfolják, hanem tulajdonképpen kiegészítik egymást."

SZEPESHÁZY megfigyelése szerint a flis kontinentális eredetéről szóló hipotézisnek a kérdés kutatói között ma már aránylag kevés híve van (??). A nagyon bonyolulttá lett problémát összegezve pedig ezt írja: „A flisösszletek bonyolult litológiai sajátságait a legkülönbözőbb egymásba fonódó folyamatok szövevénye (víz alatti suvadások, üledékfolyások, zagyözönök, zagyfelhők, normális tengeráramlások, különféle tektonikai mozgások stb.) alakította ki. Egy flisterület földtani vizsgálatánál maximális eredményt úgy érhetünk el, ha valamennyi hipotézis híveinek *elképzeléseit*,* magyarázatait és vizsgálati módszereit megismerjük és felhasználjuk" (50. l.).

Egyes tényeket teljesen tisztázott az eddigi kutatás. Például azt, hogy *a flisövezeteket kísérő kordillerák „a vályúszerűen megnyúlt flisgeoszinklinálist szegélyező meredek lejtővel magasan a tenger szintje fölé emelkedő, aktív geoantiklinálisok*" (28. l.)** Más problémák pedig teljesen megoldatlanok maradtak. Ilyen — többek közt — az alábbi három alapvető kérdés is.

1. Milyen mechanizmus váltotta ki az üledékanyag ritmusos lerakódását?
2. Hogyan szállítódott a terrigén törmelékanyag a leülepedés helyére?
3. Milyen batimetrikus viszonyok mellett történt az üledékképződés?

Ezekre a kérdésekre N. B. VASSZOJEVICS kísérelt meg választ adni. A 2. kérdésre helyesen válaszolt, amikor azt mondja: a terrigén törmelékanyag szállítása normális vízmozgások segítségével történt. Persze itt is — kellő jóindulattal — fel kell tételeznünk, hogy VASSZOJEVICS a normális vízmozgások kategóriájába sorolt minden olyan földfelszíni vízfolyást, amelyet mozgásában mesterséges műszaki létesítmények nem korlátoznak, s nem befolyásolnak. Ide érthetők még a felszínalatti vizek (karszt- és gleccserpatakok) is.

VASSZOJEVICSnek a másik két kérdésre adott válasza azonban — megítélésem szerint — ki nem elégítő, ezért nem is foglalkozom velük.

* Kiemelés tőlem! B. L.
** Helyesen: *küszöbök*

Mindenesetre megállapíthatjuk: *nem kétséges*, hogy zagyözönök léteznek és emiatt a flisgyűjtő vályúban levő üledékanyag elrendeződése és időnkénti átrendeződése elkerülhetetlen jelenség abban az esetben, ha a flisgyűjtőben kialakuló vízalatti hordalékkúpokban felhalmozódott üledéktömeg nincs eléggé stabilis állapotban. De a stabilitás ezekre az üledékekre sohasem jellemző. Éppen ezért *a zagyözönök szerepe vitathatatlanul igen nagy*. Ezzel azonban még mindig nincs megmagyarázva: *hogyan kerül elsődleges módon a flisgyűjtő vályúkba az az üledéktömeg, amelyet a későbbiekben a zagyözönök munkába vesznek*. Erre a kérdésre sem a flisösszletek kutatói, sem a könyv nem adnak választ. Nem is könnyű választ adni, amikor a flisképződményekben ház nagyságú tömbök („egzotikus blokkok") és kőliszt finomságú, megkövesedett iszapszerűség (iszapfolyás nyomai) is előfordulnak (34. és 35. l.)

Megállapították azt is, hogy a korábban szerves élőlényektől származóknak vélt kúszási nyomok nem azok, hanem a feneken vonszolt vagy görgetett különféle keményebb testek (kőzetdarabok, héjtöredékek, halcsont stb.) súroló, véső, karcoló hatása következtében jönnek létre azok a felszíni egyenetlenségek, amelyeket a talpjelek, hieroglifák (sole marks, current marks) negatívjaiként ismerünk (35. l.).

***

A műnek második érdemi része 38 oldal terjedelmű, és a hatalmas kiterjedésű tiszántúli flisoid-összletek kőzettani-őslénytani leírását adja. Részletesen, pontosan, ahogy az a szerzőtől várható.

Megemlíti, hogy ezeket a kőzeteket a Hajduszoboszló II. sz. mélyfúrásban 1447—2032 m mélyből, 585 m vastagságban harántolt üledékösszlet alapján, mindenki más magyar geológussal szemben, néhai PAPP KÁROLY professzor ismerte fel. Ő ezt a különös képződményt — természetesen — még a régi „kárpáti homokkő" néven írta le.

SZEPESHÁZY utal arra, hogy a Tiszántúl fejlődéstörténete a pliocénig nem annyira a szomszédos alföldi medencerészekéhez, hanem inkább a tőle keletre levő hegyes vidék: az Erdélyi-Középhegység, a szatmári és a máramarosi hegyvidék fejlődéstörténetéhez volt hasonló. Egy — nagyjából Túrkeve, Püspökladány és Hajdúszovát községektől kissé É-ra húzódó — ÉK—DNy csapású szerkezeti vonal a Tiszántúl medencealjzatát két nagy szerkezeti részre osztja. Az aljzatot fedő neogén képződmények e két részen lényegesen eltérnek egymástól.

Az említett töréstől DK-re levő részen a neogén üledékek igen idős, valószínűen prepaleozóos, a Bihar, a Kodru-Móma és a Hegyes-Drócsa hegységek metamorf és magmás kőzeteivel rokon kristályos kőzetekre települnek. Ezzel szemben, a törésvonaltól ÉNy-ra, a Tiszántúl északi részén, a nagy mélységben levő idős kristályos aljzatot, majdnem teljes egészében, megszakítatlanul, jelentős vastagságban mezozóos (jura, kréta) és paleogén üledékek fedik. A kristályos aljzat legmagasabbra emelkedő, s csupán néhány helyütt (Hajdúszoboszló, Ebes) feltárt kőzetei az É-erdélyi kristályos szigetrögök metamorf kőzeteihez hasonlóak. A karbon jelenléte lehetséges, de még nem eléggé tisztázott.

Mindenesetre SZEPESHÁZY ezen a 38 oldalon összegezett, megrostált és elénk tárt minden anyagot, amit ezzel a tárgykörrel kapcsolatban egyáltalán elénk tárhatott. És amit kőzet- és őslénytani vonatkozásban közöl, annak minden szava és mondata mögött hihetetlenül szabatos és megbízható eredményeket nyújtó munka áll. Ő ugyanis minden egyes fúrásnak, még a 40—50 évvel ezelőtt végrehajtott mélyfúrásoknak magjait is felkutatta, sajátkezűleg megtisztította, csiszolatokat készíttetett, azokat megvizsgálta és petrográfiailag meghatározta. Az őslénytani meghatározásokért túlnyomórészt KŐVÁRY JÓZSEFnek és MAJZON LÁSZLÓnak lehetünk hálásak.

SZEPESHÁZY végső eredményeit nem részletezem. Szerinte a tiszántúli paleogén flis- és flisoid üledékek *terrigén törmelékanyagnak viszonylag mély tengerrészekben való gyors lerakódásával keletkeztek. Ezek a tiszántúli flis- és flisszerű üledékek ősföldrajzilag és litológiailag inkább a felsőkrétához kapcsolódnak, de őslénytani alapon már inkább paleogén korúaknak tekinthetők.*

SZEPESHÁZY műve tartalmában és rövidre fogottságában, világos, szabatos és magyaros nyelvezetével példája lehet a korszerű tudományos munkáknak. Azért, hogy a könyv első része tele van a külföldi szerzők alkotta műszavak százával, nem a szerző felelős. Azok a kutatók, akik a megfigyelt jelenségek analitikus leírása során nem tudták egyébbel gazdagítani a flis irodalmát, mint új és újabb mesterszavak gyártásával, csak bonyolultabbá tették a problémát. Ebben a dzsungelben igyekezett SZEPESHÁZY — nem is kis sikerrel — utat vágni.

Mindenesetre megállapíthatjuk: SZEPESHÁZY KÁLMÁN művének első részében felhalmozta és rendszerezte mindazt az ismeretanyagot, amelyet a flis kutatói a világ minden táján összegyűjtöttek, és ezzel megtette a flisüledékek mibenlétének meghatározásához szükséges utolsó előtti lépést.

ÚTMUTATÓ AZ MTA X., FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATKIADÁSA KERETÉBEN MEGJELENTETENDŐ KÉZIRATOK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

Az MTA X. Osztályának osztályülése határozatot fogadott el arról, hogy a nyomdai átfutási idő lerövidítése érdekében készüljön olyan útmutató, mely a kutatók segítségére van kéziratuk kiadásra való helyes elkészítésében.

Mint minden szakmának, a geotudományok, sőt az azon belüli egyes tudományágak szakmai kifejezéseinek tartalmi szabályai mások és mások, eltérő a fogalmazásmód stb. Ennek szem előtt tartása mellett és megsértése nélkül azonban úgy véljük, minden olyan szakembernek, aki írásba foglalja kutatáseredményét, beszámol munkájáról olyan formában, mely nyomdai közlésre kerül, szükséges azokat az alapismereteket tudni, és ezek alapján kéziratát elkészíteni, melyek elősegítik, hogy — az ezen túl sem nélkülözhető szerkesztési munkák után — kézirata lényegesen rövidebb idő alatt kerülhessen nyomdába és jelenhessék meg.

E rövid tájékoztató a JOLSVAY—FÖRGETEGNÉ: „A kézirat és a korrektúra" Akadémiai Kiadó 1971. évi kiadványa és a konkrét tudományágak területén csaknem egy évtizedes, speciális szerkesztési tapasztalatok alapján készült.*

Minden, de főleg a speciális szakmai kéziratokkal szemben támasztható *alapkövetelmény:* a mondanivalók *rövid*, *tömör*, a *szükséges* és *megfelelő logikai sorrendű*, *világos*, a szakterületen jártas, de a nem közvetlenül az adott tudományág területén dolgozó szakemberek számára is *érthető*, *egyértelmű*, a *szakmai zsargon és magyartalanság nélküli szövegezése.*

Helyesírásnál „A magyar helyesírás szabályai"-t tekintjük irányadónak. Ettől szakkifejezések, vagy idézett szövegek stb. esetén el lehet térni, de jelezni kell a margón, hogy betű szerint kell szedni.

* A *-gal jelölt részek speciálisan az idegen nyelvű „Acta Geologica Sci. Hung.", a **-gal jelölt részek pedig a magyar nyelvű „Geonómia és Bányászat, az MTA X. Osztályának Közleményei" c. folyóirat számára leadott kéziratok elkészítésére vonatkoznak a továbbiakban.

A kézirat

A szerzők a kéziratot 2 példányban, A/4 alakú, nem áttetsző papírra, 1.5 sortávolsággal, egyoldalasan gépelve, oldalanként 25 sor (50—60 betűhelyes, 25×50 sorok), nem színes gépszalaggal készítsék el. Egy-egy oldalon legfeljebb 5—6 javítás lehet, az is géppel, legfeljebb jól olvasható állóbetűs kézírással. A gépelt kézirat mindkét oldalán legyen margó.

Előfordulhat, hogy a már letisztázott kéziratba valamit pótlólag be akarunk szúrni. Ezt különféleképpen lehet megoldani: pár szó esetén a sorok között, nagyobb betoldás esetén a papír alsó vagy felső margójára, ha azonban ott nem férne el, feltétlenül külön papírra kell írni és helyét megfelelő jellel megjelölni.

Az alapkövetelmények szerint elkészített kézirat megfelelő tagolása a következő: *bevezetés*, *tárgyalás*, a tárgyalás kisebb alfejezetekre bontása, fő- és alcímek segítségével azok elkülönítése, *konklúzió*levonás.

a) A *főcímek* lehetőleg rövid, frappáns, lényegremutatók, érdeklődést felkeltők legyenek (de ne akarjuk a tartalmat ebben elmondani!). (Ezek általában félkövér kiemelésben kerülnek kinyomásra.) Az *alcímek* a tartalmat kifejező vezérgondolatot közöljék. (Általában kurzív szedéssel nyomják.)

Egyenlő rangú címek esetén egyforma betűtípust használunk.

Cím szedésére vonatkozó szerzői útmutatás adható a címek bal felső sarkára írt arab számjegyekkel (az azonos számjegyek azonos rangú címeket jelentenek), *vagy* az azonos címek azonos módon történt aláhúzásával:

[1] Földtani viszonyok	Földtani viszonyok
[1] Morfológiai helyzet	Morfológiai helyzet
[2] Talaj	Talaj
[2] Éghajlat	Éghajlat

A fő- és alcímek alatt tárgyalt téma további kisebb-nagyobb fejezetekre is tagolódhat. Itt a nemzetközi megállapodás értelmében:

I. = rész; A, B, C, = fejezetek; 1. 2. 3. = alfejezetek;

a), b), c) = szakaszok és (1), (2) = pontok; a jelzés nélküliek = alpontok; szerinti beosztást kell alkalmazni. Használatos — a bonyolult tagolású hosszabb munkában — a decimális tagolás is. Ez esetben a címek és alcímek a saját számukon kívül ismételten megkapják a magasabb rendű címek számjelzéseit.

1.
2.
2.1
2.2

Ekkor pont csak az első szám után teendő!

2.21
2.22
2.23
2.3
3.

Bármilyen rendű is a cím, mindig külön sorban, pont vagy egyéb írásjel nélkül kiemelve adandó, kurrens betűkkel, alatta és felette két sor kihagyással.

Túlzott tagolástól azonban helyes óvakodni! Lehetséges tagolást ad a címként szerepeltethető első mondat (annak esetleg kurzív szedése) is, de tagolást jelent bizonyos mértékig az új bekezdés is.

b) A szövegben *kiemelendő szövegrészt* jelezni kell. Ennek betűtípusa általában kurzív, ritkán aláhúzással, ritkított szedéssel adunk nyomatékot. Mindkét esetben a szerzői kívánság jelölendő. A szövegtestben levő kiemeléseket a szerzőnek fel kell tüntetnie (pl. az idézett szerzők neve: ~~ kapit., továbbá kurzív _____, ritkított ..... félkövér ═══ stb. jellel), mert ő tudja, hogy mit kíván hangsúlyozni.

c) *Utalások. Irodalmi utalás.* Csak olyan szerzőre történjék hivatkozás, akinek munkája: 1. az irodalomjegyzékben szerepel; 2. lábjegyzetben (pl. „szóbeli közlés"-re) hivatkozás van; 3. azt a művet, amely azt idézi vagy az irodalomjegyzék, vagy a lábjegyzet tartalmazza.

Irodalmi utalásra két módszer áll rendelkezésre:

1. Helyesebbnek látszik a gyakorlat alapján, ha az utalás szerzőre és évszámra történik:

a) ... (Lóczy 1913)...; vagy mondat végén: ... (Lóczy 1913).; vagy azonos szerző eltérő évben közölt adata esetén: ... (Lóczy 1913, 1918); vagy azonos szerző azonos évben közölt több cikke esetén: ... (Lóczy L., 1913/a; 1913/b), vagy több szerzőre utaláskor: ... (Kiss Gy., 1925; Kovács L., 1960, 1961).

b) ... Lóczy L. (1913) vagy Lóczy L. (1913, 1931), vagy Lóczy L. (1913/a; 1913/b), vagy ... Kiss Gy (1925); Kovács I. (1960, 1961).

Idegen nyelvű kézirat esetén a családnév után vesszőt kell tenni!

2. Lehetséges utalás az irodalomjegyzékben megadott sorszámra is, ekkor a sorszámot *szögletes* zárójelben, növekvő számok sorrendjében iktatjuk a szövegbe.

Pl. „... mint azt több szerző is említi [6, 7, 12] ... hasonló tárgyú dolgozatában; vagy pl. „... melyről már Lóczy L. [2] is szól."

Valamely irodalmi utalás lábjegyzetben is megadható a többi lábjegyzethez hasonlóan, a megfelelő szó után (növekvő, megfelelő sorrendben) a számot a jobb felső sarokba írjuk a felemelést jelző jellel.

Pl. ... erről említés történik[5]

[5] Nagy P.: szóbeli közlés; vagy Nagy P.: Gondolatok a matematikáról. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1950; vagy folyóirat esetén: „Akadémiai Kiadó, Budapest, 1950" rész helyett: pl. Matematikai Értesítő, **VIII.** 1—2, 121—125, 1950.

Vigyázni kell, hogy a név a szövegben és az irodalomjegyzékben (lábjegyzetben) azonos módon íródjék!

Szövegközti lábjegyzetre utalás esetében a lábjegyzeteket folyamatos sorszámmal (s nem oldalanként ismételt 1-gyel kezdődően) kell

megadni szabvány oldalon gépelve és a kézirat végéhez csatolni. A tördelésnél így biztosan a megfelelő helyre kerülnek. Pl. ... történik.[1]; ... látható.[2]; ... bemutatták.[3] stb.

Egyéb utalás esetén a kiegészíteni kívánt szövegrész utolsó szava után az oda kívánkozó anyag oldalszámának, (táblázat-ábraszámának, képletszámának) közlése szükséges zárójelben:

(lásd ... oldal) vagy (l. ... oldal)
(lásd ... táblázat) vagy (l. ... táblázat)
(lásd ... ábra) vagy (l. ... ábra)
esetleg a „vesd össze":
pl. (vö) ... (2) egyenlőség alapján;
rövidítés alkalmazható.

d) *Táblázatok*, e) *ábrák és azok elhelyezése a szövegben.*

Előfordulhat, hogy a szöveg tördelésekor az ábrák és táblázatok nem kerülnek közvetlenül az alá a szövegrész alá, ahol azok tárgyalása történik. Ezért feltétlenül szükséges azok helyét a margón bejelölni (akár géppel, akár kézzel), ott, ahol az ábra, táblázat elsőként kerül említésre. A táblázatok, ábrák aláírása sorszámmal ellátva, szabvány oldalon gépelve, külön papíron, a kézirat végéhez csatolandó.

1. ábra ⟶
5. táblázat ⟶ stb.

Az ábrák, táblázatok számát zárójelben minden esetben azon szövegrész után kell feltüntetni, ahol arra hivatkozás van: ... (5. ábra). ... (2. táblázat). vagy ... (5., 6. ábra) ... (5., 6. táblázat). ...

Amennyiben az ábrára a mondat végén hivatkozunk, a bezáró zárójel után tesszük a pontot: ... (5. ábra). Ha az utalás nem egy soronkövetkező, hanem egy már előzőekben bemutatott ábrára történik, a mondatot ponttal zárjuk, s a zárójelbe tett ábraszám után, de a bezáró zárójel elé kerül a pont: ... mint azt már előbb láttuk. (2. ábra.) Egyébként pontot az ábra szó után *nem* kell tenni!

A *szövegközti táblázatok* esetén több lehetőség van:

1. Ha szöveghez szervesen tartozik egy rövidebb *felsorolás*, melyre később nem utalunk, legcélszerűbb azt táblázatba foglalni. Az utaló mondat után kettőspont következik, s a felsorolásból összeállított (a táblázat számozása nélküli) táblázat. Pl.: Az ipari kőolajkészlet és arányai 1965—1970 között:

	1965		1968		1970	
	Mt	%	Mt	%	Mt	%
Szocialista országok	4450	8,9	7651	12,3	13 854	16,7
Nyugat-Európa	314	0,6	261	0,4	468	0,6

2. Ha a szöveghez több adatot tartalmazó, vagy olyan táblázat tartozik, melyre később a szövegben másutt is van utalás, azokat be kell számozni, címet adni a táblázatnak, s az adott mondat után, mely először utal rá, vagy közvetlenül kettősponttal lezárva írjuk, vagy a mondatot a zárójelbe tett táblázat számával zárjuk.

a) Pl. . . . Magyarország évi szénhidrogéntermelése jelentősen növekedett 1970—1973 között, és felhasználása 1973-ban kétszerese volt az 1963-asnak:

IV. táblázat

Magyarország szénhidrogéntermelése 1970—1973 között és felhasználása 1973-ban

Szénhidrogéntermelés	1970 Mt	1971 Mt	1973 Mt	Szénhidrogén-felhasználás	1973-ban Mt
. . .	. . .	. . .	. . .	autóipar	. . .
. . .	. . .	. . .	. . .	háztartás	. . .

b) . . . adott időszak között (IV. táblázat).

3. Olyan nagyméretű, címmel és számmal ellátott táblázatok, melyek szöveg közé nem szedhetők, mellékletként kerülnek a szöveghez.

Ez esetben azonban feltétlenül a 2/*b*. pontban elmondottak követendők azzal a kiegészítéssel, hogy a szerzőnek a szöveg első utaló helyén a margón, a tábla behelyezésének helyét be kell jelölni (az ábrákhoz hasonló módon).

Tizedespont angol szöveg esetén mindig pont! (Vessző nem lehet!)

e) Az *ábrák* több fajtája ismert. Az ábrák vázlatainak elkészítése során a pontosság, a világos egyértelműség, majd a többszöri ellenőrzés renkívül fontos, mert a klisén javítani nem lehet! Lehetnek szövegközti egyes, vonalas rajzok, fényképek, térképek stb.; lehetnek fekete-fehérek, színesek stb. Az ábrák (különösen őslénytani dolgozatok esetén) fényképtáblák (1—1 lapon 4—6 hasonló jellegű ábra-együttes) is lehetnek. Gyakran az ábrákat jelmagyarázat egészíti ki. (L. később!)

Rajzok esetén *nem kötelező* a szerzőnek *klisékész rajzokat* készíteni, de világos, a rajzoló (tehát nem feltétlen szakember) által érthető és mérete (a jelek mérete) alapján olvasható, jól látható rajz (vázlat) szükséges. Ha idegen nyelvű a cikk, az ábrák idegen nyelvű feliratára ügyelni kell! Az ábrákra (akár klisékész, akár nem, akár vonalas rajz, térkép vagy fénykép) *ceruzával* a szerző nevét, cikke címének kezdőszavait s az ábra számát fel kell írni! Fényképeknél lehetőleg külön papírra, amit a fényképhez ragasztunk, nehogy a fényképen átüssön az írás! A fényképek kétoldalán nyíllal a fénykép állását fel kell tüntetni. Az ábrák számozása 1, 2, 3, . . . stb. sorrendben történik, függetlenül attól, hogy egyik vonalas rajz, másik fénykép, harmadik térkép volt. *Fényképtáblák* esetén az egy fényképtáblához tartozó ábrák *mindegyi-*

kére ceruzával a szerző nevének, dolgozata címének kezdő szavai után a fényképtábla számát római, azon belül az ábraszámot arab számmal fel kell tüntetni:

Pl. Nagy P.: A szénhidrogének elterjedése . . .

I. fényképtábla	5. ábra
(I. Plate	Fig. 5.)

Térképnél a méretarány feltüntetése elengedhetetlen. Szelvények közlésénél szükséges az irányok bejelölése. Ábrák, térképek esetén csak a minimális szöveg kerüljön az ábrára! (Térképeknél, ábráknál a jelmagyarázat figurális is lehet, melyek jelölendők.)

Az ábrákhoz, rajzokhoz, térképekhez készült ábramagyarázat a dolgozathoz utolsó mellékletként tartozik! (L. még „ábramagyarázat" résznél.)

f) *Szöveg közötti képletet* a szöveg után, annak sorközénél 2× nagyobb sorközzel alul-felül elválasztva, középre írva kezdjük. Ezután normál sorközzel folytatható. Lehetőleg mindig, de több képlet esetén feltétlenül számozzuk be a képleteket azokkal egysorba a sor végére, pont nélkül. zárójelbe téve a számokat. Képletsorok esetén az egymás alatti, de összetartozó képletek között vessző van, az utolsó (mondanivalót záró) képlet után pont. Idegen (görög) betűjelek alkalmazásakor a betűket jól ki kell rajzolni, esetleg szükséges a margón azokat betűvel is kiírni.

Pl.

$$a + b + c = x + y + z, \tag{1}$$

$$b + c = y + z, \tag{2}$$

$$a + c = x + z. \tag{3}$$

ahol a = a keresett . . .; b = a másik anyag . . .: stb. (magyarázó szövegrész következik.)

$$a_{\sigma}^{\sqcup} + b_{\alpha}^{\sqcup} = x_{x}^{\sqcup} + y_{x}^{\sqcup} \tag{4}$$

Görög, egyéb idegennyelvű betűjel használata esetén, azt meg kell jelölni a szövegben és margón, és megmagyarázni a margón. Pl.: α görög alfa; σ: görög szigma, stb.

Egyetlen képlet esetén pontot vagy vesszőt nem kell használni. Az indexbe kerülő jelet is jelezni kell ⊔ vagy ⊓ jellel! Több kitevő esetén több ilyen jel is használható ($E_{\sqcap}^{2\sqcup}$). Külön megemlítendő a hidrogén-exponens írása. Ez a kis p betű, melyet indexben nagy H betű követ: p_H.

Irodalomjegyzék

Van részletes és rövidített hivatkozás. Mindkét esetben *minden* hivatkozott szerző, minden hivatkozott művét fel kell sorolni. A különbség, hogy a részletes hivatkozásnál a szerzők neve után az idézett mű címét is közölni kell.

Ha magyar az idézett mű szerzője és a kézirat idegen nyelvű, akkor zárójelben az idézett mű címének, a kézirat nyelvével azonos nyelvű fordítását is ismertetni kell, vagy ha a hivatkozott dolgozatnak a kézirattól eltérő idegen nyelvű összefoglalója van, s így idegen nyelvű címe is van, azt az idegen nyelvű címet is fel kell tüntetni. A szerzők nevének írásakor fontos a teljes azonosítás a szövegben és az irodalomjegyzékben (pl. nem lehet Kováts—Kovács, Pesty—Pesthy stb.). Ha egy szerzőnek több műve van, nevét külön-külön ki kell írni minden cikk felsorolásakor; ha egy szerző ugyanabban az évben 2 vagy több cikkét idézzük az évszám után/a; /b; /c jelet tesszük.

Az irodalomjegyzékben lehet névsor szerinti sorrendet tartani (mindinkább ez válik be) vagy az idézés sorrendjét. Ez utóbbi esetben feltétlenül szükséges az irodalomjegyzékben a sorszámozás.

Könyvek esetén a kiadó, a kiadás helye, oldalszám és a kiadás éve tüntetendő fel.

Pl. Vadász E.: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 550, 1953.

Folyóiratok esetén a szerző neve, kettőspont, a dolgozat címe, és pont van. Ezután a folyóirat neve (esetleg rövidítve), vessző, kötetszáma, kétszer aláhúzva (ami a félkövér szedésre hívja fel a figyelmet), vessző, oldalszámok, vessző, évszám, pont sorrendben kell az irodalmi hivatkozást megadni. Helyes az irodalomjegyzék első oldalán megírni, hogy a kétszeri aláhúzás a félkövér szedésre figyelmeztet.

Pl. Nemecz E.: Halloysit Gyöngyösoroszból. Földtani Közlöny, **83**, 389—400, 1953.

Idegen nyelvű közlés esetén a vezetéknév után *mindig* van, a magyar közlés esetén *soha* nincs vessző.

A folyóirat címének rövidítése a kéziraton belül mindig egyforma legyen, és a rövidítés külön jegyzékben megadandó.
Pl. Földtani Közlöny = Földt. Közl.; Földr. Közl. = Földrajzi Közlemények.

Idegen nyelvű közlés esetén az irodalomjegyzék címe:

angol: References
francia: Bibliographie
orosz: Литература
német: Literatur

Ábramagyarázat

Mellékletként kerül a szöveghez. Ez tartalmazza 1. az ábra számát, 2. az ábra címét, 3. az ábra szerzőjének (szerkesztőjének) nevét (ha van), 4. az ábra jelmagyarázatát számok szerinti sorrendben, vagy egyszerűbb jelek felsorolását magyarázatukkal együtt (ha van). Ha az ábrát több szerző (szerkesztő) szerkesztette: 1—3 szerző (szerkesztő) nevét betűrendben fel kell sorolni; ha 3-nál több a szerző (szerkesztő), 3-ig felsoroljuk a neveket, a többit: „és mtsai", vagy (idegen nyelvű szöveg esetén) „et al." jelzéssel írjuk.

Pl. 1. ábra. Magyarország földtani térképe. Méret: 1 : 1 000 000. (Szerkesztette: KOVÁCS PÁL, NAGY PÉTER, BARTA JENŐ, és mtsai; (Vagy; et al.), 1919). A. Mezozoikum: 1. Triász; 2. Jura; 3. Kréta; B. Pliocén: 1. Paannon; C. Pleisztocén: 1. Günz; 2. Würm. P_h = pliocén homok; K_m = kréta mészkő; . . . k őzet határ; ⩗ csapásirány; / törésvonal.

Az egyes számok, az „ábra" szó, a cím, az évszámot követő zárójel, a további tagolásra használt betűk, számok után mindig *pontot*, a felsorolásban szereplő szavak után (a számok előtt) *pontosvesszőt* kell használni. A nagyobb egység tagolásának címszava után (adott példában: mezozoikum v. pliocén) *kettőspont*. Előtte és új jelölések (P_h = pliocén homok) magyarázata előtt: pont.

Az egyes ábramagyarázatok végén *soha nincs* pont. Ha a szövegben az ábra teljes mértékben magyarázatot nyer, vagy az ábra önmagáért beszél, az ábramagyarázat csak:

Ábramagyarázat

1. ábra
2. ábra
.
.
.

(Ábra szó után *nincs* pont!)

10. ábra -ból áll. Természetesen lehet az is, hogy egyes ábrákhoz van, másokhoz nem kell ábramagyarázat, akkor a 2 forma kombinálódik:

Ábramagyarázat

1. ábra. Szelvény a Duna—Tisza közén, Kalocsa—Szeged között. (Szerkesztette: KOVÁCS BÉLA 1970). I. Kőzettípusok: 1. homok; 2. kavics; 3. agyag. II. Magassági szintjelzések: 1. 200—300 m tszf; 2. 200—300 m tszf. ⚒ = bányák helye
2. ábra
3. ábra
4. ábra. Részlet a kalocsai homokbányából. (Fényképezte: NAGY IMRE). X = a homokmintavétel helye

***

Az **Acta Geologica* az MTA geológiai tárgyú, idegen nyelvű tudományos folyóirata. A közlésre beadott tudományos értekezések kéziratának tartalmaznia kell:

1. összefoglalást; 2. a dolgozatot; 3. irodalomjegyzéket; 4. ábrajegyzéket; 5. táblázatok jegyzékét; 6. ábrákat, fényképeket. A szerkesztésre idegen nyelven beadott kézirat esetén még szükséges egy második összefoglalás is, a dolgozat nyelvétől eltérő idegen nyelven.

1. *Összefoglalás.* Az Acta Geologica folyóirat rendszeresen a kézirattal azonos és egy ettől eltérő nyelvű (ha a kézirat nyelve orosz: angol, német, francia; ha angol, német, francia: orosz nyelvű) összefoglalót közöl. A cikkel azonos nyelvű összefoglaló a dolgozat elejére, az attól eltérő nyelvű a dolgozat végére kerül.

A szövegtől eltérő nyelvű *resümé* esetén, ha az orosz nyelvű: a cím után a szerző(k) neve következik új sorba, majd ismét új sorba: РЕЗЮМЕ felirat, s végül új bekezdéssel a szöveg. Minden egyéb idegen nyelv esetén a cím után új sorban:

angol: By
francia: Par
német: Von (nagy kezdőbetűvel),

majd új sorban a szerző(k) neve, s ismét új sorban:

angol: Summary
francia: Résumé
német: Zusammenfassung (nagybetűvel),

s végül új bekezdéssel a szöveg.

2. *A dolgozat címe* csupa nagybetűvel (verzál) gépelendő.

Új sorba gépelendő a szerző(k) neve, s közvetlen alá munkahelyük idegen nyelvű neve, a város — és külföldi szerzők esetén: az állam —, ahol munkahelyük van. Ezután új bekezdéssel az összefoglaló következik. Ennek végeztével 2×-es sorköz után új bekezdéssel a szöveg.

** Az MTA X. Osztályának magyar nyelvű folyóirata a *Geonómia és Bányászat.*

A folyóirat olyan cikkeket közöl, melyek a sokágú geo- és bányásztudományok minden szakemberének érdeklődésére számot tartanak. Összefoglaló, az egész tudományágat egyaránt érdeklő általános témakörökben mozgó szakcikkek kerülnek közlésre, melyeket a szerző valamely akadémiai fórum előtt előadott, az Osztály életét bemutató, arról beszámoló egyes tudományos ülésszakok anyagának (pl. Anyag- és Energiaáramlási Ankét anyagai, akadémiai közgyűlés stb) közlése mellett. Ezért kerül sor itt a hazai és külföldi kongresszusokon végzett munkák tudományos (új) eredményeinek rövid ismertetésére, és több tudományágat érintő könyvújdonságok ismertetésére is.

E folyóirat tagolódása a következő:
I. Értekezések; II. ankétek, tudományos ülésszakok, osztályrendezvények szakmai anyagai; III. kongresszusi, tanulmányúti beszámolók; IV. könyvismertetések.

A közlésekre ide leadott kéziratok előkészítésekor, az általános részben elmondottak mellett a következők veendők figyelembe:

A *címeket* csupa nagybetűvel írva adjuk meg. Külön sorba kerül a szerző(k) neve. Új sorba a szerzők tudományos címe (akadémikus, a földtudományok doktora stb., ha ilyen címe a szerzőknek nincs, ez a hely üres marad). Ezután új bekezdéssel a szöveg következik. Ábra, irodalomjegyzék stb. lényegileg azonos az előző fejezetben foglaltakkal. Ritkán, ha a kötet egyes dolgozatai nemzetközi érdeklődésre tarthatnak számot, idegen nyelvű összefoglalás is adható.

A kongresszusi, tanulmányúti beszámolóknál a címet nem követi a szerző neve, hanem — mintegy aláírva beszámolóját — az a szöveg végére kerül, a szerző tudományos címének aláírásával. Tartalmilag ezek rövid tájékoztatást nyújtsanak, betekintést a kongresszusok, tanulmányutak szakmai értékéről, a legfontosabb irányelvekről, szakmai tapasztalatokról.

A könyvismertetés speciális módjára példa szolgáljon:

KLEBER, L.:

Kristallographie

(686 oldal, 25 ábra, 80 fénykép, 10 térkép)

(McGrill, London, New York, 1965)

Új bekezdéssel szöveg, végül aláírás, a szerző tudományos címével együtt.

A könyvismertetéseknél alapvető *tartalmi* követelmény: lényegi-tartalmi ismertetést nyújtson, áttekintést a könyvben foglaltakról, az új tudományos eredményekről, vagy közlésekről a szerző szerint megítélt helyes (vagy helytelen) állításokról és értékelésekről. Rövid, frappáns, érdeklődést felkeltő, de feltétlen kritikai jellegű ismertetés legyen.

A korrektúra

A korrektúra a nyomda (sokszorosító üzem) ellenőrzése, hogy a szöveg hibátlan, az eredetivel egyezően van-e kiszedve. Kétféle korrektúra van: a hasáb és a tördelt korrektúra. A korrektúra során ellenőrizni kell továbbá, hogy a táblázatok, lábjegyzetek megfelelő helyen vannak-e, a betűtípusok megfelelőek-e, a címek elrendezése szabályszerű-e, végül pedig a szövegből nem maradt-e ki valami, nincs-e szó- vagy betűhiba.

A korrektúra rendkívül fontos, s ebben nem a gyorsaság, hanem a minőség az elsőrendű követelmény.

*Hasáb korrektúrá*ban még ábrák nincsenek, úgy azok helye ismét a margón bejegyzendő (ceruzával vagy írógéppel). *Tördelt korrektúrá*ban az ábrák elhelyezésének helyességére is külön ügyelni kell. Mivel az ábraaláírásokat rendszerint szedik, úgy azoknak a megfelelő ábra alá kerülésére, az ábrák helyes irányú elhelyezésére különösen kell figyelni. Ha valamely ábra, táblázat mérete miatt külön kerül bekötésre, ezekre a tördelt korrektúrák esetén rá kell vezetni, hogy melyik oldalak közé kerüljön! (Ügyelni kell, hogy a páratlan-páros oldalak közé nem lehet betenni ábrát, csak páros-páratlan közé!)

Mivel klisén már javítani nem lehet (legfeljebb kisebb szöveg- vagy rajzrészletet töröltetni), *az ábrák átrajzolás* utáni szerzői *korrektúrára* kell különös gondot fordítani.

Az ábrák korrektúrájánál hiba lehet a rajzon, vagy a szövegen. Ha a rajz hibás, a hiba helyét puha ceruzával lazán, jól láthatóan vagy egy jellel, vagy egy számmal megjelöljük. Ha a szöveg hibás, ugyancsak jellel vagy számmal jelöljük a hibát, de a rajzon szereplő jelek- és számoktól ezeknek el kell térniük.—Az összes ábra átnézése után „hibajegyzéket" készítünk (gépelve),

melyen a hibás, hiányos, vagy felesleges részeket mint „hibás"-akat, és a helyette használandókat mint „helyes"-eket jelöljük.

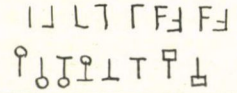
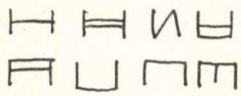
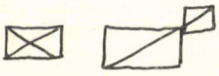
Pl. Hibajegyzék

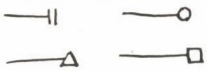
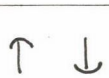
Nagy P.: „Nagynyomású kísérletek az agyagon" c. az Acta Geol. XVIII/1—3. füzetében megjelenő cikk ábráihoz.

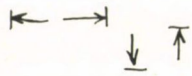
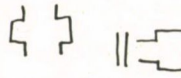
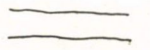
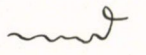
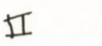
Ábraszám	Hiba jele	Hibás szöveg (rajzrész)	Helyesen
1.		rajzrészen a vonal szaggatott	*nem* szaggatott vonal
2.	1	met	mert
4.	1	hiányzik	pont a vonal fölött
"	2	látszik, úgy	látszik, hogy úgy

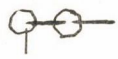
stb.

A szöveg hasáb vagy tördelt korrektúrájában a hibás részek jelölésére az MSz 3491—59-ben felsorolt jeleket használjuk. Ezeknek teljes felsorolása helyett, csak néhány fontosabbat az alábbiakban adunk meg.

A jel alakja	A jel rendeltetése
	Hibásan szedett, sérült, idegen, fordított, téves betűk kicserélése, hiányzó írásjel, betű vagy szöveg jelölése.
	egymás melletti két betű felcserélése
	két vagy több egymás mellett álló betű vagy szó megváltoztatása, illetve kicserélése
	nagyobb terjedelmű szöveg megváltoztatása
	felesleges betű törlése, utána a margón a deleatur /ϑ/ jele
	deleatur, törlés (Bármely eddigi jel alkalmazásával az a jelölt betű, szó, szövegrész törlendő.)

A jel alakja	A jel rendeltetése
	téves jelölés hatálytalanítása
	egy vagy több hiányzó sor elhelyezése a többi sor közé, ill. valamelyik szövegrész kiegészítése
	két szomszédos szó felcserélése, sorrendjének megváltoztatása
	kettőnél több szó vagy szócsoport felcserélése, illetve azok szórendi változtatása
	egy szó vagy szócsoport áthelyezése egyik sorból a másikba
	egy vagy több sor áthelyezése
	a sorok helytelen sorrendjének megváltoztatása a számozás szerint
	betűtípusok megváltoztatása, (a margón az új, kívánt betűtípus megjelölésével)
	helyköz megnövelése
	helyköz csökkentése
	sorköz növelése
	sorköz csökkentése
	két sor vagy egyéb szedéselem teljes összehúzása

A jel alakja	A jel rendeltetése
	szavak, betűk, írásjelek, szedésoszlopok elkülönítése
	szavak, betűk, írásjelek, szedésoszlopok egybeszedése
	szóközhiba megszüntetése
	bekezdés
	folytatólagos szedés
	külön sorba, és középre állítandó szövegrész vagy cím szedése
	a szedés egy részének elmozdítása a jelzett irányba, és határig
	sorok vagy szedésrészek egy vonalba állítása
	vonalat nem tartó betűk vagy jelek vonalba állítása
	lénia (vonal) pótlása
	lénia, fölösleges lénia törlése
	sorzáró űrtöltők vagy szóközi kizárások által keletkezett folt törlése
	más lénia szedése

A jel alakja	A jel rendeltetése
	helytelenül szedett léniák javítása
	helytelen irányú ábra helyes állítása
	nyomás erősítése vagy gyengítése

A korrekciókat mindig két azonos jellel jelöljük: az egyiket a hibás betűre (szövegrészre), a másikat (lehetőleg) a sor mellé, amelyben a hiba van — vagy jobbra vagy balra — írjuk és utána a helyesbítést.

A jeleket pontosan a hibára kell tenni.



A margón a jelölt betűt is ki kell írni:



Ha egy szóban több a hiba, helyesebb az egész szót törölni és újra írni:



Ha a szó belsejében felesleges betűt szedtek, az egybeszedésre figyelmeztető jellel jelöljük azt, a margón pedig a deleatur jelet írjuk e jel után:



Kihagyott betűt vagy szótagot csak jellel jelöljük az utolsó még meglevő betűn:



Kihagyott szavakat a két betű (jel) együttes jelölésével jelöljük:



Szövegrész áthelyezésénél a nagy kezdő betűkre, s az új mondat első szavának nagy betűjére ügyelni kell, hogy helyesen javítsunk:

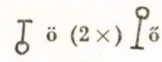


Félreérthető, összetéveszthető betűket, jeleket a margón szövegesen is szükséges megmagyarázni:



Ha ugyanazon betű (szó) hiba 1 oldalon többször fordul elő, lehet ugyanazt a jelet a javításhoz többször felhasználni, a margón pedig egyszer írjuk ki és mellé zárójelbe tesszük, hogy hányszor fordult elő a hiba:

A zemmel lezekkent vetedes ö (2×) ő



A téves javítást áthúzzuk:

aggregát



A korrigálást piros és kék ceruzával végezzük. Piros ceruzával a szerzők saját hibájukat korrigálják, a nyomda által vétett hibákat kék ceruzával javítjuk.

PÉCSINÉ DONÁTH ÉVA

EGY. DOCENS AZ MTA X. OSZTÁLY KÖNYVSZAKÉRTŐJE

Printed in Hungary

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója. Műszaki szerkesztő: Botyánszky Pál

A kézirat nyomdába érkezett: 1973. II. 7. — Terjedelem: 14,7 (A/5) ív

75.849 Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BARTA GYÖRGY, BÉLL BÉLA, FÜLÖP JÓZSEF,
PÉCSI MÁRTON, TÁRCZY-HORNOCH ANTAL, ZAMBÓ JÁNOS

7. KÖTET

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

1974

X. O. K. GEONÓMIA és BÁNYÁSZAT

7. KÖTET

1—2. füzet

TARTALOM

KOPERNIKUSZ EMLÉKÜLÉS, 1973. MÁJUS

Szádeczky-Kardoss E.: Kopernikuszi kérdések a geonómiában (elnöki megnyitó) 1
Barta Gy.: KOPERNIKUSZ a sokoldalú reneszánsz ember 5
Balázs B.: KOPERNIKUSZ világképe 9
Stegena L.: PTOLEMÁIOSZTÓL KOPERNIKUSZIG 21

AZ MTA FÖLD- ÉS BÁNYÁSZATI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK 1973. ÉVI KÖZGYŰLÉSI RENDEZVÉNYE

Szádeczky-Kardoss E.: A Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya Elnökének 1973. évi nagygyűlési beszámolója 29
Géczy B.: Hozzászólás az osztálybeszámolóhoz 37
Martos F.: A hazai ásványi nyersanyagkutatás és a társadalmi igények kapcsolata..... 39
Fülöp J.: Tudománypolitikai irányelvek és a hazai bauxitkutatás helyzetképe..... 53
Szádeczky-Kardoss E.: A nemzetközi geodinamikai terv jelen állásáról..... 63

SZÉKFOGLALÓK — HELYZETKÉPEK

Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető ZAMBÓ JÁNOS akad. rendes tag székfoglalójához 69
Zambó J.: Az ásványelőfordulások műrevalóságának elvi alapjai..... 73
Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető FÖLDVÁRINÉ, VOGL MÁRIA akad. lev. tag székfoglalójához 83
Földváriné, Vogl M.: A kvantitatív geokémiai módszerek kritikai vizsgálata 87
Szádeczky-Kardoss E.: Bevezető MARTOS FERENC akad. lev. tag székfoglalójához 101
Martos F.: Kőzetmechanikai jelenségek vizsgálata modelleken 105
Géczy B.: Lemeztektonika és paleobiogeográfia 135
Nekovetics O.: A közeli égitestek helyzete és a nagyerejű sekélyfészkű földrengések közötti kapcsolat 147
Tóth J.: Szénhidrogén anyakőzetek fogalma és jellemzése..... 157
Tóth J.: Geokémiai szénhidrogén-prognózis lehetősége hazánkban..... 169

KÖNYVISMERTETÉS

Buda Gy.: NEMECZ ERNŐ: Agyagásványok 179

3—4. füzet

AZ MTA 1974. ÉVI KÖZGYŰLÉSÉNEK OSZTÁLYÜLÉSI ANYAGA

Szádeczky-Kardoss Elemér: A Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya osztályelnöki beszámolója az MTA a 1974. évi közgyűlésén 131
Hozzászólások az osztálybeszámolóhoz:
Béll Béla 189
Pécsi Márton: A környezetpotenciál integrált földtudományi értékelése..... 193
Földváriné Vogl Mária 199
Tóth Miklós 200
Homoródi Lajos 203
Rácz Dániel 206
Barta György 208
Balogh Kálmán 209
Bendefy László 212
Dobosi Zoltán..... 212
Borai Ákos: Az ásványvagyon-gazdálkodás értékelésének problémái 215

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓK

Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Homoródi Lajos akad. lev. tag székfoglalójához. 217
Homoródi Lajos: A földi és a légi háromszögelés 219
Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Nemecz Ernő lev. tag. székfoglalójához 231
Nemecz Ernő: Természetes szilárd fázisok 235

TUDOMÁNYOS ÉRTEKEZÉSEK

Hazay István: Hossz- és területtartó térképek készítése a Gauss—Krüger-vetületen 255
Ádám Antal: Geoelektromos mélyszerkezet és geotermikus értelmezése a Magyar Medencében 265
Borai Ákos: Az alapenergiahordozók értékesítésének és felhasználásának térszerkezeti problémái Magyarországon 288
Hédervári Péter: A szeizmikus energia eloszlása és a magmaképződés valószínű mélysége az északi sziget (Új-Zéland) aktív tűzhányói alatt 299
Kőháti Attila: A Mars és a Vénusz kutatásának földtani vonatkozásai..... 307

KÖNYVISMERTETÉS

Székyné Fux Vilma: Szepesházy Kálmán: A Tiszántúl északnyugati részének felsőkréta és paleogén korú képződményei 327
Bendefy László: Gondolatok a flis képződéséről. *Szepesházy Kálmán:* „A Tiszántúl északnyugati részének felsőkréta és paleogén korú képződményei" című könyvének megjelenése alkalmával 328

ÚTMUTATÓ

Pécsiné Donáth Éva: Útmutató az MTA X. Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya könyv- és folyóiratkiadása keretében megjelentetendő kéziratok elkészítéséhez .. 331

NÉVMUTATÓ

Ádám Antal 265

Balázs Béla 4
Balogh Kálmán 209
Barta György 5, 208
Bendefy László 212, 328
Béll Béla 189
Borai Ákos 215, 289
Buda György 179

Dobosi Zoltán 212

Földváriné Vogl Mária 87, 189
Fülöp József 53

Géczy Barnabás 37, 135

Hazay István 255
Héderváry Péter 299
Homoródi Lajos 203, 219

Kőháti Attila 307

Martos Ferenc 39, 105

Nekovetics Oszkár 147
Nemecz Ernő 235

Pécsi Márton 193
Pécsiné Donáth Éva 331

Rácz Dániel 206

Stegena Lajos 21
Szádeczky-Kardoss Elemér 1, 29, 63, 69, 83, 101, 181, 217, 231
Székyné Fux Vilma 327

Tóth József 157, 169
Tóth Miklós 200

Zambó János 73

TARTALOM

AZ MTA 1974. ÉVI KÖZGYŰLÉSÉNEK OSZTÁLYÜLÉSI ANYAGA

Szádeczky-Kardoss Elemér: A Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya osztályelnöki beszámolója az MTA 1974. évi közgyűlésén 181
Hozzászólások az osztálybeszámolóhoz:
Béll Béla 189
Pécsi Márton: A környezetpotenciál integrált földtudományi értékelése 193
Földváriné Vogl Mária 199
Tóth Miklós 200
Homoródi Lajos 203
Rácz Dániel 206
Barta György 208
Balogh Kálmán 209
Bendefy László 212
Dobosi Zoltán 213
Borai Ákos: Az ásványvagyon-gazdálkodás értékelésének problémái 215

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓK

Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Homoródi Lajos akad. lev. tag székfoglalójához .. 217
Homoródi Lajos: A földi és a légi háromszögelés 219
Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Nemecz Ernő akad lev. tag székfoglalójához 231
Nemecz Ernő: Természetes szilárd fázisok 235

TUDOMÁNYOS ÉRTEKEZÉSEK

Hazay István: Hossz- és területtartó térképek készítése a Gauss—Krüger-vetületen 255
Ádám Antal: Geoelektromos mélyszerkezet és geotermikus értelmezése a Magyar Medencében 265
Borai Ákos: Az alapenergiahordozók értékesítésének és felhasználásának térszerkezeti problémái Magyarországon 289
Hédervári Péter: A szeizmikus energia eloszlása és a magmaképződés valószínű mélysége az északi sziget (Új-Zéland) aktív tűzhányói alatt 299
Kőháti Attila: A Mars és a Vénusz kutatásának földtani vonatkozásai 307

KÖNYVISMERTETÉS

Székyné Fux Vilma: Szepesházy Kálmán: A Tiszántúl északnyugati részének felsőkréta és paleogén korú képződményei 327
Bendefy László: Gondolatok a flis képződéséről. *Szepesházy Kálmán:* „A Tiszántúl északnyugati részének felsőkréta és paleogén korú képződményei" című könyvének megjelenése alkalmával 323

ÚTMUTATÓ

Pécsiné Donáth Éva: Útmutató az MTA X., Föld- és Bányászati Tudományok Osztálya könyv- és folyóiratkiadása keretében megjelentetendő kéziratok elkészítéséhez ... 33[illegible]

Ára: 35,— Ft

Megjelent 1975. II. 28.

Index: 26.510