

SZEMELVÉNYEK ERDÉLYI MIHÁLY MUNKÁIBÓL A MAGYAR MEDENCE HIDRODINAMIKÁJÁRÓL

Szerk.: Liebe Pál¹

Bevezetés

A 60-70-es években a VITUKI Mélységi Vízkutató Osztályán kiemelkedő eredmények születtek medenceterületeink hidrogeológiájával, hidrodinamikájával kapcsolatban. Ezekben a munkákban meghatározó szerepe volt **Erdélyi Mihálynak**, aki az országhatárokon átívelő szemlélettel vizsgálta a Magyar medence hidrodinamikáját. Munkásságának eredményeit ezen a téren a legátfogóbban 1979-ben a VITUKI Közlemények sorozatban megjelent munkája mutatja be. Ebből közlünk szemelvényeket ebben a tanulmányban. A bevezetőben utal a hidrogeológia rohamos fejlődésére a 60-70-es években, s e fejlődés okaként a fizikai elvek következetes alkalmazását jelöli meg a hidrogeológiában, mint pl. a hidraulikai rendszerek áramlástan elkülönítése, amelynek elvi alapjait **Hubbert** írta meg 1940-ben, s akkor már megkezdődött a következő nagyobb fejlődési ütem, amely **Tóth József.** számítógépes modellezéssel kapcsolatos eredményeinek közzététele (1962, 1963) után kezdődött meg. A regionális felszín alatti áramlási rendszerek lényegét akkor már többen tisztázták, s azóta világszerte **Tóth J.** munkássága nyomán vált elterjedté ez a szemlélet. A Magyar medencére vonatkozóan – támaszkodva a korábbi átfogó vízföldtani munkákra, mint pl. **Schmidt Eligus Róbert** *Vízföldtani Atlasza*, s **Almássy Endre** ebben bemutatott anyagai – a legalapvetőbb munkának viszont **Erdélyi M.** anyagait tekinthetjük, amelyekből az idézett anyag nyomán szemelvényeket mutatunk be.

A többszintes áramlási rendszer jellegzetességei

Az áramlási régió jellegét a következők jellemzik **Erdélyi M.** szerint:

- *„nyomásviszonyok. Az utánpótlódás területén a nyomás növekedése kisebb a hidrosztatikusnál. A megcsapolás övezetében viszont lefelé a nyomás a hidrosztatikusnál nagyobb mértékben növekedik,*

¹ VITUKI Rt. Hidrológiai Intézet, 1095 Budapest, Kvassay Jenő út 1.
liebepal@vituki.hu

- a víz vegyi összetétele,
- geotermális viszonyok. Az átlagosnál kisebb geotermális gradiens jelzi, hogy gyors az utánpótlódás a jó vízvezető kőzetben. A területre jellemző átlagosnál nagyobb geotermális gradiens jelzi a felszálló mélységi vizet ([Alföldi-Gálfí, Erdélyi, 1964, Sümeghy 1929](#)),
- természetes izotópok.”

„A legtöbb artézi medencében egynél több elkülönült víztartó képződmény van. Az egyes víztartók között gyakorlatilag dinamikai kapcsolat van, mert tökéletesen vízzáró képződmény nincs, különösen ha földtani időmértékben számolunk. A víz az egyik víztartóból a másikba szivároghat a majdnem vízzáró zárórétegen át, ha közöttük nyomáskülönbség van. Háromféle nyomásállapot van a többszintes áramlási rendszerekben:

- ugyanazon formációban a nyomás lefelé a hidrosztatikusnál nagyobb mértékben többé-kevésbé egyenletesen növekedik. A lefelé növekvő nyomás esetén a sekélyebb rétegvíz szintje lejjebb van, mint a mélyebbé. Ennek következménye, hogy a zárórétegen át felfelé szivárog a víz. Ilyen jellegzetes áramlási rendszer van az egyszerű és földtanilag egységes artézi medencékben, meg az összetett nagyobb medencék mély részmedencéiben és völgyeiben,
- az áramlási rendszernek vannak olyan nagy területű részei, ahol ugyanazon fúrásban az egymás alatti vízadókban lefelé csökken a nyomás (helyesen a potenciál – a szerk.). Ilyen területen a nyomás lefelé a hidrosztatikusnál kisebb mértékben növekszik. Ez jelzi, hogy az egyes vízadók utánpótlódása a zárórétegeken át felülről történik. E szivárgás során energiaveszteség van, tehát a potenciális energia lefelé csökken. Ennek egyéb okai is lehetnek. Az áteresztő képességben mutatkozó nagy különbség is lehet a magyarázat. Ilyen esetben a mélyebb vízadó sokkal jobb áteresztő, mint a sekélyebb ([Tóth J, 1970](#)). Ilyen rendellenességnek lehet az is az oka, hogy minden egyes vízadónak a többitől független nyomása van. Ugyancsak az is lehetséges, hogy a mélyebben lévő víztartó réteget teljesen elzárja a diszkordanciával rátelepült fedője. Olyan eset is van, amikor a mélyebb vízadó utánpótlódásának helye mélyebben van, mint a sekélyebbé,
- semleges nyomás van a lefelé csökkenő és a lefelé növekvő nyomású (potenciálú – a szerk.) területek között. Ez egy folyamatos vonal, gyakorlatilag azonban a kétféle nyomásállapotú terület között húzóó sáv.”

A továbbiakban **Erdélyi M.** hivatkozik a Casagrande-féle törvényre, amely szerint az eltérő hidraulikus vezetőképességű rétegek határán az áramvonalak megtörnek, s e jelenséggel magyarázza, hogy a rossz vízvezető rétegben az áramvonalak jóval közelebb vannak a függőlegeshez, mint a jól vezető rétegben.

A Magyar Medence rövid vízföldtani ismertetése

A Magyar medence rövid vízföldtani ismertetése kiterjed a központi medencékre (Kis- és Nagyalföld, Szávai Alföld), amelyek határvonala a pliocén és az idősebb képződmények felszíni érintkezésének vonala. [\(1. ábra\)](#). „Ez a vonal igen jó természetes határ, mely hidrológiában, morfológiában és ösföldrajzilag is igen jól mutatkozik meg. A medence erős süllyedése ugyanis legnagyobb részt a pliocén idejére esik. A központi medencék gyors süllyedése a pliocénban és a negyedkorban történt. Ez a határvonal majdnem mindenütt a mélyreható szegélytöréseket követi. A határoló töréksávjától befelé a medence töltelék lényegesen vastagszik, sokszor igen rövid távolságra a peremtől. A belső medencék fiatalabb földtani korát jelzi az is, hogy a kristályos alapra nagy területen a felsőpannonnál nem idősebb rétegek települtek ([Kőrössy, 1968](#)). A központi medence két szerkezeti emeletre tagozódik. A felső szerkezeti emeleten a pliocén üledékek vannak a felszínen, vékony negyedkori takaróval fedetten vagy anélkül. Az alsó szerkezeti emelet a negyedkori süllyedékek területe. Az áramlási rendszer lefelé gyakorlatilag az alsó pliocén tetejéig terjed [\(2. ábra\)](#), kivéve a hegységi peremek vékony homokos alsó pliocénjét. A felsőpannonban nátriumhidrogénkarbonátos víz van, benne az olaj és víz határa dőlő felület ([Bérczi-Kókai](#)). Az alsópannonban gyakorlatilag pangó nátriumklorid típusú víz van.

Mindkét Alföldünk szerkezete igen hasonló. A pliocén hévízes formációt (regionális áramlási régió) az alföldek területének nagyobb részén gyakorlatilag vízzáró vagy igen gyengén vízvezető vastag réteg választja el a felette lévő köztes „hidegvizes” áramlási régiótól [\(3. ábra\)](#), mely a negyedidőszaki kőzetekben foglal helyet”. [\(4. ábra\)](#)

A továbbiakban Erdélyi a medencén belüli hegyvidékek kőzeteit (paleozoos alaphegység, mezozoos karsztosodott karbonátos kőzetek, változatos fedőkőzetek) tekinti át röviden.

A Magyar Medence áramlási rendszere

„Mély és nagyterületű áramlási rendszerek kialakulásához és folyamatosságához szükséges: (1) nagy helyzeti energia, (2) elégséges csapadék, (3) kiterjedt és mély vízvezető képződmények nagy területű felszíni előfordulása. A Magyar Medence morfológiája biztosítja a mély áramlási rendszer létéhez szükséges potenciális energiát. Az 500 mm-nél több évi csapadék, meg a mély és jó vízvezető kőzetek nagy felszíni elterjedése fenntartják a mély áramlási rendszert.” [\(5. ábra\)](#)

A következőkben Erdélyi ismerteti a Magyar Medence rétegvízének nyomásviszonyait ábrázoló térkép [\(6. ábra\)](#) és a szelvények [\(7. ábra\)](#) szerkesztését, amelyek az eredeti, a termeléssel még nem zavart helyzetet mutatják be. A térkép szerkesztése és a vízszintekből a függőleges hidraulikus gradiensek számítása több kedvező körülmény miatt történhetett meg. Ezek között említi, hogy 1972 végéig 9800 ismert szűrőzési mélységű fúrott kút tengerszint feletti magasságát határozták meg szintezéssel, több száz, két vagy több víztartó harántoló fúrásban állapították meg kútvizsgálatok során az egyes rétegek vízszintjét, s 1971 végéig már kb. 5500 fúrott kútnak volt geofizikai fúratszelvénye, továbbá mintegy 11000 kút vizét elemezték meg. A munka alapjául szolgáló „Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere” 1959-ben készült el és azóta is kiegészül. A kutak fontos adatai 1963-tól folyamatosan kiadvány-sorozatban jelentek meg (**Urbancsek J.**), s akkor a „Magyarország hévízkútjai” sorozatnak már 3 kötete jelent meg 1965 óta a VITUKI kiadásában.

A függőleges hidraulikus gradienseket [\(8. ábra\)](#) a következők szerint számították: „A két réteg vízszintjének különbsége osztandó a két réteg függőleges távolságával. A kiszámított függőleges hidrodinamikusan gradiensek pontossága változó, mert csak igen kevés mélységi nyomásmérés történt. Ezért kellett számolni a nyugalmi vízszintekkel, mint a nyomás kifejezőivel. A pontatlanság kisebb, ha a rétegek közepének távolságával számolunk. A függőleges hidraulikus gradiens akkor is pontatlan, ha a két réteg közel van egymáshoz. Ebben az esetben a felső réteg teteje és az alsó réteg talpa közötti távolság felével osztunk.” A függőleges hidraulikus gradiensek számításához csak olyan rétegek nyomásszintjeit használták fel, amelyeket nem választanak el nagy kiterjedésű és hézagatlan vízzáró vagy gyengén vízvezető rétegek.

A továbbiakban **Erdélyi M.** az áramlási rendszer részeit a következő felosztásban tárgyalja:

- hegy- és dombvidékek szabadtükrű vize,
- lefelé csökkenő nyomású területek a központi medencében
 - = sekélyebb artézi vízadók a hegységperemmel többé-kevésbé párhuzamos sávban („ebben a sávban a sekélyebb artézi vízadók tárulnak fel. Utánpótlódásuk vagy közvetlenül a rétegfejek talajvizéből történik vagy a völgyek negyedkori töltelékéből. A mélyebb zárt rétegek nem jutnak a felszínre. Utánpótlódásuk nem közvetlenül, hanem részben a környező karbonátos és vulkanikus kőzetek repedésein át történik. Ez utóbbi a hidrodinamikus rövidzárlat esete.”),
 - = alacsony és magasabb dombvidék (*„ahol a szárazföldi, tengerparti és tavi-lagunás eredetű pliocénkori kőzetek vagy nagy területen vannak a felszínen, vagy különböző vastagságú negyedkori folyóvízi homok, futóhomok, lösz, homokos lösz fedővel takartan.”* - *„Ezek késleltetik a löszben lefelé szivárgó víz mozgását. A pliocén rétegsorban az áteresztő képesség lefelé általában nem növekszik.”*),
 - = hullámos felszínű terület a Dél-dunántúlon (Belső-Somogy) *„futóhomokkal, homokos lösszel és vízzáró mocsári üledékekkel fedetten. A felszín alatti 20-100 m-es negyedkori üledéksorban közép- és finomszemű homokrétegekkel agyag és iszap váltakozik”*,
 - = az Alföld magasabb helyzetű homokhátságai (Duna-Tisza köze, Nyírség, Deliblát). Ezek *„a Magyar Medencében a lefelé csökkenő potenciál területei közül a legfontosabbak, amelyeket vastag pleisztocén folyóvízi összlet jellemez, melynek fedője több mint 80 %-ban futóhomok, vékony löszös homok és lösz, olyan üledékek, amelyeken át a csapadékvízből jelentékeny az utánpótlódás. E homokhátságot részben vagy egészben felső pleisztocénkori süllyedékek szegélyezik lefelé növekvő potenciállal, így pl. a Szamosköz, a Rétköz, a Taktaköz, stb.”* - *„az Alföld belsejében is vannak kisebb utánpótlódási területek. Ezek vékony homoksávok, elkülönült vagy nagyobb területen összeérő futóhomok gerincek, mintegy szigetek a vízzáró vagy gyengén vízvezető felszínű környezetben. E homokszigetek az első regionális felszínközeli víztartó, a Tiszántúlon a „kék homok” kibúvásai a vízzáró fedőjű területen.”*
- lefelé növekvő nyomású területek. *„A Magyar Medence legmélyebb részei a jellegzetes artézi területek, ahol a potenciál lefelé növekedik. A felszínt leginkább löszös iszap borítja, a mélyedményeket pedig vízzáró szik. Igen kevés a felszíni homok,*

a víztartó folyóvízi homok kibúvása. Az Alföldön a peremi utánpótlódási sávtól befelé eső terület felén a nyomás (a potenciál – a szerk.) lefelé növekszik, tehát igazi artézi jellegű. Az Alföld mély részmedencéit jórészt jellemzi a finomszemcsés kőzetanyag túlsúlya, az üledéksor kicsiny dőlésszöge, s fentiekkel összhangban a rétegvíznek a medence belseje felé növekvő sótartalma (Erdélyi, 1971). A nyomástérkép szintvonalai mélyen benyomulnak sok folyóvölgybe, így a Marcaléba és a Galgáéba. Ezek a kitüremlések nagyobb áramlási sebesség jelei. A kedvezőbb áramlási sebességé pedig a völgyeket meghatározó törésvonalak okozta jobb áteresztő képesség. A Marcal valóban mély szerkezeti törést követ. A jóval nagyobb Rába völgyébe nem nyomulnak be a nyomás szintvonalai, mert a Rába nem követ nagyszerkezeti vonalat.”

Az alföldi homokhátságok negyedkori üledéksorában általában két vízadó formáció van. A felsőben finomabb szemcsés és vékonyabb folyóvízi homokrétegek települnek a rosszabb vízvezető képességű rétegsorra. A negyedkori üledéksor alsó kétharmada-fele-negyede legnagyobb részt vastag, jól vezető homok és kavics, helyenként vékony iszap és finomszemű homoklencsékkel megosztva. Az egész alsó pleisztocén egységes vízadónak tekintendő. A két fő vízadó szint közötti folyóvízi rétegsor anyaga lencsésen települő iszap, finom homok, iszapos és agyagos homok. Az összlet áteresztő képessége jóval gyengébb, mint a fedőé. A két jó vízadó összlet az Alföld szegélye mentén a köztes rétegsor fokozatos elmaradásával egységessé lesz anyagában is, dinamikailag is. Így van ez pl. a Budapesttől DK-re lévő negyed körívű területen. „A felsőpannóniai hévizes szint nyomásfelszíne még gyengén sem követi a földfelszínt, hanem az Alföld általános befelé való lejtését. Ezzel szemben a két pleisztocén víztartó összlet nyomásfelszíne – különböző mértékben ugyan – de követi az Alföld felszínének egyenetlenségeit. Ennek az a magyarázata, hogy a negyedkori összletet az Alföld legnagyobb részén vastag vízzáró vagy gyengén áteresztő felső-pliocén formáció választja el a hévizes szinttől. A hévizes szint csak a medence peremén jut a felszínre.” - „A Magyar Medencében és peremvidékein az áramlási rendszer tápterületeit vékonyabb-vastagabb sávban szegélyezi az olyan negyedkori víztartó formáció, amelyben a felszínközeli és mélyebb rétegek vízének nyomásában nincs különbség vagyis az energia-potenciál nem változik a mélységgel.”

A függőleges hidraulikus gradiens térképe (8. ábra) a felszín alatti 100 és 400 m közben mutatja a függőleges nyomásváltozást. (A számításhoz nem használták fel az 50 l-esnél kisebb fajlagos hozamú kutak vízszint adatait, a gradiens értékeket az eredeti

nyomásadatokból számították, vagyis a nagyobb mérvű termelés előtti időből.) A 400 m-es alsó határt **Erdélyi** jó gyakorlati határnak tartotta, mert „ (1) kb. 400 m-ig a vízoszlop hőmérséklet eredetű változása elhanyagolható, ezért a nyomásadatok sűrűség korrekciója nem szükséges, (2) a köztes áramlási régió mélysége legtöbbször nem több a felszín alatti 400 m-nél. Ennek oka részben a felső pliocén vízzáró és rossz vízvezető összlet nagy területi elterjedése. Ez az összlet választja el a negyedkori üledéksort a felsőpannoniai hévizes formációtól az Alföld nagy részén. A felső pliocén teteje csak kivételesen van mélyebben, mint 400 m. A köztes és regionális áramlási régió összeolvad ott, ahol a felső pliocén formáció is nagy mélységig igen jó vízvezető, így az Alsó-Tisza vidékén. E vidéken az egybeolvadó áramlási rendszer nagy mélységet ér el, (3) kevés és egyenetlen területi eloszlású a 400 m-nél mélyebb vízadókhöz tartozó nyomásadat.”

A hidrodinamikai szelvényeken ([7. ábra](#)) ábrázolt fúrások szelvényein Erdélyi a homokossági százalékot szakaszonként ábrázolta (a 1,5 m-nél vastagabb „tisza” homok és kavicsszintek összegének arányát számította az egész szakasz %-ában). A potenciál térbeli eloszlásából a következő fontosabb következtetéseket vonta le:

- „az erős pozitív függőleges hidraulikai gradiens területileg nagyjából a szelvények azon szakaszaival esik egybe, ahol az ekvipotenciális vonalak párhuzamosak a nagyobb földtani formáció határokkal. Különösen szembeűnő a vonalak párhuzamossága a negyedkori típusú üledék feküfelszínével. Ez a párhuzamos elrendeződés már magában is pangó mélységű vizet jelez. Az Alföld részmedencéiben hosszú és széles sávokban ugyanazon szűrőmélységű kutakban azonos a nyomás. Ez is a vízszintes vízmozgás hiányát, vagy igen gyenge voltát jelzi. Az ilyen szelvényszakaszok területén a felszálló víz az a víztömeg, mely a süllyedő medence feltöltődéséből adódó tömörödéssel szorul ki. A kinyomódott víz vagy helyileg, szerkezeti vonalak mentén szivárog felfelé, vagy területileg igen lassú szivárgással a vízzáró rétegeken át ([Scherf E., 1948](#) és [1967](#), [Erdélyi M., 1964](#) és [1972](#)). Itt azt az ellenvetést lehet tenni, hogy a szivárgás sebessége a réteg mentén sokszorososa a rétegre merőleges szivárgásának. Ez való igaz, de a rétegek felszíne igen nagy felület, amelyen át a nagy víztömeg szivároghatott felfelé, ha arra a geológiai időre gondolunk, ami eltelt azóta, hogy a Magyar Medence elérte nagyjából jelenlegi felszíni és felszín alatti lithológiáját és geometriáját. A rétegvíz nyomástérképének egyes részei is bizonyítják azt, hogy jelentős területen pangó mélységi víz van.”

- „a potenciál-eloszlás azt mutatja, hogy a megcsapolási terület (pozitív függőleges hidraulikus gradiensű terület) szegélyén mély oldalirányú utánpótlódás van, amit az ekvipotenciális vonalak dudora mutat,
- az ekvipotenciális vonalak jelzik azt is, hogy az Alföld nagy részén mennyire jelentéktelen a folyók megcsapolása. Kivételek a nagyobb folyók egyes szakaszai. Ilyen szakaszokon a folyómeder bevágódása elérte a vízzáró fedő alatti, nagy területre kiterjedő első vízadó szintet, a Duna-völgyben a kavicsot, a „kék homokot” a középső Tisza mentén,
- néhány szelvényszakasz jelzi, hogy a köztes áramlási régió utánpótlódási szárnya „úszik” a hévizes regionális áramlási régióban,
- a pozitív függőleges hidraulikus gradiens területén belül a felszín közelében helyenként jelentkezik a gyenge negatív függőleges gradiens is. Az ilyen terület mindig ott van, ahol (1) a talajvíztartó homok keskeny sávokban és nagyobb foltokban tűnik elő a rossz vízvezető vagy vízzáró löszös eredetű felszíni réteg alól. Ezek az „ablakok” át a csapadékvíz táplálja a talajvizet. Ennek következménye az, hogy a terület artézi jellege gyengül, s a függőleges gradiens esetleg gyenge negatívba vált át a felszín közelében. Ez a jelenség gyakorlatilag igen fontos, mert hígítja a felszálló mélységi vizet, s így fenntartja az áramlási régióban a felszálló és a felszínről beszivárgó víz közötti egyensúlyt, tehát a talajban a káros sók nem halmozódhatnak fel, (2) a folyómeder átvágja a vízzáró feltalajt, ezzel egyrészt biztosítja az első vízadó utánpótlódását a parti sávban, másrészt elviszi a felszálló sósabb vizet.

A természetes megcsapolás (pozitív függőleges hidraulikus gradiens) területén a víz kettős eredetű. Egy része a mély regionális (hévizes) és köztes áramlási régióból tart a felszín felé. Másik része az üledék tömörödésével szorul ki és szivárog felfelé. Mindkettő növeli ezzel az egyirányú sószállítással a felszínközeli víz sótartalmát.

A felszín alatti vízáramlás kémiai vonatkozásai a Magyar Medencében

„A legtöbb üledékes terület felszín alatti vize (kivéve a talajvizet) lefelé növekedő oldottanyag-tartalmat mutat. Ez részben azért van, mert a sósvíz nehezebb az édesvíznél. A sótartalom növekedése következménye annak is, hogy a mélyebben lévő vízre olyan tényezők hatnak (nagyobb nyomás és hőmérséklet, oldott széndioxid jelenléte), melyek a sótartalmat növelik. A nagyobb sótartalom forrása lehet az a sósvíz, amely a mély medencékben töréssávokon, törésvonalak találkozásán át helyileg vagy igen lassan területileg szivárog felfelé a mély süllyedékben ([Sümeghy J., 1929](#); [Scherf E. 1947, 1948, 1967](#)). A Magyar Medence belső mélyedményeinek sósabb vize közettani, hegységszerkezeti, vegyi, morfológiai és hidrodinamikai tényezők következménye. A mélyedményekben – kevés kivételtől eltekintve – minden szintben a víz sósabb, mint a környezetében. Ennek egyik oka a finomszemcsés üledékek nagy %-os aránya, a rétegek kicsiny dőlése, sőt vízszintes települése, bennük kicsiny a víz szivárgási sebessége, s ezzel nagymértékű az oldódás lehetősége. Másik oka a sík földfelszín és ott a vízzáró talaj nagy területe és a mélységi sósvíz folyamatos felfelé szivárgása. A részmedencékben a finomszemcsés üledéksorban a víz igen lassan mozog. Ez nem csak azt jelenti, hogy a lencsés víztartók között igen gyenge a vízforgalom, hanem magukban a víztartókban is, hiszen azok is finomszemcsés, különböző mértékben iszapos és agyagos homoklencsék.

A klorid és az összes oldott sótartalom növekedése az Alföld belseje felé ([9. ábra](#)) tökéletesen egyezik a Csebotarev-féle szubcesszióval, vízszintes irányban tükrözi a befelé csökkenő vízvezető képességet és a csökkenő hidraulikus gradienst, azaz a csökkenő szivárgási sebességet, az időben növekedő sótartalmat és az idővel csökkenő szivárgási sebességet. A szubcesszió érvényes függőlegesen is. Az Alföld erre ismét jó példa, ahol is három vegyileg eltérő jellegű víz (bikarbonátos, nátriumhidrogénkarbonátos és nátriumkloridos) helyezkedik el a felszínnel párhuzamosan ([Rónai, 1966](#)).

A továbbiakban **Erdélyi M.** bemutatja a felszín alatti vízmozgás nyomozásának lehetőségeit a vízkémia módszereivel. Ezt többek között azzal indokolja, hogy a felszín alatti víz hidrodinamikai vizsgálata költséges és időigényes, vízkémiai adat pedig általában sokkal több van, mint nyomásadat. A Magyar Medence alkalmas annak bizonyítására, hogy a felszín alatti áramlási régiók hidrodinamikája összhangban van a vízkémiai koncepcióval: „a csapadékvíz

az alföldek peremén és lazatalajú magaslatain beszivároghva táplálja a fogyasztó terület áramlási régióit. A bikarbonátos csapadékjellegű víz lefelé és elfelé mozog a tápterületről ([Erdélyi, 1973](#)). Dinamikus vegyi egyensúlyi sáv alakult ki a lefelé és elfelé áramló hidegebb bikarbonát típusú víz és a mélyből felfelé áramló melegebb sósvíz között. A kétféle víz keveredésének eredménye az átmeneti sávban lévő kevert jellegű víz, amelyet a kisebb keménység és nagyobb sótartalom jellemez. Az átmeneti sáv mélysége, alakja és vastagsága sok tényezőtől függ. Ezek: a rétegek településének geometriája, a rétegek közettana, a felszín morfológiája (topográfia), a talaj víznyelő képessége és az éghajlat.”

„A Magyar Medencében általában vastag az édesvíztartó üledéksor”. (édesvíznek tekinti azt a vizet, amely nem tartalmaz többet 1000-1100 mg/l összes oldott sótartalomnál, 100 mg/l kloridnál és 100 mg/l szulfátnál). „Az Alsó-Tisza vidékén nem csak a legvastagabb az édesvíztartó üledéksor, hanem ott a legtöbb a hasznosítható víztartó képződmény is.” - „Az Alsó-Tisza vidékre jellemző a nagyon vastag és jó vízvezető képességű negyedkori és felsőpliocén folyóvízi üledéksor, amelyet a Duna őse, egy nagy folyam rakott le a gyorsan süllyedő részmedencében. A kicsiny sótartalom is a mélyreható édesvíz-áramlás bizonyítéka. A vastag édesvíztartalmú részmedence K-i fele teljesen sík terület, vízutánpótlódása a Duna-Tisza közti Hátságról származik. A Hátság felszínének legnagyobb része laza homok, mely alatt vastag és durvaszemcsés üledéksor van.” - „A homokhátságról érkező édesvíz a terület K-i felén kiszorítja és felfelé kényszeríti a sósvizet, mert K-felé csökken mind a vízrekesztő rétegek összes vastagsága, mind pedig azok vízvezető képessége.” - „Vízkeimiai szelvények bizonyítják, hogy másutt is vannak hasonló, de keskenyebb mély leszivárgási sávok.” ([7. ábra](#))

„Nem mindig érvényes az, hogy a medence belseje felé növekedik a sótartalom. A medence peremétől távol is van „híg” rétegvíz. Ez az anomália természetes, ha figyelembe vesszük a rétegek homoktartalmát, ebből következően a kutak fajlagos vízhozamát és a felszíni képződményeket, azaz a beszivárgás lehetőségét.”

„Az Alföld részmedencéi, mélyedményei a külső perem és a belső homokhátságok közti területen vannak. Minden részmedence hidrodinamikai közepe ott van, ahol a környező áramlási régió felszálló ágai találkoznak.” Ezekre a feláramlási központokra jellemző: (1) felszíni megcsapolás nincs, (2) a felszínközeli ekvipotenciál vonalak jelzik a felszínről érkező utánpótlódást. E szelvények szerint nem mélyen van a semleges nyomásállapot, a vízkeimiai

szelvények is mutatják azt, hogy gyenge és vékony felszíni beszivárgás helye alatt sokkal „töményebb” víz van, (3) az ekvipotenciál vonalak párhuzamosak a vízszintes településű vagy kis dőlésű rétegekkel, (4) vékony az édesvizes formáció, (5) a rétegvíz erősen sós.

A víz vegyi jellege és a hidrodinamika közötti kölcsönhatást Erdélyi mindenkor bizonyítottan látja a hidrodinamikai szelvények és a hozzájuk tartozó vegyi szelvények összehasonlítása alapján, s ezt számos példán mutatja be:

- az áramlási régió felszálló ágában lévő jó átteresztő képességű réteg ablakának hatását a rétegvíz minőségére jelzi a bikarbonátos víztípust mutató vízkeménység, valamint a felszíni utánpótlódás vékony rétege alatti hirtelen „töményedés”,
- a különböző utánpótlódási területekről származó víz egymásrahatásának vízkémiai bizonyítékait az Alföld peremvidékén a kicsiny kloridtartalmú, bikarbonát típusú vízréteg szokatlan mélyrehatolásával mutatja ki,
- a hegységperemi vulkanikus kőzetek részesedését a medencék rétegsorának utánpótlásában a kapcsolódó mélyebb rétegek artézi vizének a hegység belsejében lévő mély bányák, másrészt a vulkáni kőzetekből fakadó forrásokéhoz hasonló vegyi jellege mutatja ([Karácsonyi S.-Scheuer Gy., 1970](#)),
- a fedett karszt vizének és a medenceperemek rétegvizének kapcsolatát a karsztvíz hígító hatásának kimutatásával igazolja a peremi rétegvizekben,
- a gázos területek hidrodinamikájának felderítésében is hasznosítja a vízkémiai módszereket,
- a szivárgási régiók anomáliáinak felderítésénél is vízkémiai bizonyítékokat mutat be,
- a nagy üledékes medencék mélyebb rétegeire vonatkozó nyomásadatok hiányában nagyobb szerepet kapnak a vízkémiai módszerek a nagy mélységű áramlások felderítésére. *„A vízkémiai szelvényen az édesvizes formáció megvastagodása azt mutatja, hogy a felszíni vízutánpótlódás áthatolhat a „hévizes formáció” „vízzáró” felső pliocén fedőjén kedvező potenciálviszonyok esetében, s egyensúlyt tarthat a mélyégi áramlási régió felszálló vizével.”* - *„A kloridtartalom lefelé való hirtelen megnövekedése legtöbbször a rossz vízvezető képességű alsópannoniai kőzet közelségét jelzi. Az alsópannonban stagnáló és lassan kiszoruló nátriumklorid típusú víz a nagy kloridtartalom forrása. Ezt a kompációval kinyomódó vizet viszi magával a mély áramlás, mely azóta áll fenn, amióta a Magyar Medence mély süllyedékek területévé lett”,*

- „A szikes mélyedmények vízminőségi szelvényének mélyebb részén, de egyebütt is a kisebb sókoncentráció azt jelzi, hogy az utánpótlódás távolabbról, a medence pereméről jut a mélybe onnan, ahol a jó vízvezető rétegek a felszínre érnek”,
- az Alföld talajvizének vegyi jellegét a víztükör mélysége, a talaj- és az altalaj közöttani és geokémiai viszonyai határozzák meg ([Kovács Gy., 1960](#); [Széky-Szepesi, 1962](#) és [Várallyay Gy, 1968](#)). „A sós talaj sóinak egy része azonban kétségtelenül mélységi eredetű, a felszivárgó rétegvízből származik. A löszös-agyagos alföldi felszín talajvize leggyakrabban feszített tükrű. A nyomás mértéke ritkán több 50 cm vízoszlopnál. Sok sekély fúrásban azonban 1-2 m-t, kivételesen 4 m-t is emelkedett a vízszint ([Rónai A.-Boczán B. \(1961\)](#) Rónai helyesen következtet, amikor a talajvízszint helyi nagy szintemelkedését a fekében lévő nagyobb nyomással indokolja meg.” „Amikor a talajvíz nyomásszintje a finomszemcsés felszíni réteg kapilláris sávjában van, megkezdődik a talaj elsósodása”,
- Erdélyi a rétegvizek elsósodásának leggyakoribb okaként a fúrott kút valamilyen hibáját jelöli meg, amelynek következtében „a lefelé növekvő nyomású területen a sekélyebb jó minőségű vízhez keveredhet a nagyobb nyomású mélyebb sósvíz” - „Az áramlási régió felszálló ágában a vékony felszínközeli édesvizet a túlzott termelés veszélyeztetheti, amikor az utánpótlódás kisebb, mint a termelés, tehát a sósvíz front felfelé tart”.

Mélységi vízáramlás és geotermia

„Az áramlási régió zavartalan állapotában egyensúlyban lévő főcirkuláció. Az egyensúly kialakulhat a leszálló hidegebb bikarbonátos típusú víz (az utánpótlódási terület vize) és a felszálló, melegebb, sósabb víz (a „megcsapolási” terület vize) között. A tiszakécskei termális anomália különösen erős hőcirkuláció ([Sümeghy, 1929](#); [Erdélyi, 1964](#); [Alföldi-Gálfi, 1966](#)). Ez az erős termikus anomália kedvező földtani helyzet következménye ([7. ábra](#)). Mély árokszerű süllyedéket vastag és durvaszemcsés üledéksor tölt ki, ez a rétegvíz áramlás fő sávja. A felszálló hévíz kettős eredetű. Egyik része az a vízmennyiség, amit a Duna-Tisza közli homokhátról lefelé áramló hidegebb bikarbonátos típusú víz kényszerít felfelé. Másik része a felsőpannon hévize, melyet az erős artézi nyomás hajt fel a Tiszántúli vízzáró felső pliocén alól itt, ahol szerkezeti vonal mentén van az egyetlen „ablak” a vízzáró formációban.” - „Az alsótiszai süllyedék térképsorozata bizonyítja a konvekciós hőszállítást. A konvekció másik

bizonyítéka, hogy itt ugyanazon szűk mélységközben azonos a durvaszemcsés és finomszemcsés üledékek vizének kémiai összetétele.”

A természetes izotópok szerepe a hidrodinamikai kutatásban

A Magyar Medence hidrodinamikájának **Erdélyi M.** által végzett nagyszabású bemutatása segítséget nyújtott a nagy áramlási régiók megismertetésével az izotópos kutatás tervezéséhez és az adatok értékeléséhez. Hivatkozik az akkor kezdődő ilyen irányú kutatásokra ([Deák J., 1978](#)). Azóta Deák J. és mások nagy tömegű környezeti izotóp-vizsgálatot végeztek, amelyek alátámasztották és számszerűsítették Erdélyi által a felszín alatti áramlásokra vonatkozóan felvázolt képet.

Hidrodinamikai módszerek gyakorlati vonatkozásai

Erdélyi felismerte, hogy a hidrodinamika jelentősége gyorsan növekedik nem csak a rétegvíz-, hanem a szénhidrogén-kutatásban is. *„Ismeretes a szénhidrogén előfordulások kapcsolata a terület jelenlegi hidrodinamikai viszonyaival. Az áramlási rendszert pedig jó megközelítéssel meg lehet határozni a nyomástérkép megszerkesztésével, feltételezve, hogy a területen meg van a hidraulikai folyamatosság ([Tóth J., 1970](#)).”* - *„Az Alföld szénhidrogén telepei az áramlási rendszer felszálló ágaihoz kapcsolódnak.”* Felismerte továbbá az áramlási rendszerek gyakorlati jelentőségét a hulladék elhelyezéssel kapcsolatban: *„a pangóvízű terek alkalmasak a radioaktív és toxikus ipari hulladékok, meg sósvíz tartós elhelyezésére.”*

Erdélyi tanulmányát egy idézettel zárja le ([R.G.Kazman, 1966](#)), amely felveti az új elméleti eredmények felhasználásának problémáját a vízgazdálkodás szempontjából. Az azóta eltelt időben végzett, a Magyar Medence vonatkozásában nagyrészt Erdélyi munkásságára támaszkodó vizsgálatok eredményei és gyakorlati hasznosításuk erre a kérdés felvetésre is pozitív választ adtak.

Idézett szakirodalom

Alföldi, L.-Gálfi, J. (1966):

Hydrogeological and geophysical investigations of a geothermal anomaly in Hungary. – *Bull. I.A.S.H. XII.1.*

Alföldi, L.-Erdélyi, M.-Gálfi, J.-Korim, K.- Liebe, P. (1976):

Hydrogeological and geophysical investigations of a geothermal anomaly in Hungary. II. Geothermal flow system in the Tisza-kécske region. - *Hydrological Sciences Bulletin, XXI, 26.*

Deák, J. (1978):

Study of the recharge of deep groundwaters and their connection with shallow groundwater using environmental isotopes in the Nagy-kunság region, Hungary. – *Hydrogeology of Great Sedimentary Basins, Conference of Budapest, May/June 1976. Annales inst. Geol. Publ. Hung. Vol. LIX. Fasc. 1-4 o, 733. Budapest, 1978.*

Erdélyi, M., (1964):

Tracing of the subsurface structure and fault-lines on sedimentary lowlands by using indirect geological methods. – *Acta Geol. Hung. Vol. VIII., No. 1-4, Budapest.*

Erdélyi, M. (1971):

The influence of hydrogeological factors on the quality of subsurface waters. – *Hidrológiai Közlöny 51/1. p.5. Budapest.*

Erdélyi, M. (1972):

Hydrology of deep groundwater (in. G.Kovács-M.Erdélyi-P.Major and K.Korim: Hydrological investigation of subsurface water, pp. 90-158): *International Post-graduate Course on Hydrological Methods for Developing Water Resources Management. Vol. III/1. Research Institute for Water Resources Development. Budapest.*

Erdélyi, M. (1973a):

Hydrodynamics of great sedimentary basins... - *Manuscript. Research Institute for Water Resources Development. Budapest.*

Erdélyi, M. (1973b):

Hydrodynamics of the Hungarian Basin (Preliminary Report). - *Studies on the Material and Energy Flows of the Earth. First Contribution to the Work of International Commission on Geodynamics. Budapest.*

Erdélyi, M. (1973c):

Reconstruction of paleogeography by means of hydrogeologic maps. - *Annales Univ. Sci. Budapest, Sectio Geogr. VIII. p. 31.*

Erdélyi, M. (1974d):

A Magyar Medence hidrodinamikája. *Beszámoló a VITUKI 1973. évi „Tudományos Napok” előadásairól. Budapest.*

Karácsonyi S.-Scheuer Gy. (1970):

A rétegvizek kémiai jellemzése Gyöngyös környékén. - *II. Vízminőségi és Víztechnológiai Kongresszus. Budapest, 1970.*

Kazman, R.G. (1966):

Ignorance and learning. - *Groundwater, Vol. 24, Nr. 2. p.2.*

Kovács Gy. (1960):

A szikesedés és a talajvízháztartás kapcsolata. - *Hidrológiai Közöny 40 (1960): 2.*

Körössy, L. (1968):

Entwicklungsgesch ichtliche und paläographische Grundzüge des ungarischen unterpanons. - *Acta. Geol. Hung. Vol. XII: 1-4. Budapest, 1968.*

Rónai A.-Boczán B. (1961):

Az Alföld talajvíz térképe. M=1:200 000. *M. Áll. Földtani Intézet. Budapest, 1961.*

Rónai, A. (1966):

Subsurface waters in deep Quaternary Basins. – *Acta Geologica Hungarica, Vol. IX. Budapest.*

Scherf E. (1947):

Szénhidrogének és sósvizek felkutatásának lehetősége a Duna-Tisza közén. - *Jelentés a Jövedéki Mélykutatás 1946 évi Sókutató Munkálatairól, Budapest.*

Scherf E. (1948):

A Szabolcs-megye sósvizek (Tiszagyulaháza stb.) geológiai, hidrológiai és kémiai viszonyai. - *Jelentés a Jövedéki Mélykutatás 1947/48. évi Munkálatairól, Budapest.*

Scherf E. (1967):

Mikrotektonikai és hidromorfológiai kapcsolatok az Alföld déli részén és ezeknek gyakorlati jelentősége. – *Hidrológiai Közöny 47:6.*

Schmidt E.R. (1962): (szerk.)

Magyarország Vízföldtani Atlasza. - *Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.*

Sümeghy, J. (1929):

Die geothermischen Gradienten des Alföld. *M. Kir. Földtani Int. Beszámolója 1928-ról. Budapest, 1930.*

Széky-Fux, V.-Szepesi, K. (1962):

The role of loess in alkali soil formation. – *Acta Geol. Hung. Vol. 6. Budapest.*

Tóth, J. (1962):

A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canada. - *Journ. of Geophysical Res. 67.*

Tóth, J. (1963):

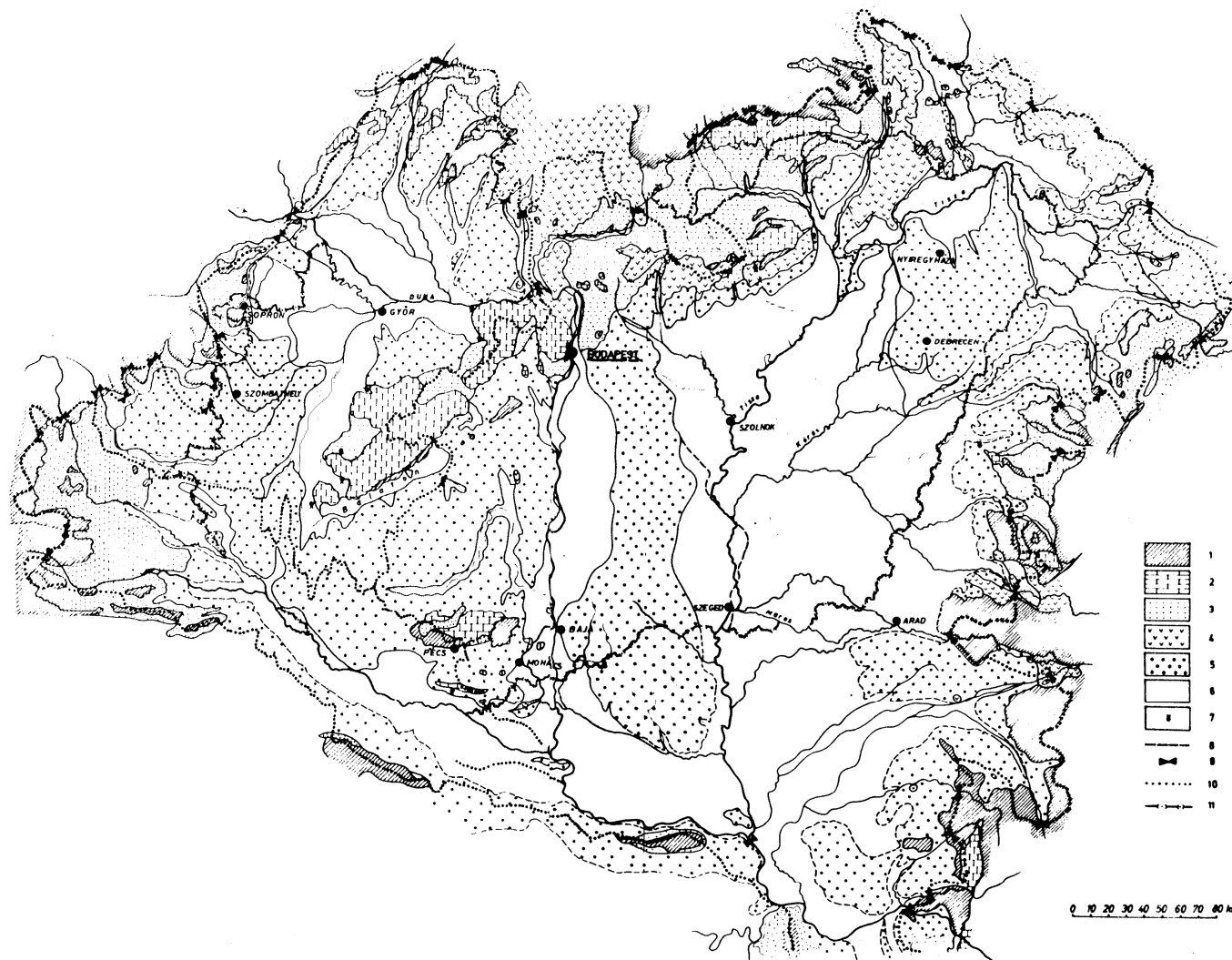
A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. – *Journ. of Geophysical Res. 68.*

Tóth, J. (1970):

Relation between electric analog patterns of groundwater flow and accumulation of hydrocarbons. *Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 7. No. 3. p. 988*

Várallyay, G. (1968):

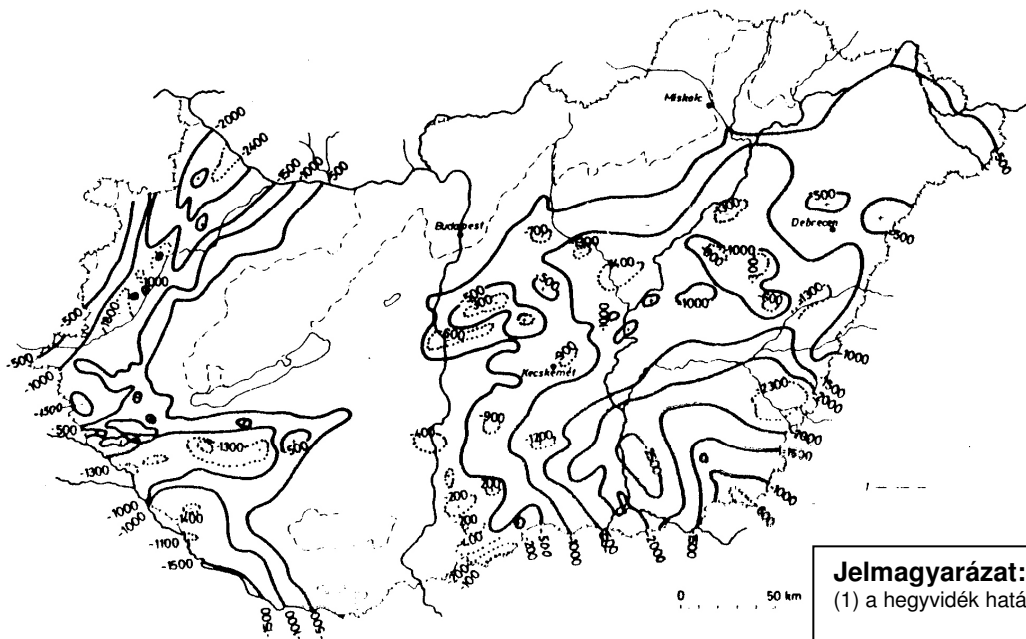
Activity of the Subcommittee in Salt Affected Soils of the International Society of Soil Science. - *Supplementum, Agrokémia és Talajtan 1978. Budapest*



Jelmagyarázat:
 utánpótlódás területei (1-5):
 kristályos kőzetek (paleozoikus), (2)
 karsztosodott kőzetek (mezozoikus mészkő és dolomit), (3)
 eocén, poligocén és miocén üledékes kőzetek, (4)
 neogén vulkánikus kőzetek, (5)
 pliocén és negyedkori üledékek, (6)
 a megcsapolás területei, (7)
 nagyhozamú karsztforrás, (8)
 zéró hidraulikus gradiens a felszínalatti 400-800 m-ben, (9)
 vízzáró kőzetű völgszűkület, (10)
 a Magyar Medence belső vízváltatója, (11)
 országhatár

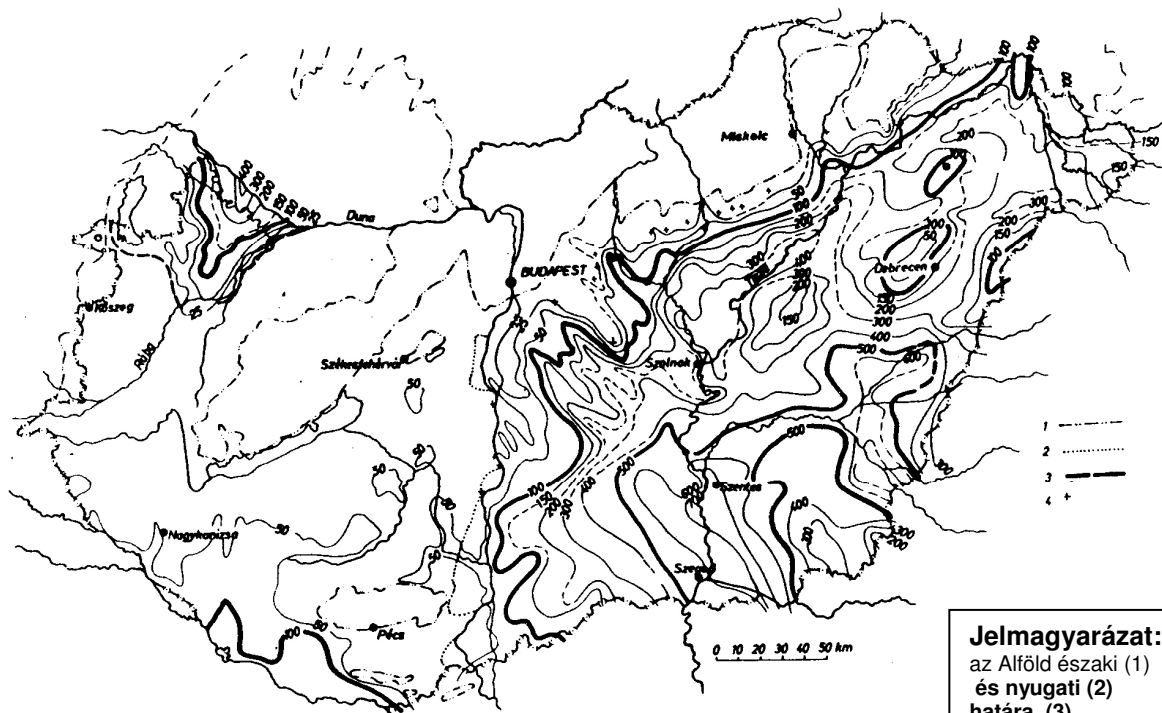
1. ábra

A Magyar medence hidrodinamijai és hidrogeológiai térképe (Erdélyi M. 1972a, átdolgozás 1976)



2. ábra

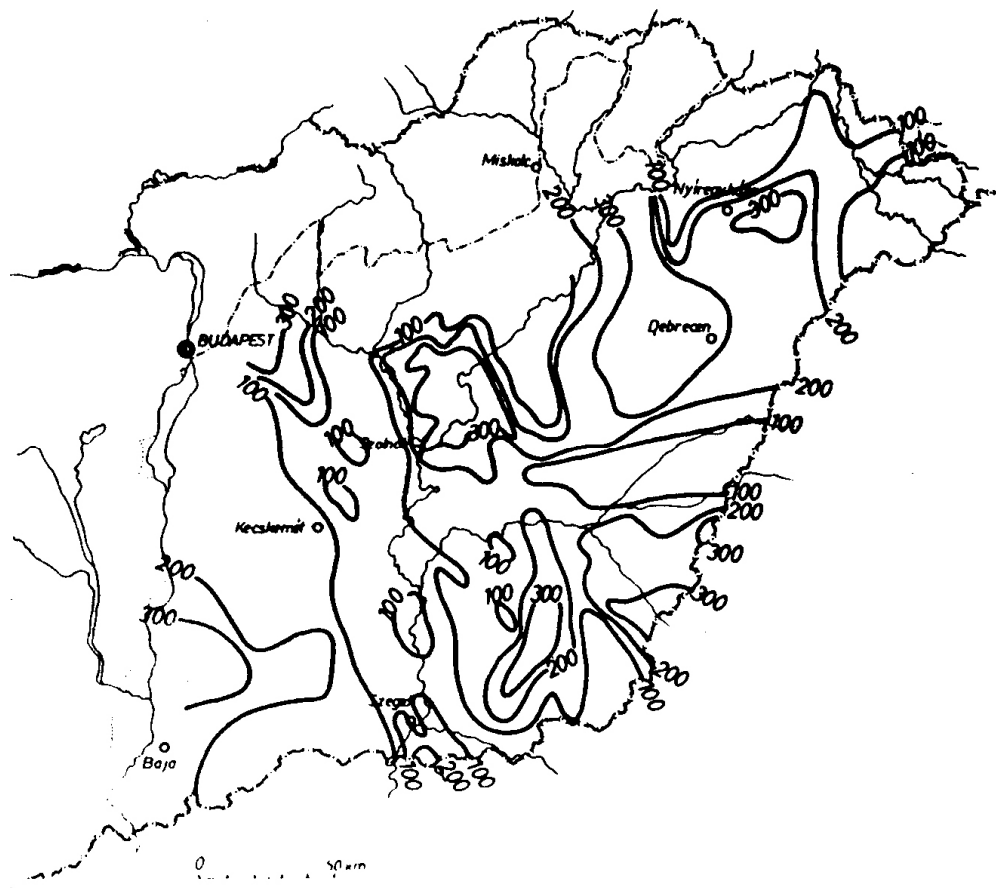
A Magyar Medence áramlási rendszerének fekvélszíne a tengerszinthez képest a törmelékes kőzetek területén (Kőrössy L. 1971, átdolgozva 1978)



3. ábra

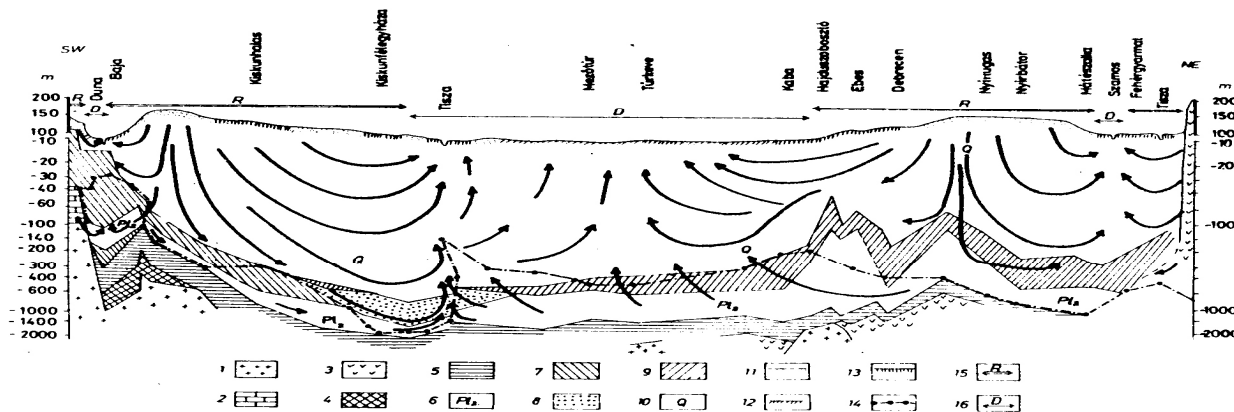
A negyedkori jellegű üledéksor vastagsági térképe (Erdélyi M. 1973c)

Jelmagyarázat:
 az Alföld északi (1)
 és nyugati (2)
 határa, (3)
 a Kisalföld központi
 süllyedékének határa, (4)
 a hegyvidéktől legtovábbi
 pliocén feltárások az Alföld
 medencéjében



4. ábra

A hévizes formáció vízzáró fedőjének vastagsága az Alföldön.

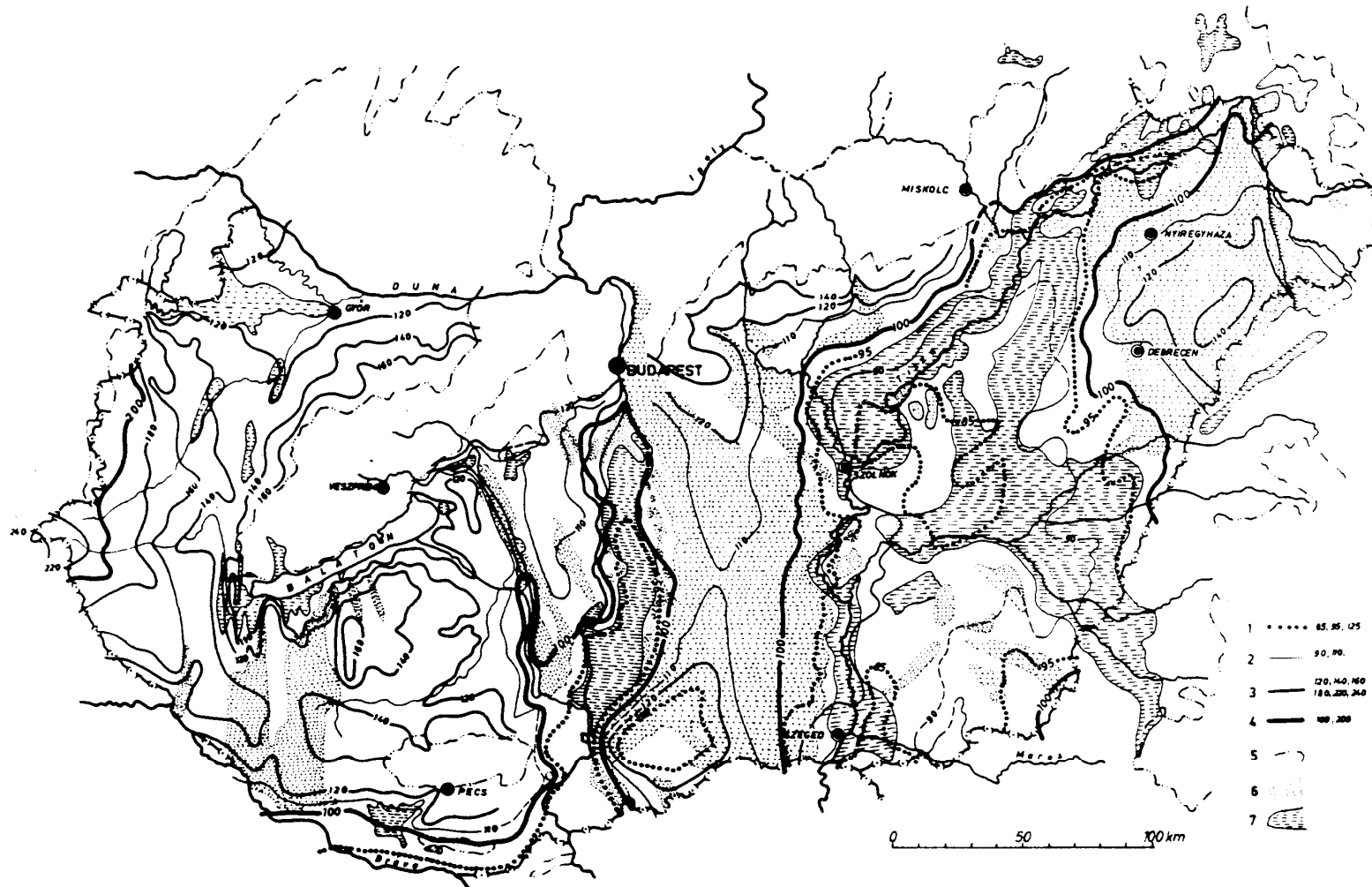


Jelmagyarázat:

kőzettani és rétegtani tagolás: (1) kristályos alaphegység, (2) mezozoikus mészkő, (3) miocén vulkánikus kőzet, (4) miocén üledékes kőzet, (5) vízzáró vagy gyengén átteresztő alsó pannóniai üledékes kőzet, (6) vízvezető felső pannóniai üledékes kőzet, (7) vízzáró vagy gyengén átteresztő felső pannóniai üledékes kőzet, (8) igen jó vízvezető felső pliocén üledékes kőzet, (9) a pliocén összlet vízzáró vagy gyengén átteresztő fedő tagja, (10) negyedkori üledékes kőzet felszíni kőzet és talaj: (11) futóhomok és löszös homok, (12) vízzáró talaj, (13) mérsékelten átteresztő talaj, (14) az édesvíz és sós víz határa, (15) utánpótlódás területe, (16) megcsapolás területe

5. ábra

Az Alföld felszín alatti áramlási rendszerének elvi szelvénye (Erdélyi 1972, átdolgozás 1977)

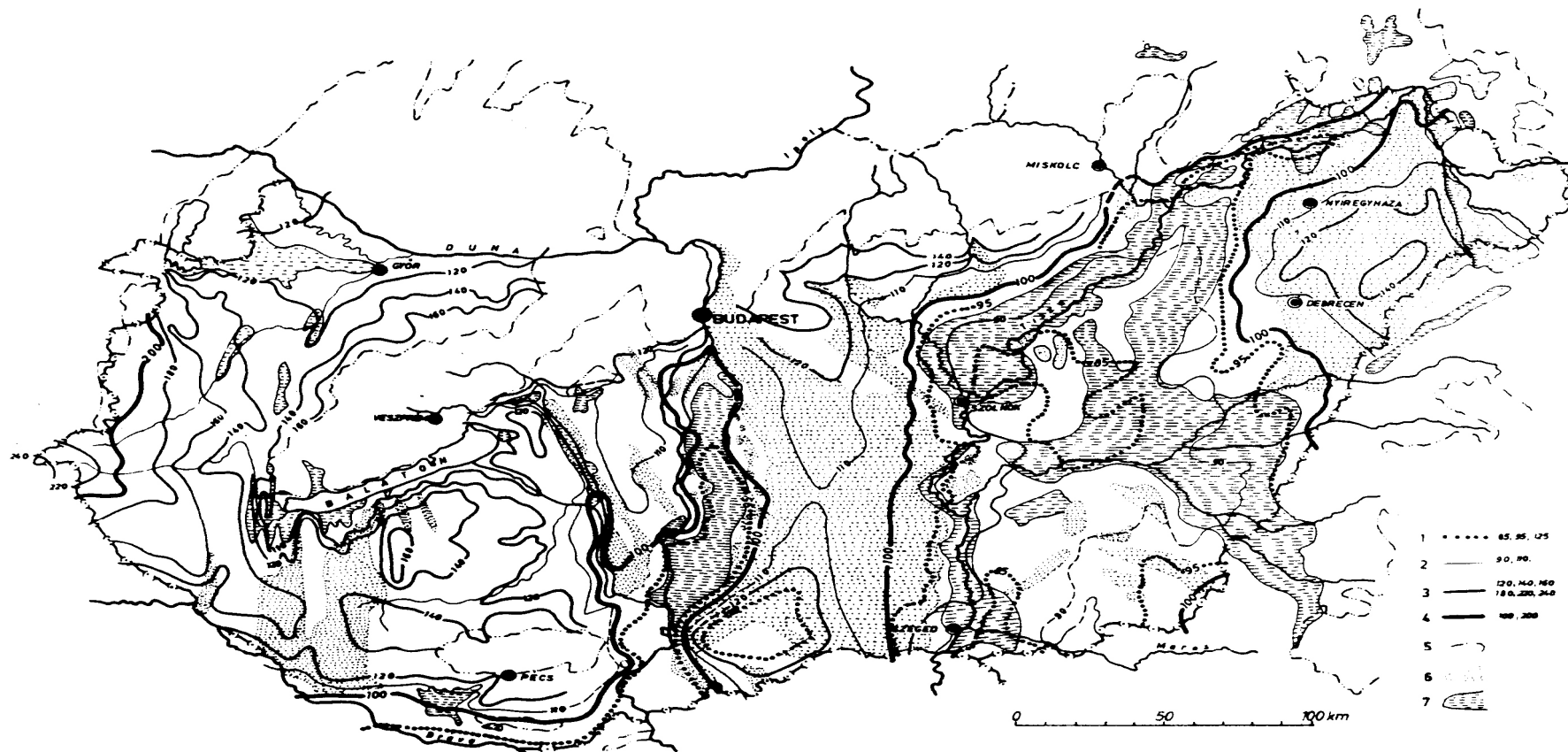


6 ábra

A felszín alatti 100-300 m-ben levő üledékes kőzetek vizének nyomásszintje a tengerszinthez képest (Erdélyi M. 1972)

Jelmagyarázat:

(1-4) nyomási szintvonalak, (5) a hegyvidék határa, (6) igen jó vízáteresztő felszín (futóhomok, löszös homok és homokos lösz a terület, több mint 85 %-án), (7) lefolyástalan vagy rossz lefolyású terület

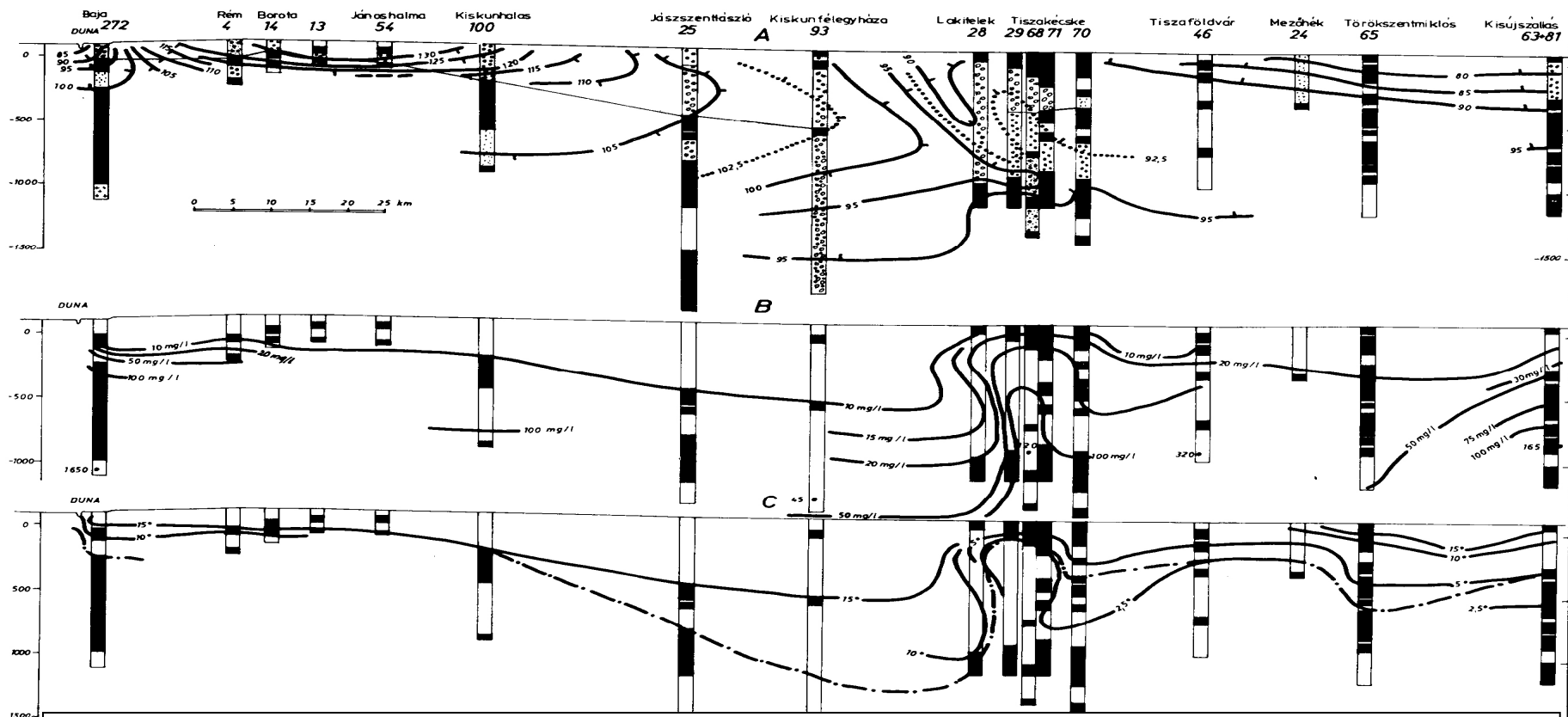


Jelmagyarázat:

- A. potenciál eloszlás és lithológia: (1) a község neve és a fúrt kút kataszteri sorszáma, (2) ekvipotenciál vonalak a tengerszint felett, (3) a kút szűrőzött szakaszának közepe, (4) a negyedkori jellegű üledéksor fekvésének felszíne, (5) kristályos alaphegység, (6) mezozoikus mészkő és dolomit, (7) főleg miocén vulkánikus kőzetek, (8) a fúrászelvény homokos szakasza nem számított homok %-kal, (9) vízzáró vagy gyengén átteresztő kőzet, (10) a fúrás szelvény szakaszának homok %-a,
- B. a víz kloridtartalma mg/l-ben
- C. a víz összes keménysége német keménységi fokban: (1) sós és édesvíz határa

6. ábra

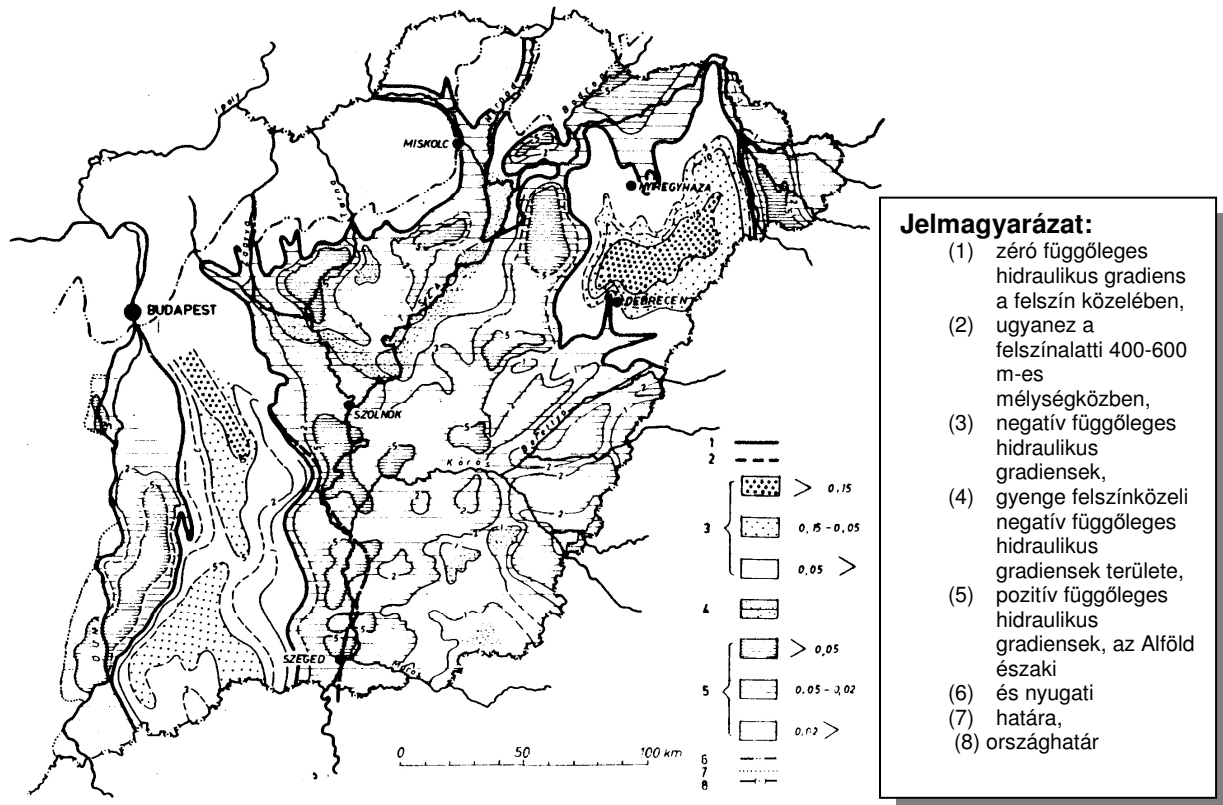
A felszín alatti 150-300 m-ben levő üledékes kőzetek vízének nyomásszintje a tengerszinthez képest (Erdélyi M., 1972)



Jelmagyarázat:

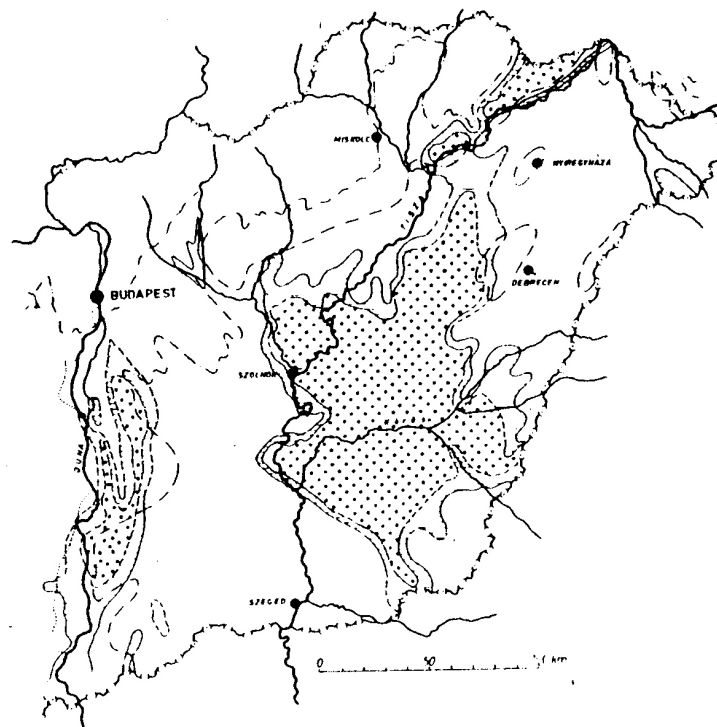
- D. potenciál eloszlás és lithológia: (1) a község neve és a fúrott kút kataszteri sorszáma, (2) ekvipotenciál vonalak a tengerszint felett, (3) a kút szűrőzött szakaszának közepe, (4) a negyedkori jellegű üledéksor fekvésének felszíne, (5) kristályos alaphegység, (6) mezozoikus mészkő és dolomit, (7) főleg miocén vulkánikus kőzetek, (8) a fúrászelvény homokos szakasza nem számított homok %-kal, (9) vízzáró vagy gyengén átteresztő kőzet, (10) a fúrás szelvény szakaszának homok %-a,
- E. a víz kloridtartalma mg/l-ben
- F. a víz összes keménysége német keménységi fokban: (1) sós és édesvíz határa

7. ábra
 Hidrodinamikai-vízkémiai szelvény



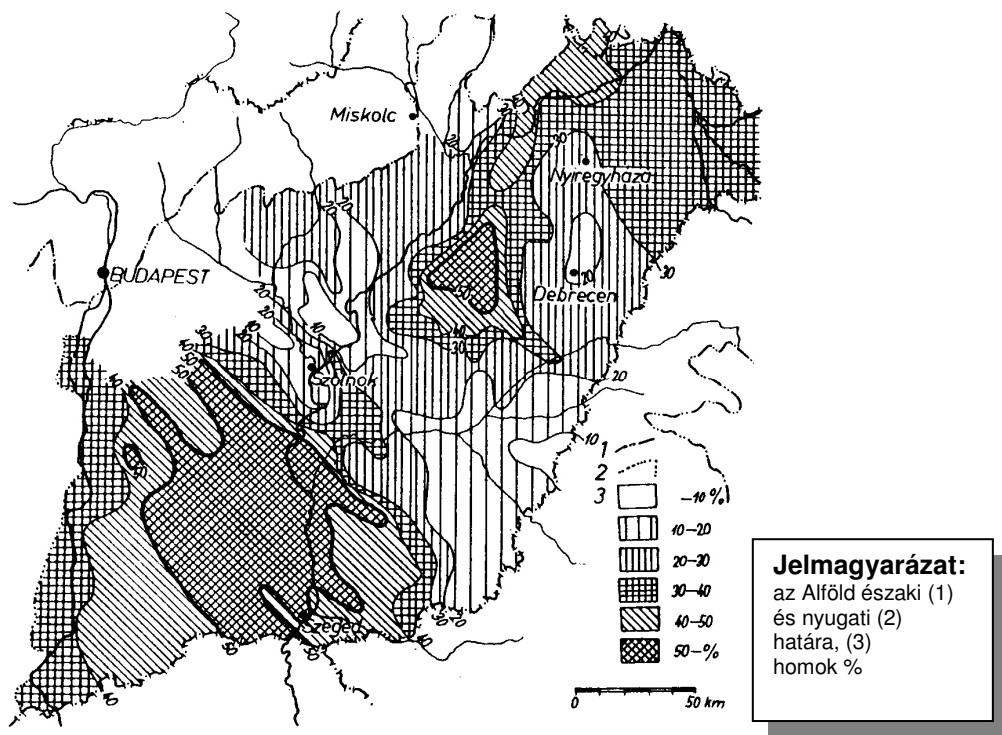
8. ábra

A 100-400 m mélységű alföldi vízadókra vonatkozó függőleges hidraulikus gradiens térképe (Erdélyi M. 1975)



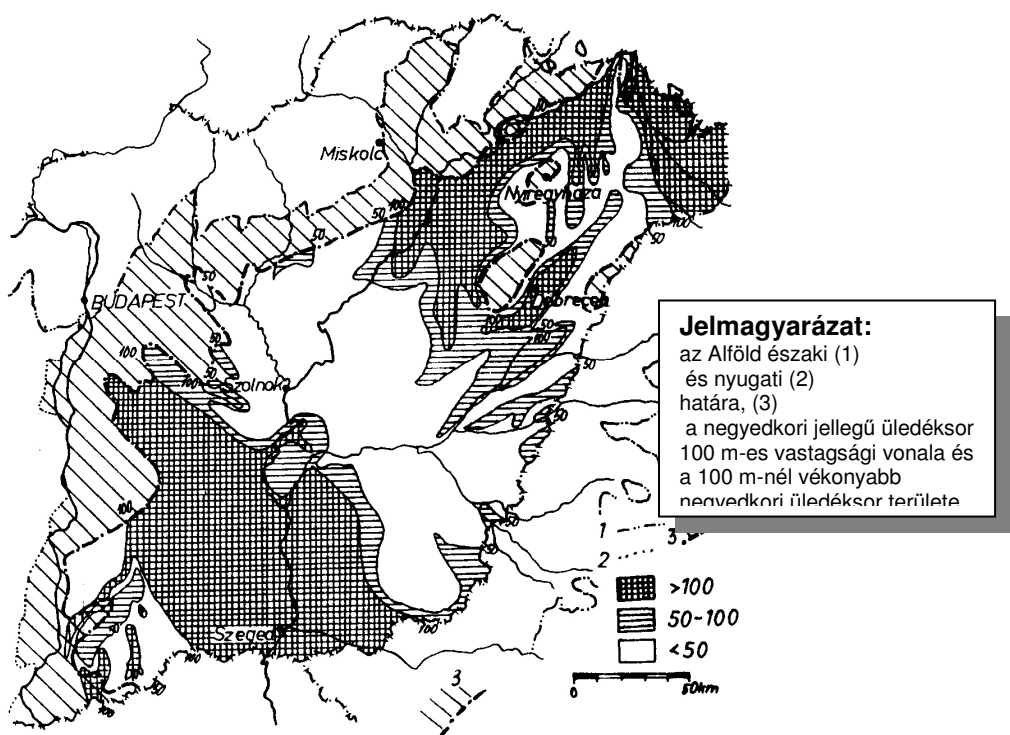
9. ábra

Az Alföldön a 150-300 m-es mélységközben feltárt rétegvíz összes oldott sótartalma mg/l-ben (Erdélyi M., 1972)



10. ábra

Az alföldi édesvízet tartalmazó üledéksor homok %-a (Erdély M., 1972)



11. ábra

Az alföldi negyedkori üledéksor alsó feléből termelő kutak fajlagos hozama (1 m leszívással termelt vízmennyiség, l/min) (Erdélyi M., 1972)