

LEMEZ-TEKTONIKA, TETHYS ÉS A MAGYAR MEDENCE<sup>x</sup>

Dr. Stegena Lajos

Összefoglalás: Az Alpok-Kárpátok, az egész Mediterráneum harmadkori tektonizmusát az eurázsiai és afrikai litoszféra-lemezek közeledő mozgása, a Tethys konzumációja szabályozza. A litoszféra egyes szubdukciós zónák mentén a mélybe süllyedt; a Kárpátok vonalában az eurázsiai lemez süllyedt az afrikai lemez alá; a Dinaridák alatt az afrikai lemez az eurázsiai alá. A két, ferdesíki szubdukciós zóna Magyarország felé mélyült.

A szubdukciós zónák mélyebb részei felett, a mai Magyar medence területén, a surlódásos hő és a hőszállítás (vulkanizmus) révén hőtöbblet keletkezett. A vulkanizmus, a hőtöbblet esetleg - a Dinaridáknak az óramutató járásával egyező értelmű elmozdulásával kapcsolatos - ÉK-DNy irányú felszakadás, riftesedés eredménye. A magasabb hőmérséklet kőzetolvadásokat, másodlagos mélyáramokat és fázisátalakulásokat hozott létre. E pontosabban nem definiált folyamatok a kérget alulról erodálták. Az elvékonyodott kérgű terület izosztatikusan lesüllyedt. A süllyedés mérvét a lerakódott üledékek súlya fokozza. Kialakult a Magyar medence.

1. A lemez tektonika vagy új globális tektonika a 60-as évek végén alakult ki (Le Pichon 1968; Isaacs, Oliver, Sykes 1968), és alapja a következő (1. ábra): a Föld felszíne mintegy 6 nagy, kb. 70 km vastag (Kanamori, Press 1970) litoszféra-lemezre oszlik. Ezek a lemezek egymáshoz viszonyítva mozognak. A távolodó lemezszegélyeken az asztenoszférából új és új kőzetanyag képződik, jön fel a felszínre és nő hozzá a lemezszegélyekhez. Ezek az akkréciós szegélyek. Ilyenek a közép-óceáni hátságok, és valószínűleg ilyen, most kialakuló szegélyek a Keletafrikai árokrendszer, a Vörös tenger, a Bajkál tó vidéke. A közeledő lemezszegélyeken az egyik lemez alábukik a másik alá, lehatol több 100 km mélységre, majd feloszlik az asztenoszférában. Ezeken a konzumációs szegélyeken vagy szubdukciós zónákban vannak a mélytengeri árkok, velük

<sup>x)</sup> Az MTA-n 1970 nov. 10-én, és a Földtani Társulatban 1971. nov. 1-én elhangzott előadás alapján.

parallel helyezkednek el a szeizmikus és a vulkáni övek, és itt vannak az orogén övek (3. ábra). Ilyen területek a Cirkumpacifikus öv és az Alpi- melanéziai hegyrendszer területe. A harmadik mozgásforma két lemezszegély között a közlekedés vagy távolodás nélküli horizontális elcsuszás. Ilyen transzform vető a Ny-amerikai S. Andreas vető.

A lemez akkréciós mozgásait (spreading) tengeri mágneses mérések segítségével határozták meg (Vine, Wilson 1965., 2. ábra). A képződő és felszínre jövő kőzetanyag (tholeites bazalt) lehülése után mágneseződik. Mivel a Föld mágneses tere gyakran, átlagban 1-2 millió évenként átváltja irányát, az akkréciós perem két oldalán (szintmetrikusan) anomália-sávok jönnek létre (2. és 4. ábra). A hátságok középvonalában a bazaltok abszolút kora alacsony, pl. a Keletpacifikus hátságon 1-2 millió év (Dymond et al. 1968; Buddinger, Enbysk 1967). A lemeztectonikával összhangban a Föld szeizmicitása a lemezszegélyekre összpontosul: az akkréciós zónák, ahol meleg, képlékeny anyag jön fel, kevéssé, a szubdukciós zónák, ahol hideg, merev anyag hatol lefelé, erősen szeizmikusak (3. ábra). Ez utóbbiaknál a hipocentrumok ferde sík mentén helyezkednek el (Benioff-zóna, 4. ábra). A paleomágneses uton meghatározott mozgásokat alátámasztják azok a tengeri furások, amelyeket az Atlanti óceánban végeztek. A bazaltréteg feletti legidősebb üledék őslénytani kora mindendüzt egyezett a mágneses mérésekből levezetett paleomágneses korrallal (4. ábra).

Két lemez relatív mozgása, amely rotációs-transzlációs lehet - Euler egy tétele értelmében - leírható egy forgó mozgással, melynek tengelye a Föld valamely átmérője. A Föld 27 pontján mértek a paleomágneses térfordulások alapján a hátságokon relatív távolodási sebességeket (Vine 1966; 1. ábra). Ezekből Le Pichon (1968) kiszámította a két-két szomszédos lemez relatív mozgásához tartozó tengely koordinátáit, a forgó mozgás sebességét (1. táblázat), és a konzumációs szegélyek közeledési sebességét (2. ábra).

Az adatokból kiolvashatóan az Atlanti és Indiai óceán növekvő, akkréciós óceánok, a Pacifikum és a Tethys zsugorodó, konzumációnak óceánok (Illies 1969). Ez utóbbiak peremén vannak a jelen hegyképződés területei. Felteszik, hogy a fentiekben (és az 1., 2., 3. ábrán) vázolt mozgási rendszer az utolsó 60 millió évben (terciár/kréta határ) állandó volt,

Lemez-párok	$10^{-7}$ fok/év	$\varphi$	$\lambda$
Antarktika - Pacifikum	+ 10,8	70.0S	118.0E
Amerika-Afrika	+ 3,7	58.0N	37.0W
Amerika-Pacifikum	+ 6,0	53.0N	47.0W
Afrika-India	+ 4,0	26.0N	21.0E
Amerika-Eurázsia	+ 2,8	78.0N	102.0E
Amerika-Antarktika	- 5,4	79.9S	40.4E
Afrika-Antarktika	+ 3,2	42.2S	13.7W
India-Antarktika	+ 6,0	4.5S	18.1E
India-Eurázsia	- 5,5	23.0N	5.2W
India-Pacifikum	- 12,3	52.2S	169.2E
Eurázsia-Pacifikum	- 8,2	67.5S	138.5E
Afrika-Eurázsia	- 2,5	9.3N	46.0W

I. táblázat. A hat nagy litoszférolemez egymáshoz viszonyított mozgási sebessége,  $10^{-7}$  fok/évben (+távolodást, -közeledést jelent), és a mozgási tengely egyik végének koordinátái. Le Pichon (1968) nyomán, az ott Afrika-Euráziára hibásan közölt  $\varphi = 9.3S$  megváltoztatásával.

II. Áttérve a Tethysre, és az Alp-himalájai hegyrendszerre, a lemeztektonika jelenségei (mélytengeri árok, Benioff-övek) nem, vagy nem olyan tisztán jelentkeznek mint a Pacifikumban. Az alábbi megfontolások mégis arra kényszerítenek, hogy megkíséreljük a lemeztektonika alkalmazását a tethysi tektonizmusra:

1. A lemeztektonika megköveteli a 6 nagy lemez konkordáns, összefüggő mozgását. A mozgások algebrai összegének minden földi főkör mentén zérusnak kell lennie, különben a Föld alakja eltorzul (az I. táblázat adatai teljesítik ezt a kritériumot), ezért ha a lemeztektonika érvényes a Pacifikumra, érvényes kell legyen a

Tethys területén is. 2. A hegyképződésnek a geoszinklinális elméletben összefoglalt fő momentumai (eugeoszinklinális, a szárnyakon miogeoszinklinális, szinorogén flis, gyűrődés, kiemelkedés, végül erózió) több-kevesebb módosulással minden hegységben azonosan jelentkeznek, ezért a hegyképződés mechanizmusa, legalábbis alapvonásaiban, azonos kell legyen. - Vannak konkrétebb érvek is :

3. A - most már nem teljesen a suessi értelemben vett - Tethys világoceán volt, amely Amerikától az Indiai óceánig, a paleozoikumtól a jelenkorig terjedt, elváltva Lauráziától Gondwanától (Sylvester-Bradley 1968; 5. ábra.). A Tethys óceáni méreteit a paleomágneses mérések is kimutatják (Irving 1967). Legalábbis az Atlanti óceán kinyílása óta (kréta, apt-albi), és a mozgás folyamánként a Tethys zsugorodik. 4. Csak a lemez tektonika képes azonos folyamatra : az afrikai és eurázsiai lemez közlekedésére visszavezetni a Tethys kisebbedését és az alpi orogén néhány száz (talán 600, a Kárpátokban 100) km-es térrövidülését. A 0,0009 ivmperc/év forgás az Alpok távolságánál 1440 km/60 millió év térrövidülést okoz. 5. A forgó mozgásból következik, hogy az orogénizmus fő csapása rá kell mutasson a forgástengely felszíni dőléspontjára, és hogy az orogénizmus mértékének a forgóponttól a peremszegélyen távolodva növekednie kell. Ez tükröződik is az orogén zóna elhelyezkedésében és szélességében (6. ábra). 6. Ujabb és legújabb több, a Mediterráneumra vonatkozó szeizmológiai, tengeri szeizmikus, tengeri furási és más vizsgálatot végeztek. Jelentősek az amerikai Glomar Challenger kutatóhajó furásai, és a Keletmediterráneumban végzett nyugatnémet-olasz szeizmikus mérések. Ezek a vizsgálatok lényegében alátámasztják a konzumálódó Földközi tenger hipotézisét (7. ábra), amennyiben térrövidüléseket, gyürt és áttolt rétegeket mutattak ki, és Kréta-Ciprus vonalában, K-Ny-i csapással újabb "Alpok" kezdődő kialakulását valószínűsítették. Ugyanakkor rámutatnak a Földközi tengernek az előbbi egyszerűsített modellnél bonyolultabb földtani előéletére. Egyes helyeken sőrtegeket furtak át, és az említett szeizmikus mérések is nagysebességű padok jelenlétét jelezték. Ez arra utal, hogy az eurázsiai és afrikai lemezek tengerirányú mozgása révén a térrövidülés a gyűrődések mellett helyenként és időnként kiemelkedéseket eredményezett, a mai Földközi tenger egyes területein.

A lemeztektonika mediterráni alkalmazásának legfőbb nehézsége, hogy az orogenezis hegyláncainak elhelyezkedése többhelyt nem egyezik a fentiekben vázolt képpel. A hegyláncoknak a peremszegélyen, a forgáspontra vonatkozó segédmeridiánok mentén (6. ábra), azaz nagyjából ÉK-DNy-i csapással kellene elhelyezkedni. Az Appeninek és a Dinaridák viszont majdnem merőlegesek erre. Ezt a nehézséget azzal oldják fel, hogy a kontinens-óceán eloszlás a Tethysben sosem volt olyan egyszerű, mint pl. D-Amerika Ny-i partján. A kontinensek könnyebb anyaga nem vesz részt a szubdukciókban. Így a közeledő szabálytalan alakú kontinensek a peremen fennmaradva széttöredeznek, feldarabolódnak; a kisebb egységek, mikrokontinensek önálló mozgásba kezdenek. A Tethysben több mikrokontinens (pl. Karni-Apuliai masszívum, Rhodope, Anatoliai masszívum és talán a Pannon masszívum; 9 és 10 ábra) időnként különálló mozgása komplikálta a viszonyokat. A térrövidülés térben és időben változó szubdukciós zónákban következett be. Pl. Magyarország földrajzi hosszúságán a Kárpátok, a Dinaridák (esetleg kisebb ideig és mértékben Magyarország területe), és jelenleg a Krétaiv (Plinius és Strabo árkok, esetleg az Ioniai árok) ilyen szubdukciós zónák (7. ábra)

A szubdukciós zónák esetenként nem voltak a lemeztektonikának megfelelő (ÉK-DNy) csapásirányúak, csupán átlagos trendjük egyezett ezzel az iránynyal. Más nézet (pl. Carey 1958, Zijdeveld et al. 1970) szerint a szubdukciós zónák csapásiránya mindig tethys-parti (ÉK-DNy) volt, és a már többé-kevésbé létrejött hegységek (Appeninek, Dinaridák) csavarodtak el a mai irányukba utólagos, megatektonikus transzláció (Irving 1967) vagy mikrokontinens-mozgás révén.

A lemeztektonika a jelenkori tektonikát a földrengésekkel azonosítja: ott van élő tektonika, ahol földrengések vannak. A földrengések fészekmechanizmusának tanulmányozása a mozgások irányát, jellegét is megadja. A Mediterráneum - szubdukciós jellegének megfelelően - szeizmikus terület (8. ábra), de nincsenek olyan mélyfészkes földrengések, mint a cirkumpacifikus övben. Ennek talán az az oka, hogy a szubdukció sebessége itt csak 1,9 - 2,6 cm/év, lényegesen kisebb mint a Pacifikumban. Nézetek szerint a lenyomuló litoszféra feloldódása az asztenoszférában bizonyos időt kivánó folyamat. Ezért a lassabb

szubdukciós zónák kisebb, gyors szubdukciók nagyobb mélységű földrengésekkel jellemeztek.

A földrengések eloszlása (3. és 8. ábra) alapján az alábbiak mondhatók : a.) az azori-gibraltári vonal - két lemez feltételezett találkozási vonala - szeizmikusan él, b.) a Dinaridák szeizmicitása nagy, mintha a Dinaridák képződése jelenleg is folyamatban lenne, c.) a Krétai-iv a legerősebben szeizmikus terület ; ez a Mediterráneum legjellegzetesebb jelenkori szubdukciós zónája, tengeri árokkal és erős szeizmicitással.

A földrengések fészekmechanizmusának tanulmányozása alapján

Mc Kenzie (197 ) az alábbi megállapításokat teszi (9. ábra) : Az azori-gibraltári szakaszon normál vetőnek, a gibraltári-szicíliai és a törökországi-iráni szakaszon rátoldásos vetőnek megfelelő mozgásokat lehetett meghatározni, nagyjából a lemeztektonikából levezethető, várható módon. Külön mozgó mikrokontinensek : az Anatoliai tábla Ny felé, az Égei tábla DNy felé mozog.

A régi szubdukciós zónák jelzői az orogenizmusok helye, ideje és a vergenciák (felpikkelyeződési irányok) (Auboin, 1961. 9. ábra) továbbá a mélange és az ofiolitok. Az orogének kora valószínűleg diffuzabb, nem oly éles paroxizmusokkal jellemezett mint azt korábban gondolták. A hegységeket három fő folyamat (az orogén gyűrődés, a kiemelkedés és a gravitációs csuszás) hozza létre, amelyek a földtani időben elnyújtva, esetleg átfedve és nem mindig elkülöníthetően jelentkeznek. Emiatt Rutten (1969) könyvében tudatosan nem használja az orogén kor kifejezést, és csupán a legfőbb elkülönítéseket tartja biztosnak. Ilyenek : a legfiatalabb (postmiocén) mozgások az Alpok külső peremén koncentráálódtak, az Ausztridákban két fő fázis különül el (a felsőkréta előtti pre-gosau és az oligocén alpi), a Pireneusok fő mozgása alpi előtti (eocén, pireneusi fázis).

A vergenciákból kiindulva, felhasználva a felszíni tektonika, morfológia és szeizmológia eredményeit Dewey és Bird (1970) szintetizálta a mediterrán orogenizmus fő vonalait és szerkezetét lemez-tektonikai alapon (10. ábra). Ny-ról K felé haladva, a Pireneusok szimmetrikus felgyűrődésű és azt a Biscayai öböl kinyílásával (Matthews, Williams 1968) vagy inkább egy nagy K-Ny-i irányú peremi transzform vetővel hozzák kapcsolatba (Irving 1967, Mattauer 1966, Muraour 1970.) Az Atlasz, az Alpok és a Kárpátok É-i irányú vergenciákkal

jellemzett, ez az eurázsiai lemeznek az afrikai lemez alá tolódását jelenti. Ibéria jelenkori szubdukcióját Afrika alá legujabban szeizmológiai uton is kimutatták. Az Appeninek, a Cordillerák és az Atlasz vergenciái szintén az eurázsia lemez szubdukcióját mutatják. (Ezzel némileg ellentétesen, Holmes a déli Atlaszban déli vergenciákat tételez fel, ami az afrikai tábla - régebbi - szubdukcióját jelezné.) A K-i Mediterráneumban fordított a helyzet : az afrikai lemez nyomul az eurázsiai lemez alá a Dinaridák, az Égei iv és az Ion árok mentén. Az anatóliai és a Holt-tengeri vető transzform (nyirásos) jellegű mozgásokat mutat.

III. A Magyar medence kialakulását a lemez-tektonika jelenlegi fejlettségében még nem képes lényegében és biztonsággal megragadni. A kialakulásra vonatkozó spekulációknak az alábbi jelenségekkel kell összhangban lenniök:

- a.) Magas geotermikus hőmérsékletek.
- b.) A jól vezető réteg (high conductivity layer) emelet helyzete (40-80 km).
- c.) Magnetotellurikus anizotrópia.
- d.) Erős harmad-negyedkori vulkanizmus.
- e.) Az átlagosnál kisebb sűrűségű felsőköpeny.
- f.) Vékony kéreg.
- g.) Áttolódások a medencealjzatban.
- h.) A magyarországi ÉK-DNy-i fő szerkezeti irány, amely sok geográfiai, geológiai és geofizikai paraméterben (pl. a Középhegység csapása, a földmágneses anomáliák csapása, a paleozoos-mezozoos pászták iránya, ezek áttolódási vonalai a magnetotellurikus anizotrópia iránya, 11-13. ábrák) jelentkezik.
- i.) A Magyar medence nagy süllyedése főleg a pannon időkben, nem gyürt üledékekkel,
- j.) A Magyar medence földtani - földrajzi környezete, az a tény, hogy az alpi tektonizmus részeként a Kárpátok és a Dinaridák határolják ("intermountain through").

E jelenségekhez az alábbi lemeztektonikai megfontolások tehetőek :

- 1.) A regionális geotermikus anomáliák a Földön a lemez-tektonika lemezszegélyein vannak. Az akkréciós szegélyeken a hőáram nagy. Maguk a

szubdukciós zónák hidegek, a felülmaradó táblán a zóna mögött lévő vulkános öv meleg. E meleg okát a szubdukciós területen (Benioff-öv) fellépő surlódásban, és főleg a felfelé szállított (nem vezetett) hőben kell keresnünk. A hőszállítást feltehetőleg a szubdukció által generált riftesedés vagy mélyáram (8. pont) végzi, vagy csak a vulkanizmus. A hazai geotermikus anomália része a K Európa D-i részén végighúzódó (Csehszlovákia-Magyarország-Románia-É Bulgária-Krim-Kaukázus-Aral) geotermikus meleg zónának (Stegena, 1971), annak legmelegebb része. Ez a terület az alpi szubdukció területe, illetve azzal É-on határos. A terület regionálisan emelkedő kéregmozgással is jellemzett (Mescherikov, 1971), ami bizonyral a hő hatására fellépő eklogit-bazalt fázisát-menetét jelzi. Bár a szubdukció és a termikus anomália összefüggése nem minden részletében világos, a kiemelkedően nagy hazai anomális (13. ábra) bizonyral a két (kárpáti és dinári) szubdukció együttes eredménye.

2.) A magasabb hőmérséklet jól magyarázza a jól vezető réteg viszonylag magas helyzetét (b. pont). A felsőköpeny kéreg kőzeteinek elektromos vezetőképességét elsődlegesen a hőmérséklet szabályozza, az növekvő hőmérséklettel nő (pl. Rokitjansky, 1970).

3.) A Magyar medence nagy magnetotellurikus anizotrópiája (Ádám, Verő, 1967) érdekes kapcsolatban van a lemez-tektonikával. Kutatások (Stegena, Ádám, Horváth 1971) kimutatták, hogy a magnetotellurikus mérések ott mutatják a mélységi (0-300 km) kőzetek elektromos vezetőképességének irányfüggését, ahol mély lineáris szerkezetek vannak vagy a kőzeteket egyirányu mechanikus igénybevétel érte. Ilyen területek éppen az akkréciós és szubdukciós lemez-szegélyek, nagyobb mérvű regionális anizotrópia e helyeken (Magyar medence, Kopet Dag, Bajkál, Kamcsatka, Izland) van. A hazai magnetotellurikus anizotrópia, irány és jelleg szerint megfelel a lemez-tektonikából várhatónak.

4.) A földi vulkanizmus fő területe a Cirkumpacifikus öv (3. ábra). A vulkánok általában a szubdukciós zónák felett, a fennmaradó (kontinentális) lemezek szegélyén a szubdukciótól 50-500 km-re vannak. A hazai vulkanizmus így a kárpáti és dinári szubdukciók eredményének tekinthető, bár nem teljesen világos, hogy miért a térrövidülés torlódásos övében vannak a véltén hőmérséklet-



emelkedéshez és huzásos zónához kötött vulkánok. Mindenesetre Magyarország területe - legalábbis a felsőkréta óta - huzásos és nem nyomásos jellegű (11. ábra). A vulkáni hatók rendeződése az ÉK-DNy-i tektonikus főirányba, valamint a vulkáni aktivitást időbeli eltolódása hazánk területén jól követhető. E jelenség, valamint a hazai ofiolitos vulkanizmus (Szádeczky et al. 1967), amit a tengeri felsőköpeny és kéreg nyomjelzőjének tartanak (Dewey-Bird 1971), további megfontolásokat igényel.

5.) A szeizmikus földkéreg vastagságából és gravitációs mérésekből levezetett hazai felsőköpeny higulás (Stegena 1964) az alsókéreg eróziójával (Ritsema kifejezése) vagy a szubdukcióval kapcsolatos, ezek eredménye. Az alsóréteg eróziója pontosabban nem definiálható mélyáramlások (szelektív migráció, Szádeczky-Kardoss 1967) esetleg fázisátalakulások révén történhet; e folyamatokat ismét a hőöbbllet vezérli, amelyet viszont a szubdukció válthat ki. A fázisátalakulás feltevésénél nehézséget okoz, hogy az elsősorban számottevő bazalt-eklogit átmenet a hőmérséklet emelkedésekor a bazalt-fázis felé tolódik, ami nem süllyedést, hanem kéregvastagodást és kiemelkedést involvál (a bazalt a kisebb sűrűségű). A szubdukció folytán a felsőköpenybe lekerülő kisebb sűrűségű anyag feltételezése is ellentmondásos. Egyes feltevések szerint u. is a szubdukciót éppen az kontrollálja, hogy a lesüllyedő litoszféra sűrűbb mint a környezete.

6.) A marmadkori medencealjzatban kimutatott térrövidülések (Dank-Bodzay, Horusitzky 1970) arra utalnak, hogy Magyarország területén is volt litoszféra-szubdukció, valószínűleg rövidebb ideig tartó, kisebb hatást keltő, mint az Alpok vagy Kárpátok szubdukciója. A rátolódási vonalak csapásiránya egyezik a lemez-tektonika által kijelölttel (12. ábra). Ha a még ismeretlen mérvű rátolódások csak alárendeltek, úgy lehetséges, hogy csak az általános térrövidüléssel (a kárpáti vagy dinári szubdukcióval) kapcsolatos, a kéreg - felsőköpeny határán, vagy a felsőköpenyben fekvő valamely vízszintes sík mentén lejátszódó elmozdulást jelzik, lévén hogy a kisebb sűrűségű kéreg nem vesz részt a szubdukcióban és torlódik.

7.) A 11-13. ábrák mutatják az eurázsiai-afrikai lemezpár forgáspontjához tartozó segédmeridiánok és a szerkezeti irányok (h. pont) lefutását Magyarország területén. Az irányok egyezése jónak mondható, különösen ha megfontoljuk a forgáspont-meghatározás bizonytalanságát, és a bizonyosan létezett egyéb "szekunder" mozgásokat.

8.) A Tethys a konzumáció területe, ahol térrövidülések kell lejátszódnak. Kevésbé tisztázott, hogy miért jönnek létre olyan kompressziómentes süllyedékek, mint a Magyar medence, a Pó síkság ("intermountain thoughts") vagy az Égei-medence. A Cirkumpacifikus öv Ny-i részén, a szubdukciós zónák és a kontinens között is vannak ilyen - valószínűleg szintén feszültségmentes süllyedékek amelyek a fennmaradó lemez szegélyén fejlődtek ki (pl. a Japán tenger, vagy a Kohohamai öböl  $10^4 \text{ km}^2$ -es területe, amely - Yoshikawa (1970) szerint - a negyedkorban 1000 m-t süllyedt. Ilyen az Égei-tenger ujharmadkori-negyedkori süllyedéke is, az afrikai lemez Kréta-ivi szubdukciójának eredményeként).

Bullardt (1968) úgy véli, hogy a süllyedékek a letűnő hideg litoszféra tömegek hűtő hatásának az eredményei, azonban a hazai üledékek magas hőmérséklete és a jólvezető réteg magas helyzete kizárják annak lehetőségét, hogy a Magyar medence alatt az átlagosnál alacsonyabb hőmérséklet lenne. A keletázsiai beltengerek szintén meleg területek. - Valószínűbb Packham és Faley (1971) nézete, amelyet a keletázsiai parti beltengerek vizsgálata során alakítottak ki : ezek a beltengerek (Japán tenger, Sárga tenger) úgy keletkeztek, hogy a vulkáni sziget-ívek (Japán) a kontinens partjainál jöttek létre, majd mintegy 10-15 millió év alatt eltávolodtak a parttól. A közbenső terület riftesedett felhavadt, és a kontinens alól, asztenoszféra-anyag áramlott oda ; óceáni kéreg és magas hőáram alakult ki. Ez a modell nem épít a beltengerek hegyközi jellegére, és ilyen formában nem alkalmazható a Magyar medencére, mert itt paleozoos üledékek is vannak, ha nem is ismert kiterjedésben. Viszont lényeges eleme a szubdukciós zóna retrográd mozgása, vándorlása, amely több szerzőnél felmerült, és amelynek következtében a szubdukciós zóna a leszálló lemez felé tolódik el. Ez az eltolódás esetünkben a Dinaridák DNy-ra tolódása, csavarodása ; az Adria mindkét partja felé fogyó, konzumálódó tenger (10. ábra). Ez a mozgás nem lehetett túl nagy, de elegendő arra, hogy mögöttes a Magyar medence területe az - ÉK-DNy-i fő tektonikus irányokban, felhasadjon, feszültségmentesidőtjön, létrejöjjön a vulkanizmus, a nagy hőtöbblet, a kéreg alulról történő eróziója, elvékonyodása és lesüllyedése.

E nézetekben még több spekulatív elem van. Az valószínű, hogy a két - kárpáti és dinari - szubdukció közti terület a felsőkréta körül feszültség-

mentesítődött, alatta riftesedés és/vagy másodlagos mélyáramlás alakult ki, amely hőtöbbletet és vulkanizmust okozott, a kérget alulról erodálta, és a terület lesüllyedt. - További kérdés, hogy az iráni köztes tömeg miért nem süllyedt le. Itt hiányzott a feszültségmentesítő ok (amely talán a konzumáció regressziója).

A fentiek szemelőtt tartásával az alábbi, egyenlőre még spekulatív képben foglalhatjuk össze a Magyar medence kialakulását :

Az alapjelenség, ami az alpi tektonikát meghatározza, a Tethys konzumációja, az eurázsiai és afrikai lemezek közeledése. Még 1-2 éve vitatott volt, hogy a Tethys tényleg szűkülő óceán-e, egyesek (Gass 1968) a Ciprus-krétai vulkanitokban a volt tethys középóceáni hátság maradványát vélték felismerni, amiből az következik, hogy az alpi (és afrikai) orogenizmust a tethysi óceánfenék - esetleg egyirányu, főleg É-i - kiterjeszkedéséből (Spreadingjéből) kellene levezetni. Ugy tűnik, hogy az említett tengeri furások és a szeizmikus mérések eldöntötték ezt a kérdést.

A térrövidülés térben és időben változó szubdukciós zónákban történik és történik. A keleti Mediterráneumban a Kárpátok, Dinaridák és jelenleg a Kréta-iv a fő szubdukciós zónák. A Belsőkárpátok fő mozgásait ausztriai (pre-gosau), a külsőkárpátokat miocén, a Dinaridákét szintén ausztriai koruk tartják. Mégis az orogének korának diffúz jellegére elmondottak miatt lehetséges, hogy a jelenleg is szeizmikus dinári szubdukció fiatalabb, vagy legalábbis hosszabban tartó.

A Magyar medence süllyedésének okát a hegyközi süllyedék (intermountain through) jellegben kell keressük. A második szubdukció (Kárpátok vagy Dinaridák) fellépte nyomófeszültség-mentesíti a két zóna közötti területet, amely így kompressziómentessé, süllyedésre és vulkanizmusra képessé, hajlamossá válik.

Az egymás felé mélyülő kárpáti és dinári mélyáram a köztes területen másodlagos áramlatokat (riftesedést) hoz létre. Ezek a másodlagos áramok okozzák a hazai hőtöbbletet, a vulkanizmust, a földkéreg alulról történő erózióját, s így a süllyedést.

Irodalom

- 1.) Auboin, J. 1961: Propos sur l'orogenese I-II. Bull. Serv. Inform. Géol. Bur. Rech. Géol. Minière 52:1-21, 53:1-24.
- 2.) Ádám A., Verő J. 1967: Latest results of electromagnetic measurements in Hungary. Geofiz. Közl. XVI. 1-2.
- 3.) Ádám A., Stegena L., Horváth F. 1971: Investigation of plate tectonics by magnetotelluric anisotropy. Ann. Univ. Sci. Budapest. Sec. Geol. XIV. 209-218.
- 4.) Barazangi, M., Dorman, J. 1968: World seismicity map. Bull. Seismol. Soc. Am. 58.
- 5.) Belousov, V. V., Sorsky A. A., Bune V. I. 1966: The seismotectonic map of Europe. Moscow.
- 6.) Buddinger, T. F., Enbysk, B. J. 1967: Later Tertiary date from the East Pacific rise. Journ. Geophys. Res. 72. 2271.
- 7.) Bullard, E. C., Everett, J., Gilbert Smith A. 1965: A symposium on continental drift. Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. A. 258. 41-51.
- 8.) Carey, S. 1958: The tectonic approach to continental drift in: Continental Drift - A Symposium. Hobart, Tasmania, 177.
- 9.) Dank V., Bodzay J., 1970: A magyarországi potenciális szénhidrogénkészletek földfejlődéstörténeti háttere. OKGT kiadvány.
- 10.) Dewey, J. F., Bird, J. M. 1970: Mountain belts and the new global tectonics. Journ. Geophys. Res. 75. 14. 2625-2647.
- 11.) Dewey, J. F., Bird, J. M. 1971: Origin and Emplacement of the ophiolite Suite. Journ. Geophys. Res. 76. 14. 3179-3206.
- 12.) Dietz, R. S., Holden, J. C. 1970: Reconstruction of Pangea. Journ. Geophys. Res. 75. 4939.

- 13.) Dymond, J. R., Watkins, N. D., Nayudu, Y. R. 1968 : Age of the Cobb Saamount. Journ. Geophys. Res. 73. 12. 3977-3979.
- 14.) Gass, I. G. 1968: Is the Troodos Massif of Cyprus a fragment of Mesozoic ocean floor ? Nature 220:39-42.
- 15.) Haáz I., 1966 : Magyarország földmágneses térképe. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest kiadv.
- 16.) Hatherton T., Dickinson, W. R. 1969 : The relationship between Lesser Antilles and other island arcs. I. G. R. 74. 22. p. 5301-5310.
- 17.) Heirtzler, J. R., Dickson G. O., Pitman, W. C., Herron, E., Le Pichon, X. 1968: Marine magnetic anomalies and the geomagnetic time scale. Journ. Geophys. Res. 73. 2119.
- 18.) Heirtzler, J. R. 1968 : Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals and motion of the ocean floor and continents, Journ. Geophys. Res. 73. 6. 2119.
- 19.) Holmes, A. H. 1965 : Principles of Physical Geology. New York. Ronald Press Co.
- 20.) Horusitzky F. 1969 : A magyar föld mélye. In Bischoff : A Föld mélye. Gondolat Budapest.
- 21.) Illies J. H. 1969 : An International Belt of the World Rift System. Tectonophysics, 8. 1. 5-29.
- 22.) Irving, E. 1967 : 'Paleomagnetic evidence for shear along the Tethys, in : Adams-Ager, Aspects of Tethyan Biogeography. -Systematics Association Publ., 7. 59-76.
- 23.) Isacks, B. Oliver, J., Sykes, L. R. 1968 : Scismology and the new global tectonics. Journ. Geophys. Res. 73. 5855-5900.
- 24.) Kanamori H., Press F. 1970 : How Thick is the Lithosphere ? Nature, 226 : 330-331.

- 25.) Le Pichon, X. 1968 : Sea-Floor Spreading and Continental Drift. Journ. Geophys. Res. 73. 12. 2661-3697.
- 26.) Mattauer, M. 1966 : Les traits structuraux essentiels de la chaîne pyrénéenne. Geotectonics, 5. 22-37.
- 27.) Matthews, D. M., Williams, C. A. 1968 : Linear magnetic anomalies in the bay of Biscay. Earth and Planetary Science Letters, 4. 4. p. 315-320.
- 28.) Maxwell, A. E. et al. 1970 : Deep Sea Drilling in the South Atlantic. Science, 168. 3935. 1047-1059.
- 29.) Mc. Kenzie, D. P. 1970 : Plate Tectonics of the Mediterranean Region. Nature, 226. 5242. 239-243.
- 30.) Mescherikov, J. A. et al. 1971 : Map of recent vertical crustal movements of Eastern Europe. IUGG, IAG, Sub-Commission on Map of Eastern Europe. - Moscow.
- 31.) Mituch E. 1970 : A Moho- szint mélysége Magyarországon. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest kiadv.
- 32.) Muraour, P. 1970 : Considerations sur la genése de la Méditerranée Occidentale et du Golfe des Gascogne (Atlantique). Tectonophysics, 10 5/6. 663-677.
- 33.) Packham, G. H., Falvey, D. A. 1971 : Marginal seas in the Western Pacific. Tectonophysics, 11. 2. 79-109.
- 34.) Posgay K., 1966 : A magyarországi földmágneses hatók áttekintő térképe. Geofiz. Közl. XVI. 4.
- 35.) Renner J., Stegena L., 1966 : Magyarország mélyszerkezetének gravitációs vizsgálata. Geofiz. Közl. XIV. 1-4.
- 36.) Rokitjansky, I. I. 1970 : Leitfähigkeit und Temperatur des oberen Erdmantels. Izv. AN SSSR. B. 193, No. 6.
- 37.) Rutten. M. G. 1969 : The Geology of Western Europe. Elsevier.

- 38.) Stegena, L. 1967 : A Magyar Medence kialakulása. Földt. Közl. 97. 3. 278-285.
- 39.) Stegena, L. 1964 : The structure of the Earth's crust in Hungary. Acta Geol. T. VIII. (1-4), pp. 413-431.
- 40.) Stegena L. 1971 : Geothermal map of Eastern Europe. UGGI Assembly Moscow, Materials of Heat Flow Committee.
- 41.) Stegena, L. Horváth F., Ádám A. 1971 : Spreading Tectonics investigated by Magnetotelluric Anisotropy. Nature, 231, June 18.
- 42.) Sylvester-Bradley, P.C. 1968 : Tethys : the lost ocean. Sci. Journ, 4. 9. p. 47-53.
- 43.) Szádeczky-Kardoss Elemér, 1967.: Elgondolások a kárpáti medence-rendszer mélyszerkezeti és magmatektonikai vizsgálatához. MTA X. Oszt. Közl. 1. p. 41-65.
- 44.) Szádeczky - Kardoss E. et. al. 1967 : Der sog ophiolitische Magmatismus in Ungarn. Acta. Geol. Sci Hung. I. II/1-3/ pp. 71-76.
- 45.) Tazieff, H. 1959 : Les rendez-vous du diable. Librairie Hachette.
- 46.) Vine, F.J., Wilson, J.T. 1965 : Comparison of observed and calculated magnetic anomalies over a young oceanic ridge southwest of Vancouver Island. Science. 150, 485.
- 47.) Vogt, P.R., Higgs, R.H., Johnson, G.L. 1971 : Hypotheses on the Origin of the Mediterranean Basin. Journ. Geophys. Res. 76. 14. 3207-3228.
- 48.) Watson, J.A., Johnson, G.L. 1969 : The marine geophysical survey in the Mediterranean. Int. Hydrographic Review. 46. 81.
- 49.) Zijdeveld, J. D.A., Hazen, G.J.A., Nardin, M., Van der Voo. R. 1970 : Shear in the Tethys and the Permian paleomagnetism in the Southern Alps, including new results. Tectonophysics, 10. 5/6. 639-661.

## Ábraalírások

1. ábra. A hat globális litoszféra-lemez (Eurázsia, Afrika, Antarktika, India, Pacifikum, Amerika), és a kisebb másodlagos lemezek (Dewey és Bird 1970 nyomán). Jelmagyarázat: 1. akkréciós, 2. transzform, 3. konzumációs lemez-szegélyek. 4. Inaktív transzform vetők. 5. A terciér/kréta üledékhatár az oceán fenekén. 6. Terciér kollíziós hegységövek. 7. Terciér gyűrődés és metamorfizmus. 8. Mezozoos hegységövek. 9. Kontinentális kéreg. 10. Kontinentális perem. 11. Kis tengeri medencék. 12. Paleomágneses uton mért akkréciós sebességek, cm/év-ben (Le Pichon 1968).

2. ábra. Tengeri mágneses anomáliák, akkréciós peremek és transzform vetők. Bullard (1968) nyomán. Jelmagyarázat: 1. Tengeri hátságok, akkréciós lemezszegélyek. 2. Transzform vetők. 3. A távolodás kora, millió években. 4. A számított konzumációs sebességek, cm/év-ben (Le Pichon 1968).

3. ábra. Az 1961-67 között kipattant földrengések epicentrumai (Barazangi és Dorman 1968). A körülhatárolt területek a vulkános zónák (Tazieff 1959). Az epicentrumok jórészt egybeesnek a lemezszegélyekkel: az akkréciós szegélyek gyengén, a konzumációs szegélyek erősen aktívak. Egyes kontinentális zónák diffúz, mérsékelt aktivitásúak.

4. ábra. A lemeztektonika néhány jelensége. a.) A földmágneses tér irányváltásai az utolsó 70 millió évre, a tengeri mágneses mérések alapján (Bullard 1968). Tengeri üledékek furómagjain végzett vizsgálatok megerősítették a gyakori térváltás koncepcióját. b.) Kétoldalt szimmetrikusan rendezett mágneses anomáliák és É Atlanti óceánban. c.) A bazalton fekvő, legidősebb üledékek kora a tengeri hátság tengelyétől mért távolság függvényében (Maxwell et al. 1970.) d.) A hipocentrumok - a hibahatáron belül - egy sík mentén helyezkednek el. Tonga árok (Isacks, Oliver, Sykes 1968). e.) A vulkanitok  $K_2O$  tartalma attól függ, hogy milyen mélyen van a vulkán alatt a Benioff-zóna (Hatherton-Dickinson 1969). A vulkanizmust a szubdukció generálja.

5. ábra. Pangea- rekonstrukciók, Dietz és Holden (1970) nyomán. A Tethys bezárulása nyomon követhető. Afrika, Eurázsia és Amerika gibraltári - - floridai érintkezése hipotétikus.



6. ábra. Az Eurázsia- Afrika lemezpár közeledő mozgásának forgáspontja ( $\varphi = 9^{\circ}\text{É}$ ,  $\lambda = 46^{\circ}\text{Ny}$ ), és néhány e forgásponthoz tartozó segédmeridián. Az Alpi orogén vonulata a lemeztektonikából várható módon, egy szűk meridián-sávba esik.

7. ábra A Mediterráneum fiziográfiája (Watson és Johnson 1969) nyomán, egyszerűsítve). S : self és kontinentális perem. L : kontinentális lejtő. P: kontinentális szegélyterület. B : tengeri medence és árok. A Plinius és Strabo árkok élő szubdukciós zónák, ahol az Afrikai lemez tolódik alá. A Mediterrán Hátság, feltevések szerint, jelenleg képződő alpi rendszer.

8. ábra. Alpi vergenciák (Holmes 1965) és jelenkori lemez- és mikrokontinens-mozgások (Mc Kenzie 1970). Jelmagyarázat: 1.) A jelenkori szubdukciós lemez-szegély feltételezett futása. 2.) Élő transzform szegély. 3.) Szeizmikusan észlelt rátolódások. 4.) Az alpi vergenciák. 5.) Alpi hegláncok. 6. Áttolódások a magyar medence aljzatában (Denk-Bodzay 1970). 7.) A herinikum és 8. az alpi orogén területe.

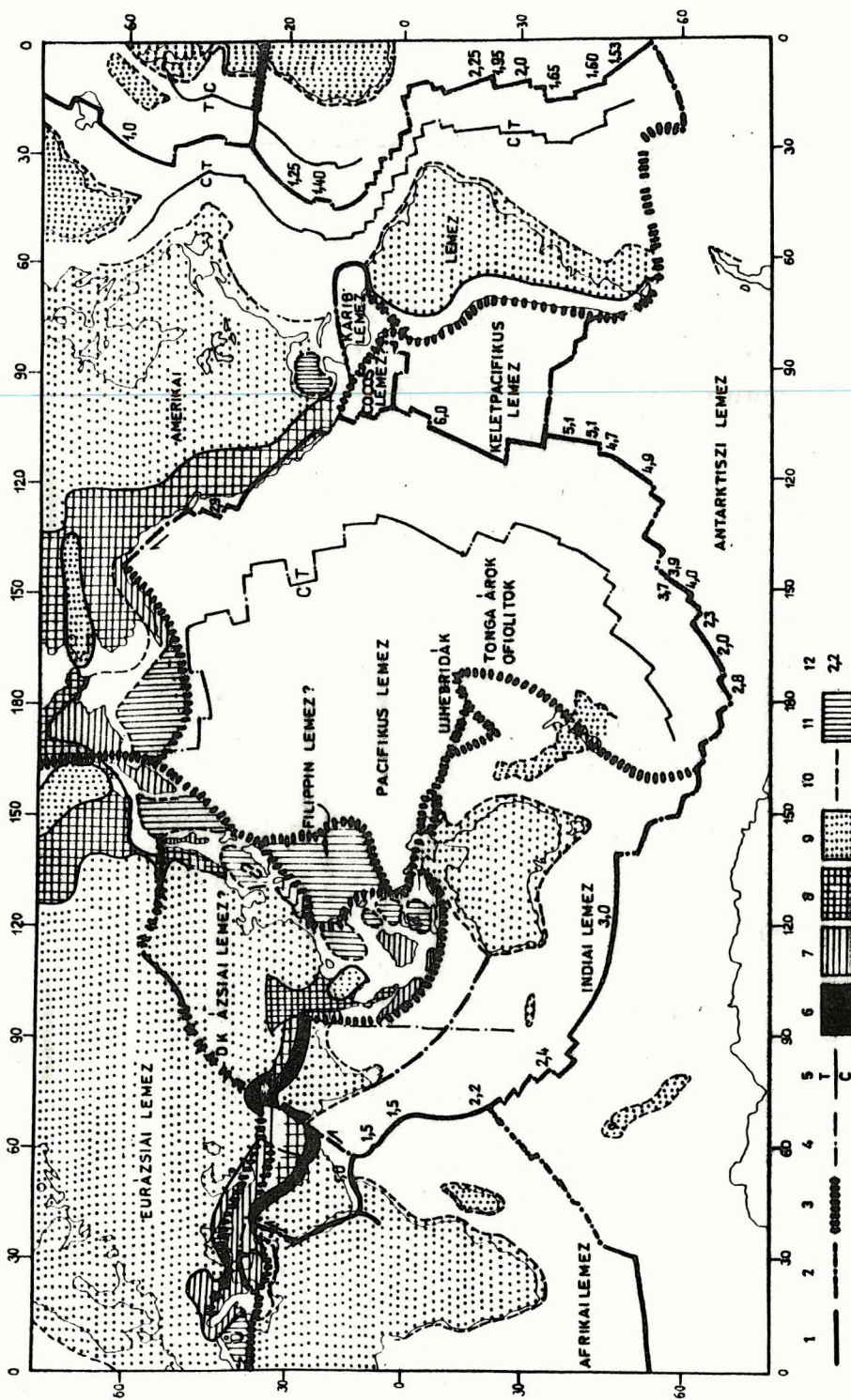
9. ábra. A Mediterráneum szeizmicitása. Jelmagyarázat : 1. Az elmúlt 50 év során  $1000 \text{ km}^2$ -ként 1 "hetes" erősségű rengésnél ( $= 0,3 N_6 + N_7 + 3N_8$ ) nagyobb szeizmicitást mutató területek (Belousov et al. 1966) 2. Az 1961-67 között 70 km felett kipattant, 3. 70 km alatt kipattant rengések epicentrumai (Barazangi-Dorman 1968).

10. ábra. A mediterrán tektonika fő vonásai, Dewey és Bird (1970) nyomán. 1. Jelenkori. 2. mezozoos-harmadkori konszumációs lemez-szegélyek, a nyíl az alátóduló lemezen. 3. Transzform lemez-szegély. 4. Strukturális polaritás (vergenciák). 5. Neogén vulkanizmus. 6. Intenzív deformációk. 7. Tethysi mikrokontinensek. 8. Oligocén-miocén és pre-mezozoos kis oceáni medencék.

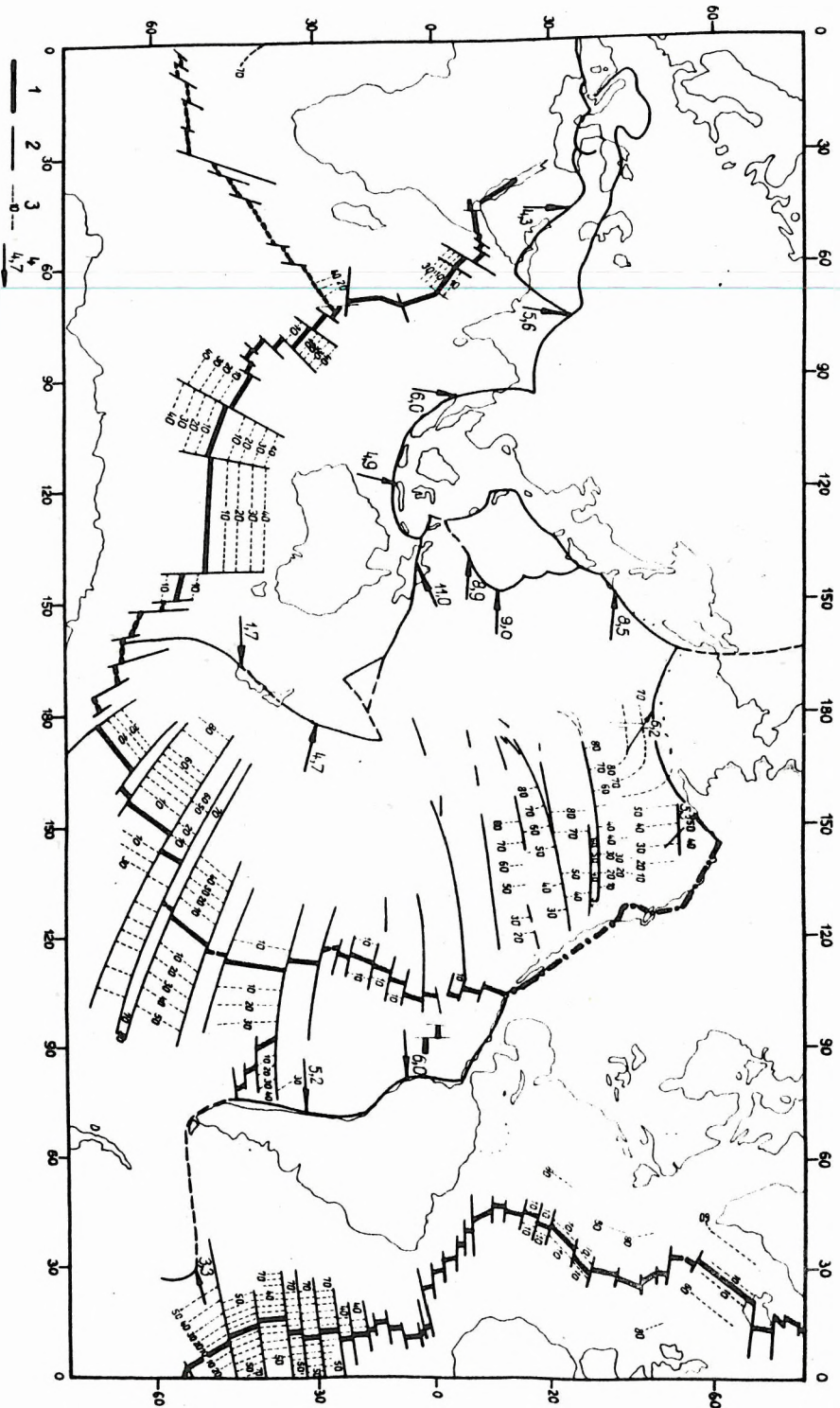
11. ábra. A mágneses anomáliák (felül) és a mágneses hatók kora (alul) Magyarországon. Haáz (1966) illetve Posgay (1966) nyomán. Az anomáliák és hatók vonulása és a lemeztektonikai főirány elég jól egyezik.

12. ábra. A medencealjzat diszlokációs vonalai (felül Dank és Bodzay 1970 nyomán), és a Földkéreg vastagsága (alul, Mituch 1970 nyomán), valamint a lemeztektonikai főirány (a felső térképen).

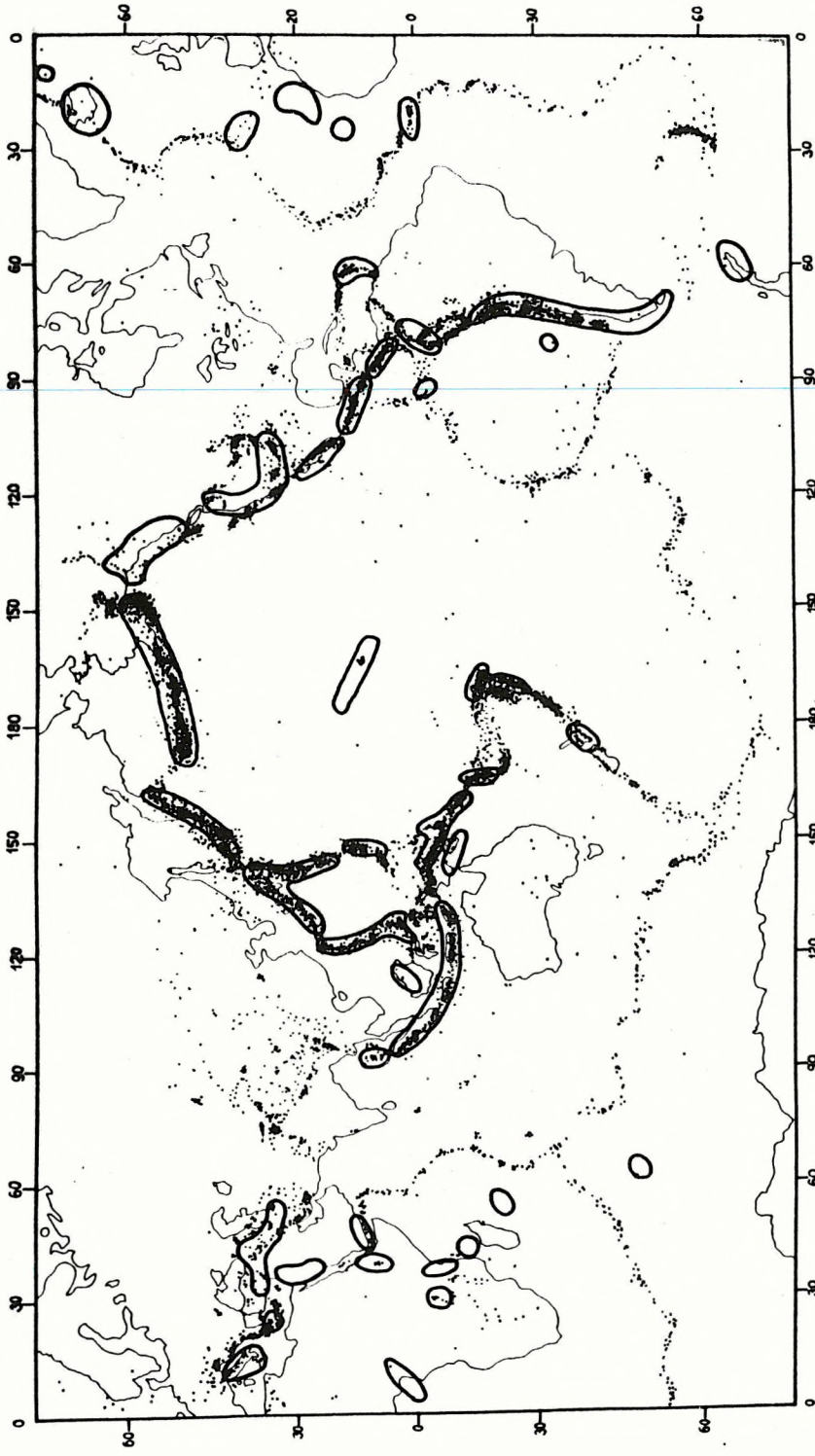
13. ábra. Az 1 km mélységben érvényes geotermikus hőmérsékletek (felül, Stegena 1971 nyomán) és az üledékek hatásától mentesített Bouguer-anamális térkép (alul, Renner-Stegená 1966 nyomán), a lemeztektónikai főiránnyal (felül).



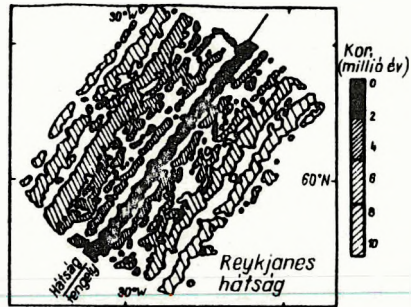
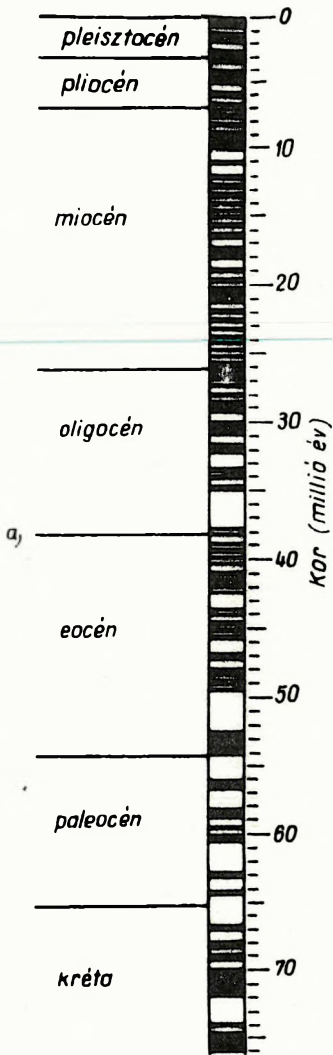
1. ábra



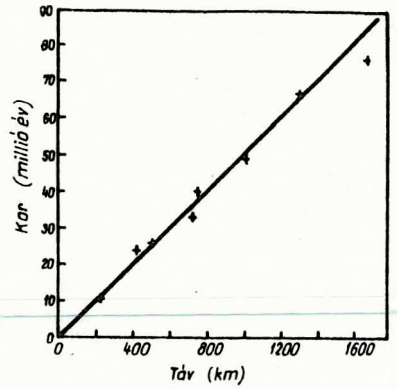
2. ábra



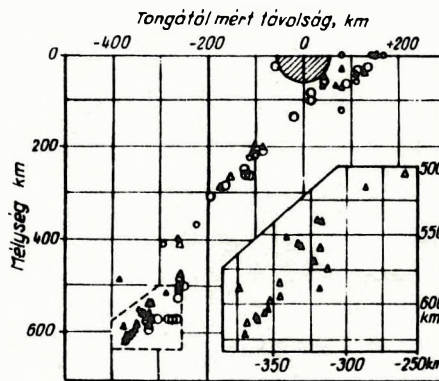
3. ábra



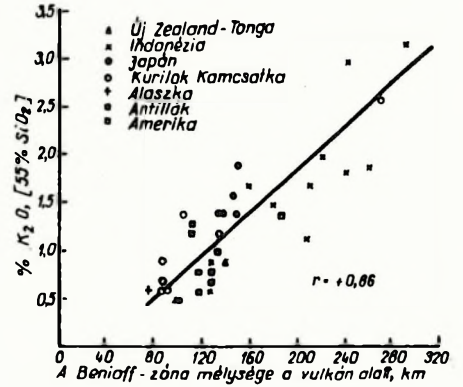
b)



c)

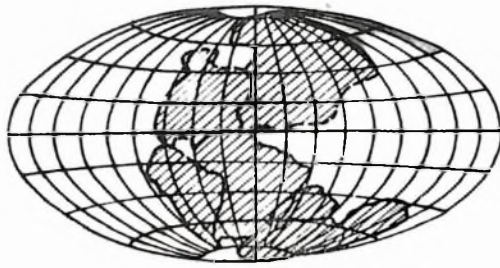


d)

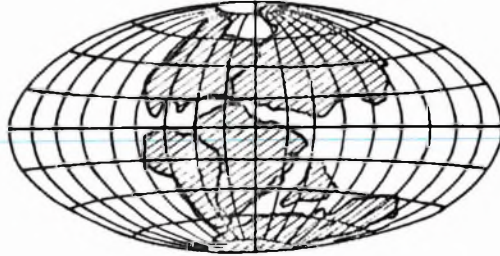


e)

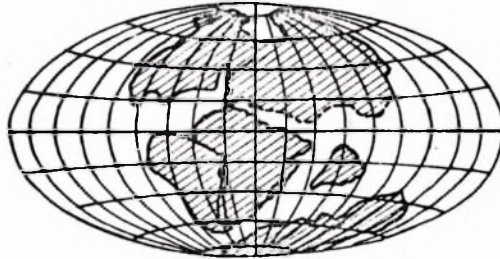
4. ábra



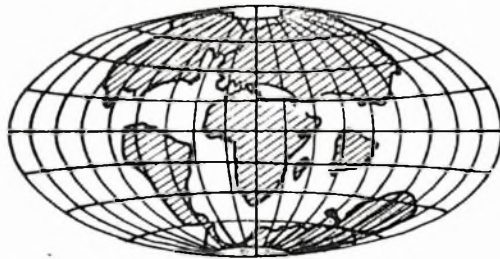
-200 millió év  
(f. triász/k. triász)



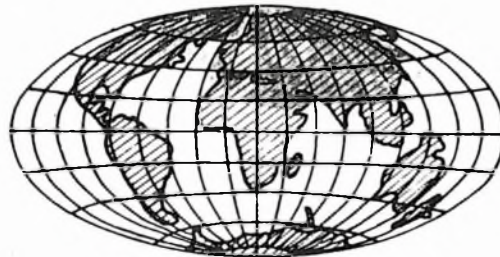
-180 millió év  
(triász/júra)



-135 millió év  
(júra/kréta)



-65 millió év  
(kréta/tercier)



Jelenkor

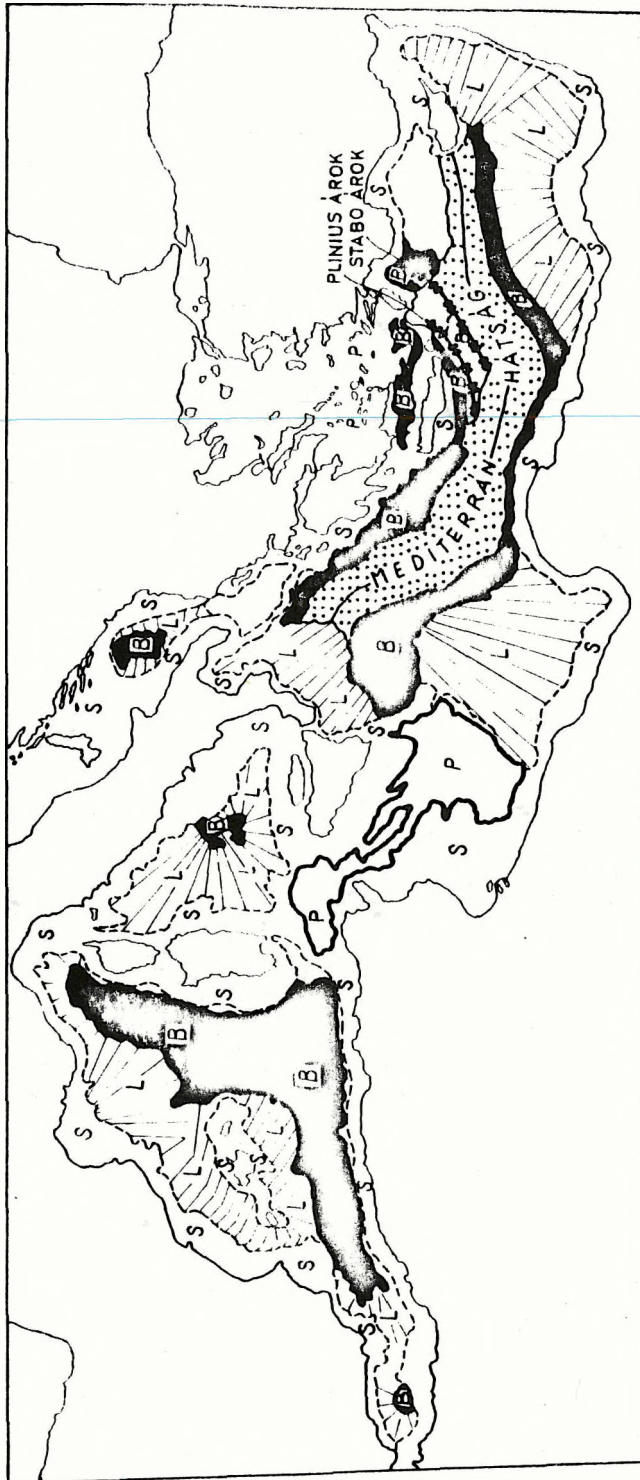
5. ábra



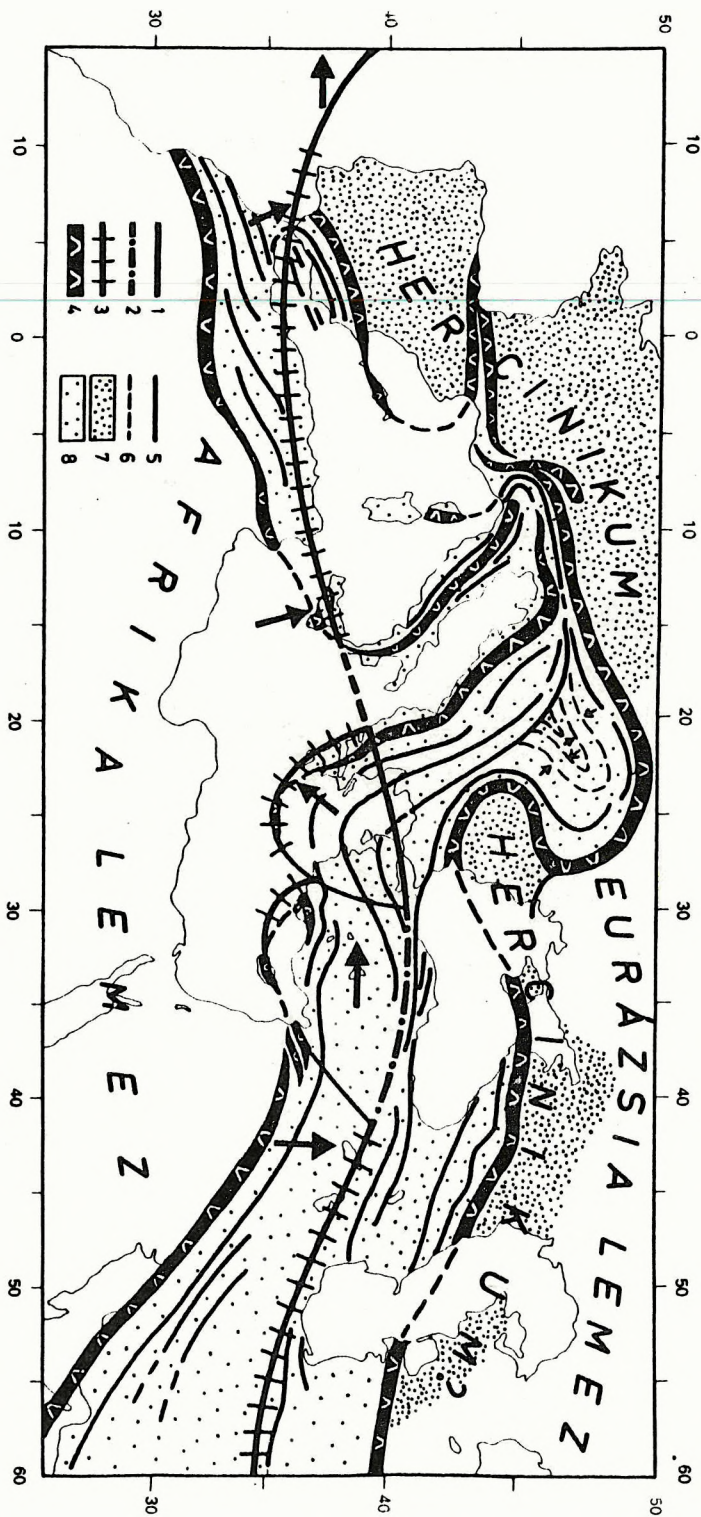
6. ábra

Stegená

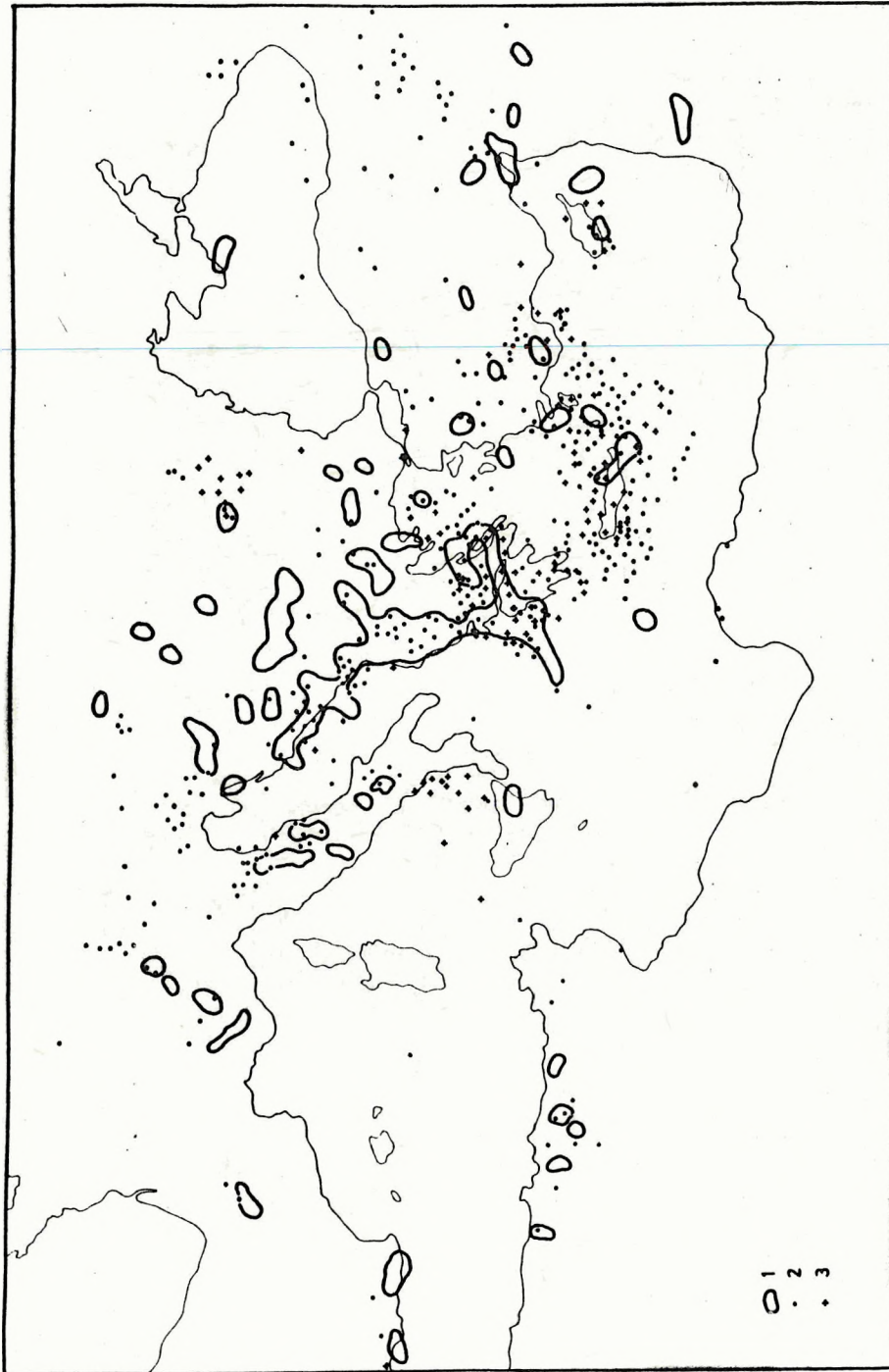




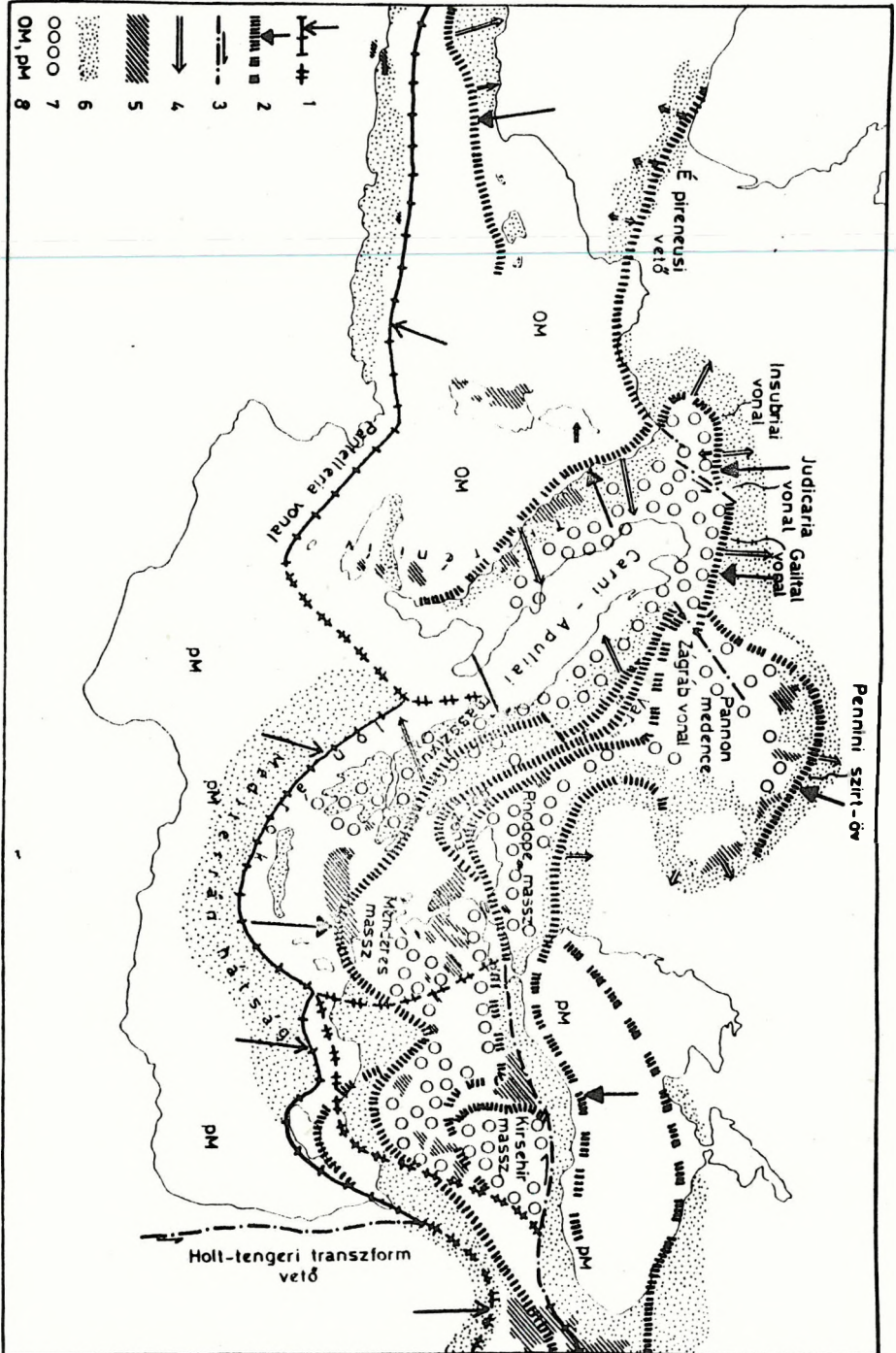
7. ábra



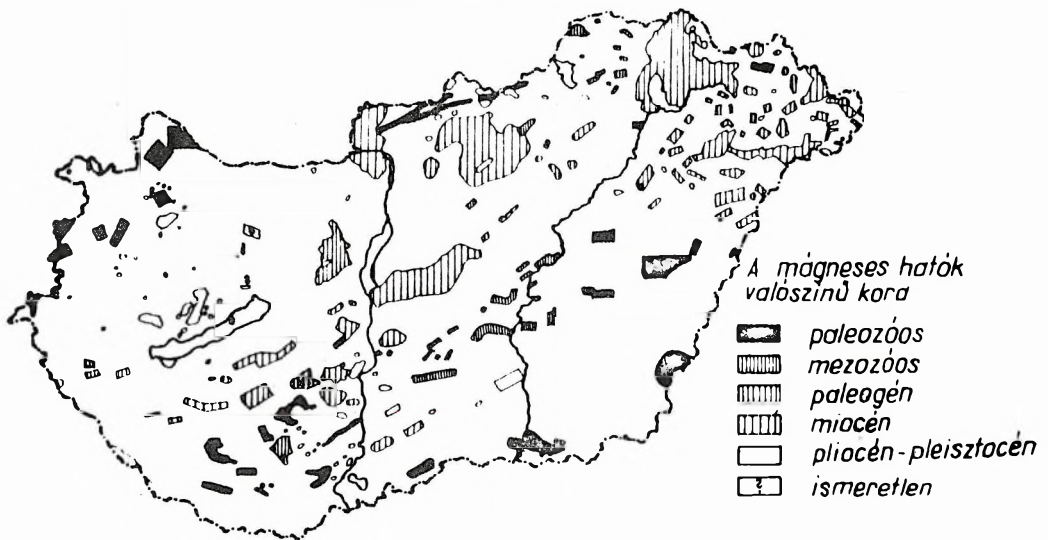
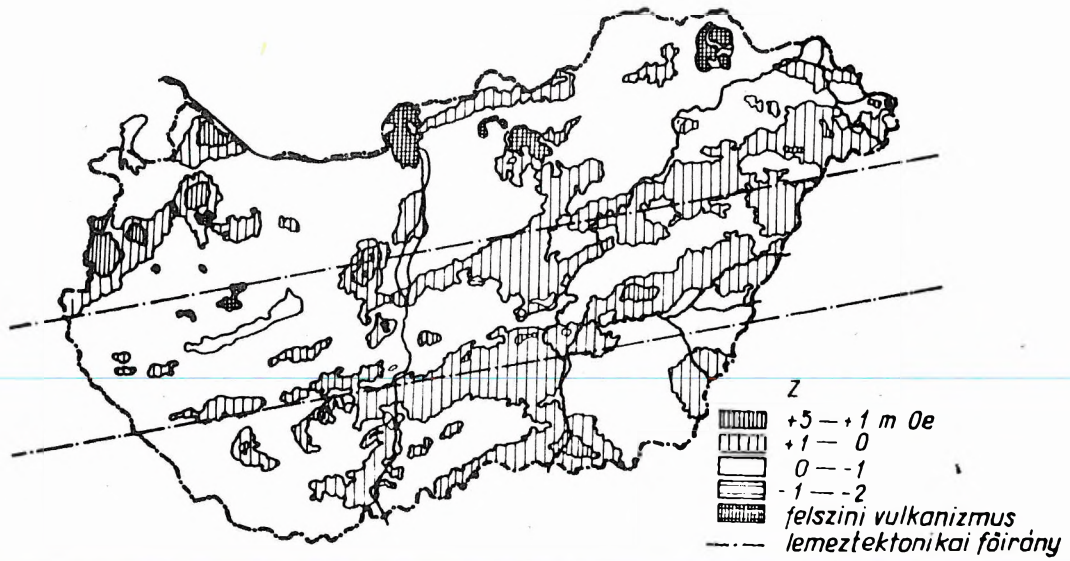
8. ábra



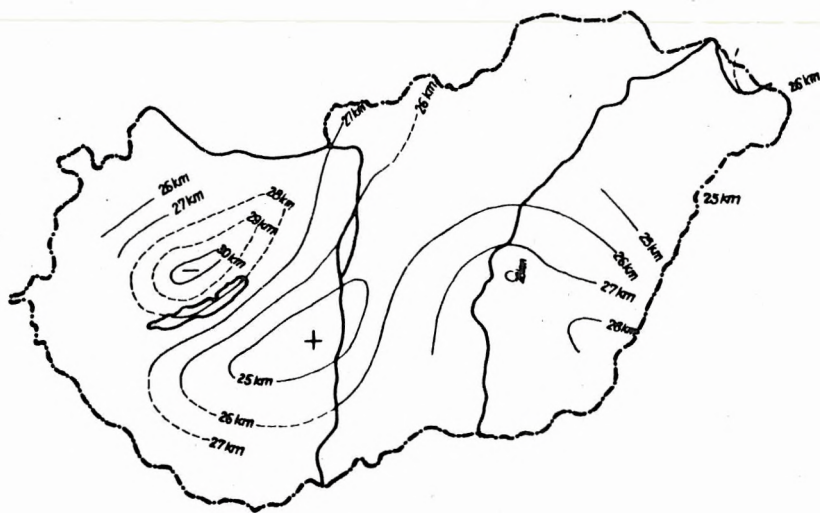
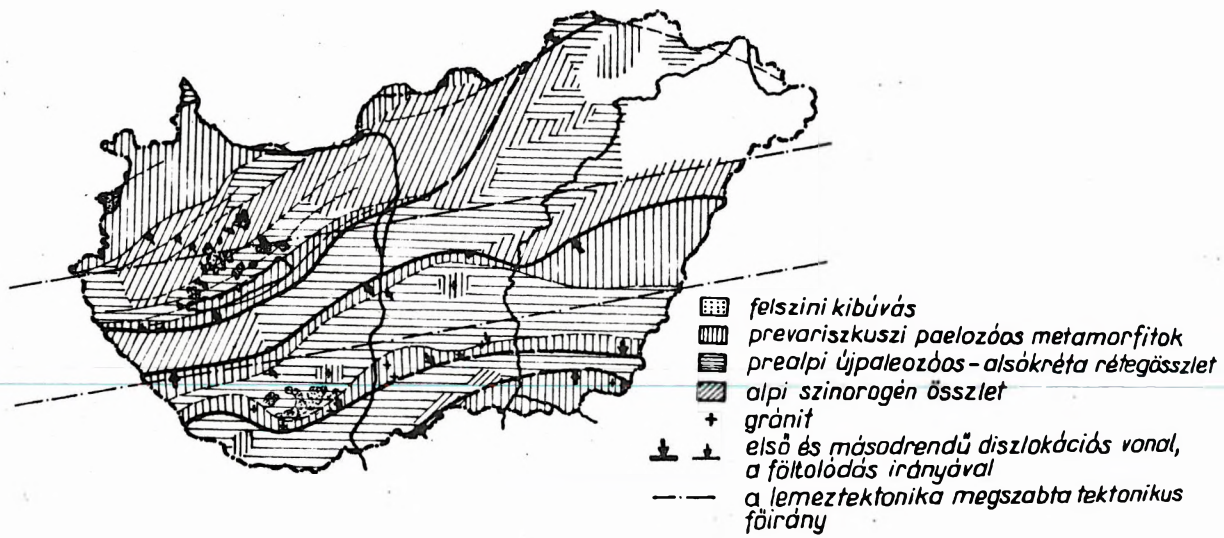
9. ábra



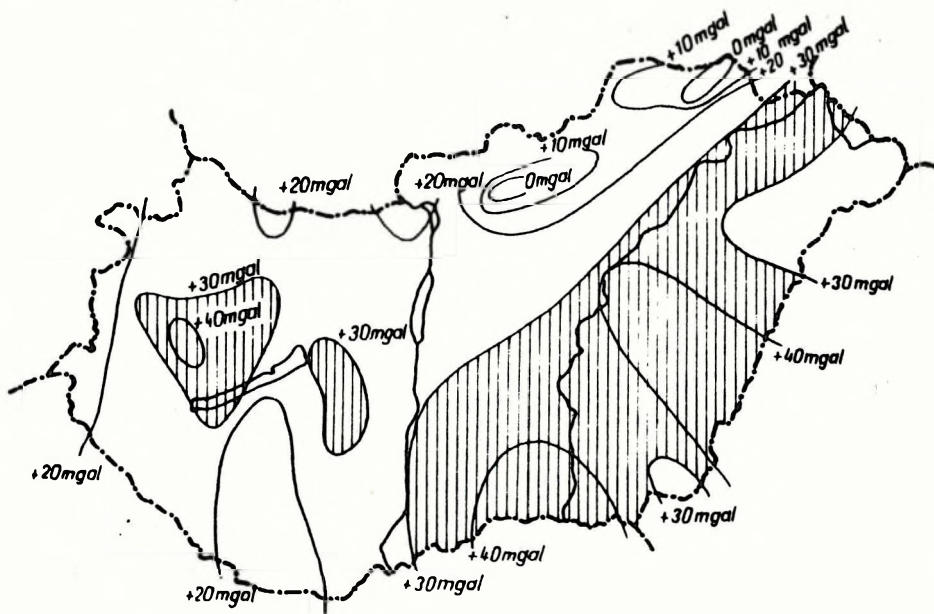
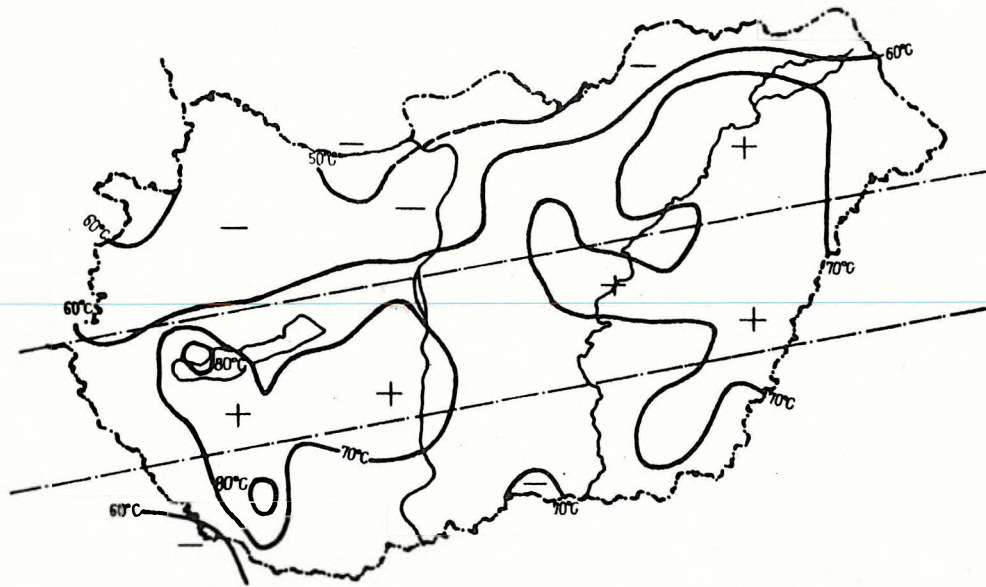
10. ábra



11. ábra



12. ábra



13. ábra