

ENERGIASZINT VÁLTOZÁSOK AZ ÉK-ALFÖLD FŐ VÍZADÓ RÉTEGEIBEN

MARTON Lajos

lamarton@invitel.hu

1. BEVEZETÉS

A Magyar Alföld rétegzett pleisztocén és felsőpannon üledékei hatalmas mennyiségű édesvíz készleteket tárolnak. Ezek stratégiai jellegű készletek, melyek az Alföld ásványi kincsét képezik. Mivel az emberiség a 21. századba a világ vízválsága felismerésével érkezett, ezek a készletek egyre jobban felértékelődnek.

A elmúlt 50 évben jelentős új tudományos ismeretek születtek a hidrogeológiában, melyek közül az egyik a regionális léptékű áramlási rendszerek új szemléletű elmélete. Míg a 20. század első felében a vízadó rétegbe mélyített kút hidraulikájának kidolgozása állt a kutatók érdeklődésének középpontjában, úgy is mondjuk, hogy a korszak a kúthidraulika aranykora volt, a század 60-as éveitől a medence méretű hidrológiai egység és annak áramlási rendszere került a figyelem homlokterébe. Mivel az üledékes medencék mindig rétegzettek, ebből következik, hogy a *többrétegű medence* (multi-aquifer basin) lett a kutatások fő területe.

A vízadó rétegeket határoló, azokat közrefogó iszap és agyag rétegek sohasem teljesen vízzáró, hanem bizonyos mértékig átteresztő (aquitard) képződmények, miközben jelentős vízmennyiséget is tárolnak. A növekvő vízigények kielégítésére mindenütt nagyszámú kút együttes és hosszú ideig tartó üzemelése vált általánossá. Mindez szükségessé tette az *átszivárgó vízadó rendszer* (leaky aquifer system) elméletének kidolgozását. A múlt század második felében tipikussá vált a hosszú ideig (nem csupán évekig, hanem évtizedekig) tartó nagymértékű vízkivétel az üzemelő vízművek kútjaiból, s ezért az „idő” tényezőt nem csak a tranzien állapot paramétereként, hanem a vízkivétel tartósságát mutató jellemzőként is tekintjük.

Mindezek eredményeként mai ismereteink lényegesen meghaladják az ötven évvel ezelőtti mérnöki szemléletet az agyagrétegek vízzárósága tekintetében. Ezeket az ismereteket a felerősödött emberi tevékenység hatásának tanulmányozása során szereztük.

Tanulmányunk tárgya az emberi beavatkozás következményeinek vizsgálata a felszín alatti rétegzett vízadó rendszerek természetes állapota megváltozásának folyamatában. Emberi beavatkozásnak e helyen a hosszú ideig tartó folyamatos és nagymértékű, regionális hidraulikai hatású vízkitermelés folyamatát tekintjük. Ez az általános meghatározás több olyan fogalmat tartalmaz, amelyet valamilyen módon pontosítani szükséges. A tapasztalatok alapján az alábbi fogalmi definíciókat alkalmazzuk. „Hosszú idő” alatt legalább az egy vagy több évtizedig tartó üzemelést értjük, a „nagymértékű” vízkitermelést pedig úgy definiálhatjuk, mint olyan mértéket, amely képes változásokat indukálni nem csak az adott rétegben, hanem átszivárgás folytán a felszínközeli vagy a felszíni vizek állapotában is. A „regionális hidraulikai hatás” alatt azt értjük, hogy a tartós vízkitermelés több tíz kilométer (az ÉK-Alföldön 30-40 km-ig terjedő) távolságban is potenciálváltozásokat eredményez, amelyek az

áramlási rendszer elemeinek módosulásához vezetnek. Ezeket a hatásokat sohasem egyetlen, de még nem is néhány, hanem nagyszámú kút, területileg is kiterjedt telepítésű kút-rendszer szivattyúzása váltja ki.

2. A RÉTEGVÍZTERMELÉS PROBLÉMÁI NEMZETKÖZI KITEKINTÉSBEN

A vízáadó rétegek (aquiferek mint vízbázisok) túltermelése, túlszivattyúzása napjainkra közismert fogalommá vált, mivel egyre több helyen találkozunk annak következményeivel. A túltermelést úgy lehet definiálni, mint azt a helyzetet, amelyben az átlagos vízkivétel mértéke tartósan meghaladja az átlagos utánpótlódás mértékét (Custodio 2002). A túlzott igénybevételnek általában olyan negatív következményei vannak, mint a folyamatos potenciometrikus szintcsökkenés, fokozódó vízminőségromlás, a kitermelési költségek növekedése, és ökológiai károsodások jelentkezése.

Az 1920-as években az USA-ban megfogalmazott és az 1950-es évek közepéig, a törvényhozásban az 1970-es évek végéig alkalmazott „biztonságos hozam” (safe yield) koncepció alkalmazásának idején nem vették figyelembe a más vízáadókkal való kapcsolatot és kölcsönhatást, valamint a környezeti hatásokat. Ez több váratlan következménnyel járt, úgymint folyók, források és vizes élőhelyek kiszáradása, ökoszisztémák károsodása és a felszín alatti vizek szennyeződése. Ezek a hatások a világ számos helyén felléptek.

Az 1980-as években megszületett fogalom, a „fenntarthatóság” (sustainability) koncepciója új szemléletet hozott a hidrogeológiába. A *vízkészletek fenntartható használata* nem csak a készletek túlhasználatának elkerülését, hanem a természeti környezet védelmének követelményét is jelenti, beleértve a vízfolyások alaphozamának biztosítását, a parti növényzet, a vízi ökoszisztéma és a vizes élőhelyek védelmét (Sophocleous 2005). A vízkészletek fenntartható használatának koncepciója azt fejezi ki, hogy biztosítjuk a társadalom vízigényének megbízható kielégítését, és gondoskodunk a készletek hosszú időtartamú megőrzéséről a következő generációk számára. Ennek a feladatnak több komponense van: a felszíni és felszín alatti vizek koordinált használata oly módon, hogy az utóbbiak tartalékoljanak többlet-vízkészletet bővizű időszakban, és tárolóként működjenek száraz periódusokban.

Kalf és Woolley (2005) szerint a „fenntartható termelés” fogalom sem oldotta meg igazán a problémát, ezért sürgetik annak felülvizsgálatát. Kifogásolják, hogy a definíció és a koncepció kétértelmű, nem fizikai alapokon nyugszik, és így nem alkalmas kvantitatív meghatározásra. Néhány esetben fel kell ismerni, hogy a vízkészlet nem megújuló, ezért használata nem lehet fenntartható.

3. A RÉTEGVIZEK FELTÁRÁSA MAGYARORSZÁGON

Magyarországon a rétegvíz és karsztvíz hidrogeológiai kutatása a 19. század második felében, a fűrástechnológia fejlődésével indult meg, döntően vízellátási céllal. A folyamatot sürgette az a tény, hogy az orvostudomány már akkor a közegészségügyi problémákra irányította a szakemberek figyelmét. A lakosság jó minőségű ivóvízhez juttatása egyre inkább központi kérdéssé vált. Az erőteljes gazdasági fejlődés

eredményeként, elsősorban a lakosság egészséges ivóvízzel való ellátása érdekében, gyors fejlődésnek indult a felszín alatti vizek kutatása.

Az 1870-es évekre végbement az a technikai fejlődés, és kialakultak azok a mérnöki ismeretek, amelyek alapján jelentős eredmények születtek a kútfúrás és vízellátás területén. Hazánkban *Zsigmondy Vilmos* és unokaöccse, *Zsigmondy Béla* bányamérnökök nevéhez fűződnek az első igazi nagy és látványos sikerek a felszín alatti vizek fúrásokkal történő feltárásában, és az alföldi városok vízellátásának megoldásában.

Az Alföldön az első kifolyó vizet adó kutat 1878-79-ben, Püspökladányban fúrta *Zsigmondy Béla* a Magyar Államvasutak (MÁV) részére. Ez a fúrás jelentős mérföldkő az Alföld hidrogeológiai viszonyainak megismerésében. Az igazi átütő sikert a Hódmezővásárhelyen 1880-ban, illetőleg 1884-ben átadott két, lakossági használatra szánt artézi kút hozta. Ezt követően rohamos gyorsasággal nőtt a kutak száma. 1900-ban már 2400 artézi kutunk van, s ezeknek túlnyomó része az Alföldön.

A nagyszámú vízáadó kút fúrásával párhuzamosan kezdték felismerni a rétegvizekkel való gazdálkodás fontosságát. Lóczy Lajos már 1886-ban az artézi kutak korlátlan fúrását megszüntetve kívánt takarékoskodni az Alföld alatt raktározott vízzel. A rétegvizekkel való gazdálkodás azonban késett, elsősorban azért, mert azok eredete sokáig tisztázatlan volt (Magyarország a XX. században. Babits Kiadó, Szekszárd, 1996-2000).

A 20. sz. első felében tovább nőtt a vízellátás céljait szolgáló kutak száma, folytatódott a kutatás, az 1940-es évek elején már kb. 24000 artézi kutat tartottak nyilván. A vízkészletek védelme azonban akkor még nem állt a hidrológiai szemlélet középpontjában, a víz még nem szerepelt az ásványi kincsek védendő készletei között. *Nagymértékű vízpazarlás folyt, főleg a szabad kifolyású alföldi pozitív artézi kutakból. Az Alföld artézi rétegvíz készletének utánpótlódási kérdései még tisztázatlanok voltak.*

A második világháború végkimenetele az országot gazdasági mélypontra juttatta. A háborút követően a politikai, társadalmi és gazdasági változások egész sora következett be, teljesen új korszak kezdődött, amely nem volt mentes a megrázkódtatásoktól. A 6060/1948-as rendelettel a vizek köztulajdonba kerültek és valamennyi vízügyi-vízgazdálkodási feladatot államivá nyilvánították, a vízügyi tevékenységet is központi irányítás alá helyezték és új szervezeti rendszert hoztak létre.

A legnagyobb változást az új politikai rendszer, az úgynevezett szocialista tervgazdálkodásra való áttérés jelentette. A nagy ütemű és vízigenyes ipari fejlesztés szükségessé tette az ország vízkészleteinek mindaddig hiányzó felmérését. Világossá vált, hogy *a víz az ország egyik legfontosabb természeti kincse*. Központi kérdéssé vált a fejlesztéshez szükséges vízkészletek feltárása

Az alföldi *vízellátást* szolgáló kutak építése felgyorsult a század második felében, a technológia gyorsan fejlődött, a nagyszámú fúrás pedig jelentősen bővítette a geológiai és hidrológiai ismereteket, a gazdasági haszon mellett felbecsülhetetlen értékű adatmennyiséget szolgáltatott a tudományos munkához. Az 50-es és 60-as években Magyarországot a nemzetközi tudományos világban "*hidrológiai nagyhatalom*"-ként tartották számon. 1980-ban az országban 58000 kutat tartottak nyilván, ebből 43000 volt az Alföldön. A szolgáltatott ivóvízért beszedett vízdíj évtizedeken át alacsonyabb

volt, mint a valóságos termelési költség. A vízdíjakon lévő jelentős állami támogatás nem ösztönzött a vízzel való takarékosagra, ami a felszín alatti vízkincs további pazarlásához vezetett.

4. A POTENCIOMETRIKUS SZINTEK SÜLLYEDÉSE A 20. SZÁZAD MÁSODIK FELÉBEN

Az 1970-es évektől kezdődően rendszeresen jelentek meg publikációk az alföldi rétegvizek energiaszintjeinek (potenciometrikus szintjeinek) csökkenéséről. Nagyobb alföldi városainkban a kútcsoportos vízművek üzemeltetése az 1970-es évek közepére jelentős mélységű és kiterjedésű depressziós tölcsérek kialakulását eredményezte. Debrecenben a maximális depresszió ebben az időben 24 m, a kimutatható depressziós hatósugár 20 km volt, Szegeden 8 m ill. 10 km, Békéscsabán 8 m ill. 7 km (Székely 1976). Szentesen az energiaszint csökkenés 4,5 m, Gyulán több mint 4,0 m, Békésen 3,0 m volt. Hasonló folyamat zajlott le minden nagyobb településen, így pl. Makón, Mezőberényben, Dévaványán, Szeghalmon, Sarkadon, Szarvason és sok más helyen, ahol kimutatható volt az egy métert meghaladó szint- csökkenés (Rakonczai 1977).

Debrecenben a leggyorsabb süllyedést az I-es vízműnél tapasztalták, és már elég korán, mert 1952 és 1966 között évi 1,2 méteres csökkenést mértek, amely 1980-ra összesítve elérte a 28 métert. A II-es vízműnél az első kutak 1952. évi megnyitáskor 16-17 m mély nyugalmi szinteket találtak, amit az akkor már működő I-es vízmű mélyebb térszíni települése és ebből eredő leszívó hatása határozott meg. A potenciometrikus szintek látványos és feltűnő mértékű gyors süllyedése viszonylag korán felkelte a szakemberek figyelmét. A jelenség a regionális áramlási rendszerben az áramkép gyökeres megváltozását jelezte. Ezért 1976-ban üzembe helyezték a Keleti Főcsatorna tisztított vizét hasznosító felszíni vízművet. A vízigények azonban tovább nőttek, a rétegvíz-termelés fokozódott, s az 1980-as évek közepén a nyugalmi potenciometrikus szintek a II-es vízmű területén már 42-44 méter mélyen álltak. A regionális kiterjedésű rétegben ez hatalmas méretű depressziós tölcsért alakított ki, amely ÉK irányban Nyírgelse településig, 35 km távolsáig volt észlelhető, és elérte a vízválasztót (Marton 2000). A IV-es vízmű termelése hasonló változásokat okozott, a depresszió K és DK felé is kihatott, és a korábbi áramlási viszonyokat megváltoztatva, DK felől is Debrecen felé irányította az áramlást.

4.1. A probléma elvi bemutatása konkrét példával

Az ÉK-Alföld rétegzett vízadó rendszerének szerkezetét, és az energiaszintek változását a következő példával szemléltetjük. Egy több mint harminc évvel ezelőtt készült jelentés alapján egy, a vizsgált területen készített tudományos célú alapfúrás (VF-4) és a mellette létesített figyelőkutak hidraulikai jellemzőit ismertetjük. Az adatokat a „*VITUKI 1976. évi országos rétegvízészlelései*” c. kéziratból vettük (Székely és tsai 1976).

VF-4 jelű rétegvízfigyelő kutak, Mikepércs

Az Országos Vízügyi Hivatal (OVH) építető megbízásából 1971-ben Mikepércsen

olyan rétegvízfigyelő kútsoport létesült, amelynek célja a pleisztocén üledékek kifejlődésének, helyzetének tisztázása volt, különös tekintettel az ún. „vízműves réteg” paramétereire.

1971. tavaszán Brukner Kálmán főmérnök irányításával 258,6 m mélységű alapfúrás készült, folytonos magminta vételezéssel. A kút neve VF-4/A. Az alapfúrás feltárta, hogy a debreceni vízműves réteg e területen is jó kifejlődésben jelen van. A magfúrás alapján pontos rétegsori leírás készült (Mikepércs VF-4/A jelű kút hidrogeológiai naplója, 1972), amelynek rétegcsoportokba tömörített (rövidített) változata az alábbi:

0,0 – 0,6 m	(0,6 m)	feltalaj
0,6 – 14,0 m	(13,4 m)	homok, iszapos homok
14,0 – 27,4 m	(13,4 m)	homokliszt, iszapos homokliszt
27,4 – 31,0 m	(3,6 m)	agyag, sötétszürke
31,0 – 42,0 m	(11,0 m)	homokliszt, iszapos homokliszt
42,0 – 46,0 m	(4,0 m)	agyag, kékesszürke
46,0 – 54,0 m	(8,0 m)	homokliszt, iszapos homokliszt, iszap
54,0 – 98,0 m	(44,0 m)	agyag, iszapos homokliszt rétegekkel
98,0 – 108,2 m	(10,2 m)	agyag, sárgásszürke, erősen kötött, kövér
108,2 – 110,5 m	(2,3 m)	homok
110,5 – 123,4 m	(12,9 m)	agyag, iszapos homokliszt rétegekkel
123,4 – 125,5 m	(2,1 m)	homok, sárga, 0,2 mm
125,5 – 164,2 m	(38,7 m)	agyag, iszapos homokliszt csíkokkal
164,2 – 178,3 m	(14,1 m)	homok, szürke, 0,16 - 0,40 mm
178,3 – 181,3 m	(3,0 m)	agyag
181,3 – 186,2 m	(4,9 m)	homok, szürke, 0,14 - 0,36 mm
186,2 – 191,0 m	(4,8 m)	agyag, homokcsíkokkal
191,0 – 217,5 m	(26,5 m)	homok, szürke, 0,2-1,5 mm (fő vízadó)
217,5 – 243,8 m	(26,3 m)	agyag, iszap csíkokkal
243,8 – 256,4 m	(12,6 m)	iszapos homokliszt, homokliszt
256,4 – 258,6 m	(2,2 m)	agyag, szürke, kövér

Fenti rétegsor jól mutatja a folyók által lerakott alföldi üledékek változékonyságát és rétegződését, pedig ez már egy egyszerűsített leírás, ahol egy rétegbe vontunk be rétegcsíkokkal tarkított képződményeket.

A VF-4/A jelű kutat 244 -249 m között szűrőzték, nyugalmi vízszintje -8,30 m, fajlagos vízhozama $q = 4,5$ l/p/m volt. Ezt további három rétegvízfigyelő kút építése követte, egymástól néhány méterre telepítve. A kútsoport minden tagja teljes szelvényű fúrással készült.

A VF-4/B jelű kútban a vízműves réteget 182-215 m között szűrőzték. A homok szürke, laza, közép- és durvaszemcsésű (0,2-1,5 mm), jó vízadó képességű. A nyugalmi szint a térszín alatt -8,24 m volt, lényegében azonos a VF-4/a kút rétegvízszintjével. Fajlagos vízhozama igen nagy, $q = 297$ l/p/m volt. Ez képezi a térség fő vízadó rétegét.

A VF-4/C jelű fúrást erősen kötött kövér agyagrétegre szűrőzték 98,0-103,0 m

között, amelyben a vízszint mélysége $-73,55$ m-től (1971.03.09) három hónap alatt $-40,3$ m-ig (1971.06.03) emelkedett.

A VF-4/D jelű fúrást a felsőpleisztocén finomszemcsés gyenge vízadó képességű összletre két szakaszban, $32,3-36,0$ és $45,2-53,7$ m között szűrőzve képezték ki. A nyugalmi vízszint a térszín alatt $-0,4$ m-en állt be. Ez azt mutatja, hogy 1971-ben már közel 8 méteres különbség volt a felsőpleisztocén vízadó és a vízműves réteg potenciometrikus szintje között. A vertikális áramlási irányok tekintetében ez a terület eredetileg semleges, zéró gradiensű zónának számított. Mivel a debreceni víztermelés már a század elején, az intenzív vízkivétel pedig az 1950-es évektől kezdődött, a Debrecen város vízműveinek déli peremétől 12 km-re D-re fekvő kútsoport az építéstől kezdődően annak depressziós áramterébe került, attól kezdve egyre inkább annak hatása alatt állt.

A VF-4 rétegvízfigyelő kútsoport potenciometrikus szintjeinek időbeli változását a havonta mért adatokból számított éves középvízszint (KÖV) megadásával az 1. táblázatban szemléltetjük.

Év	4/A		4/B		4/D	
	m	mBf	m	mBf	m	mBf
1971	-8,3	93,8	-8,2	93,5	-0,4	101,2
1976	-13,9	88,2	-13,8	87,9	-1,4	100,2
1986	-16,3	85,5	-17,4	84,3	-0,5	101,1
1990	-18,2	83,9	-19,5	82,2	-2,6	98,0
1998	–	–	-17,3	84,4	–	–

1. Táblázat A potenciometrikus szintek változása a VF-4 jelű kútsoportnál

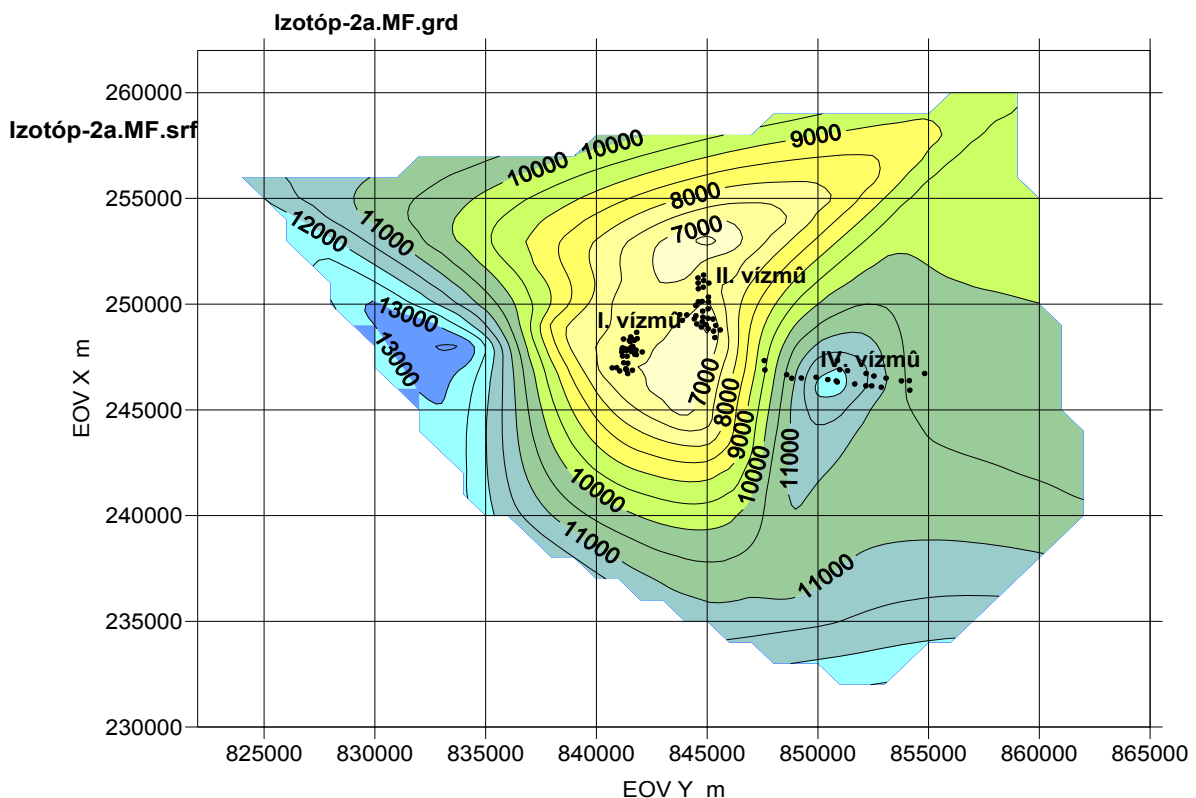
A fő vízadó ún. „vízműves” réteg (4/B) és az alatta települt felsőpannonnak nevezett összlet (4/A) potenciometrikus szintje közelítőleg együtt mozog, pedig közöttük egy $26,3$ m vastag agyagréteg települt. Ezt a jelenséget regionálisan mindenütt tapasztaltuk. (Megjegyzés: ezen a helyen a vízműves réteg is a felsőpannonba tartozó minősítést kapta.) A két évtizedes periódus (1971-1990) alatt a 4/B kútban a süllyedés $s_B = 11,3$ m, a 4/A kútban pedig $s_A = 9,9$ m. (1990 után csökkentek a régió vízkivételei, ezért emelkedett a vízszint, így 1998 és 1971 között a süllyedés a 4/B kútban $9,1$ m). Ha figyelembe vesszük, hogy az előbbi a víztermelő réteg, a különbség hidraulikailag indokolt.

A 4/B és 4/A kútban az energiaszint változások párhuzamossága fontos jelenség, mivel azt mutatja meg, hogy az Alföldnek ezen a szakaszán a félig vízzáró (aquitard) közbetelepüléssel elválasztott rétegvizek azonos áramlási rendszerhez tartoznak.

Átszivárgás a rétegek között

A tapasztalatok megmutatták, hogy egy adott réteg tartós, hosszú idejű szivattyúzása során nem csak a szűrőzött rétegből származik a víz, hanem a szomszédos (esetünkben a felette települt) rétegek is hozzájárulnak ahhoz az átszivárgás folytán. Ezt a jelenséget különösen jól lehetett látni a Debrecen I. és II. vízműveknél, ahol több

évtizedes víztermelés alakította az átszivárgás hidraulikáját. A jelenséget a terület rétegvizei ^{14}C -koncentrációinak és az azokból számítható vízkorok helyi változásának bemutatásával az 1. ábrán szemléltetjük. A vizek radiokarbon korát (év) a ^{14}C -koncentrációkból az Ingerson-Pearson modellel számítottuk. (A mért radiokarbon koncentrációk adatai részletesen megtalálhatók: Marton 2009, p. 388). Az itt közölt ábrán látható, hogy az I. és II. vízművek területén a kb. 150-180 m mélység között települt alsópleisztocén vízadó („vízműves réteg”) vize sokkal fiatalabb – 6000-7000 éves – mint a távolabbi területek vizei. A IV. vízmű vízadó rétege mélyebben fekszik, mint az előbbieké, védettebb és rövidebb az üzemideje. A víz „megfiatalodása” az I. és II. vízműnél annak a következménye, hogy a hosszú ideig tartó nagymértékű víztermelés hatására átszivárgás történik a fő vízadó feletti, fiatalabb vizeket tartalmazó rétegekből. Az átszivárgás mértéke jelentős, az izotóp-adatokból számíthatóan a víztermelés fele a felső rétegekből származik, s a szivattyúzás depressziós tölcésére a felszínig kihat, a talajvizet is lesüllyesztve (Marton-Szanyi 2000 és Marton 2009, p. 392). Az átszivárgás mértékét hidraulikai alapon is meghatároztuk, és ugyancsak azt kaptuk, hogy esetükben a kitermelt víz 50%-a laterálisan a szivattyúzott rétegből, a másik 50% a felső rétegekből való átszivárgásból származik (Marton 2009 p. 385). Ez azt mutatja, hogy a Debrecen I. és II. vízmű erősen túlszivattyúzott állapotban van.



1. ábra. A fő vízadó réteg vizének kora (év) a Debrecen I. és II. vízművek környezetében.

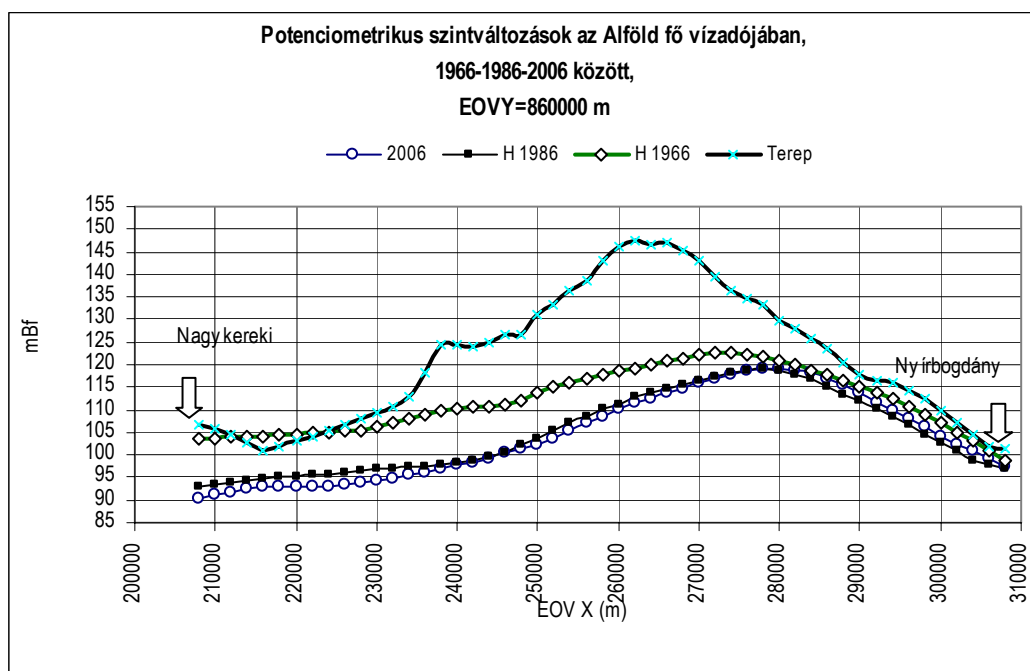
Az átszivárgási mutató viszonylag magas mértéke csak a kívülállónak lehet meglepő, mivel elméletileg ennél nagyobb mértékű is lehet. Neuman és Witherspoon (1971) kimutatták, hogy az ideálisan zárt állapottól való eltérés az idővel növekszik, és

„nagy időértékek” esetén a teljes vízhozam a zárórétegen keresztül a nem termelt vízadó rétegből áramlik a kútba. Az átszivárgás mértéke tehát az időtényezőtől és a kitermelés nagyságától függ.

5. A FŐ VÍZADÓ POTENCIOMETRIKUS SZINTJEINEK VÁLTOZÁSA 1966-2006 KÖZÖTT

Az ÉK-Alföld regionális kifejlődésű vízadó rendszerének nyomás-viszonyait vizsgáltuk a Nyírség és a Körös-medence északi részének egy 80×140 km kiterjedésű területén. A vizsgált terület magában foglalja Nagyhalász, Demecser, Nyírbogdány, Nyíregyháza, Nagykálló nyírségi településektől délre fekvő, Biharkeresztes, Berekböszörmény, Komádi helységekig, azaz a Sebes-Körösig terjedő országrészt. Az alsópleisztocén rétegeket főleg az 1950-es évektől kezdve érték el a fúrások, de csak az 1960-as évekre létesült annyi kút, hogy regionális értékelésre elegendő számú adat álljon rendelkezésre. Az adatokat a vízügyi igazgatóságok, mai nevükön a TIKÖVIZIG és a FETIKÖVIZIG bocsátották rendelkezésünkre.

Az 1966. évi adatok alapján 62 kút vízszintjeinek ismeretében elkészítettük a térségben az alsópleisztocén vízadó potenciometrikus felületének szintvonalas térképét. A feldolgozást megismételtük az 1986. évi, a csúcsfogyasztás egyik jellemző évének adatbázisa alapján. Ebben az időpontban már közel kétszer annyi, 105 kút adatával rendelkezünk. A nyomásszint Debrecenben már 16 méterrel alacsonyabb volt, mint 1966-ban. A debreceni közüzemi víztermelés mértéke 1986-ban már olyan nagy volt, – meghaladta a 25 millió m³-t – hogy a vízbázis (az alsó pleisztocén vízadó) nem csak É-ÉK felől, hanem DK-i irányból is kapott táplálást, miközben erőteljes vertikális átszivárgás következett be, ami a talajvízszintet is lesüllyesztette.



2. ábra. É-D irányú potenciometrikus szelvény az ÉK-Alföld fő vízadójában
1966-1986 és 2006-ban

Az 1990-es évek közepe óta jelentősen csökkent az ország, ezen belül a térség vízfogyasztása, amely egyaránt érinti a lakossági és ipari vízfelhasználást. A vízügyi igazgatóságokhoz beérkezett jelentések alapján elkészítettük a 20 évvel későbbi, a 2006. évi potenciáltérképet, 72 kút adatai alapján. Ilyen módon az ÉK-Alföld fő vízadó rendszere hidraulikai és hidrológiai változásainak egy 40 éves periódusát kísérhetjük nyomon. A térképek az üzemelő kutak leállítás után mért nyugalmi szintjeit ábrázolják, 1966-1986-2006-ban is. (A potenciometrikus térképek megtalálhatók: Marton 2009, pp. 532-533).

A potenciometrikus szintek időbeli változásának dokumentálására a három potenciáltérkép alapján egy 100 km hosszúságú vertikális szelvényt szerkesztettünk. A Debrecen II. vízműtől 15 km-re, a IV. vízmű szélső kútjaitól 5 km-re keletre húzódó É-D irányú szelvény az EOYV = 860000 m koordináta mentén északon Nyírbogdánytól indul, áthalad Napkor, Nagykálló, Balkány, Haláp, Kismarja településeken, és Nagykerekinél ér véget. Ezt a szelvényt a 2. ábrán mutatjuk be.

A potenciometrikus szintek időbeli változását táblázatosan is közöljük, amelyből a 2. ábrán látható szint-változásokat számszerűen is leolvashatjuk (2. táblázat).

A táblázat sorai D-en Nagykerekinél kezdődnek és É felé haladva Nyírbogdányig tartanak. A szelvényen látható potenciometrikus szintek alakulásának fontos jellemzője, hogy maximumai az idő haladtával egyre távolodnak a determináló vízkivételek helyétől. Már 1966-ban sem esik egybe a potenciometrikus csúcs a terület beszívárgási középpontjával, és ez a távolság 1986-ra további 4 km-rel nő (lásd a 2-5. oszlopok sötétített celláit).

A debreceni vízművek kútjai É-D irányban az EOYV = 246000 és EOYV = 250000 m között helyezkednek el. Már az 1966-os potenciometrikus szelvényen is érzékelhető Debrecen város vízkivételének hatása: a 2. ábrán a felső potenciometrikus görbe ezen a szakaszon erőteljesen süllyedni kezd, pedig a szelvény jelentős távolságra van Debrecentől. Az 1986. évi görbén az EOYV = 250000 m-es K-Ny irányú koordinátától kezdődően déli irányban a potenciálszintek különbsége meghaladja a 10 m-t, EOYV=240000 m-nél pedig a 12,0 métert.

A víztermelés az 1990-es évek közepétől kezdődően jelentősen csökkent, ennek következtében a vízművek környezetében az energiaszintek emelkednek, amint a 3. táblázatban látható. Mivel a debreceni vízmű-területek kiterjedése nagy, nem lehet egyetlen adattal jellemezni a potenciometrikus szinteket. Hogy jobban számszerűsíthető legyen a változás mértéke, mindhárom vízműnél választottunk egy demonstrációs pontot, és ezeken a helyeken mutatjuk be a nyugalmi szintek időbeli változásának mértékét.

DEBRECENI MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK 2009/1-2

EOV X	Terep	H 1966	H 1986	H 2006	ΔH_{66-86}	ΔH_{66-06}
m	mBf	mBf	mBf	mBf	m	m
208000	106,93	103,60	93,12	90,45	10,48	13,15
210000	105,70	103,80	93,47	91,08	10,33	12,72
212000	104,30	103,90	93,85	91,77	10,05	12,13
214000	102,62	103,95	94,25	92,53	9,70	11,42
216000	100,88	103,91	94,77	93,02	9,14	10,89
218000	102,04	104,35	95,23	92,92	9,12	11,43
220000	103,21	104,41	95,29	92,89	9,12	11,52
222000	104,18	104,73	95,55	92,95	9,18	11,78
224000	105,54	105,00	95,83	93,10	9,17	11,90
226000	106,90	105,26	96,12	93,36	9,14	11,90
228000	108,19	105,56	96,46	93,74	9,10	11,82
230000	109,36	106,23	96,78	94,21	9,45	12,02
232000	110,83	107,22	97,04	94,79	10,18	12,43
234000	113,07	108,17	97,26	95,44	10,91	12,73
236000	118,27	108,99	97,48	96,14	11,51	12,85
238000	124,54	109,72	97,77	96,88	11,95	12,84
240000	124,65	110,28	98,16	97,85	12,12	12,43
242000	123,97	110,55	98,69	98,47	11,86	12,08
244000	124,73	110,82	99,46	99,36	11,36	11,46
246000	126,46	111,18	100,63	100,32	10,55	10,86
248000	126,46	112,12	102,22	101,35	9,90	10,77
250000	131,00	113,82	103,76	102,46	10,06	11,36
252000	133,35	115,08	105,31	103,75	9,77	11,33
254000	136,29	116,11	106,95	105,37	9,16	10,74
256000	138,57	117,03	108,54	107,09	8,49	9,94
258000	142,97	117,81	110,04	108,67	7,77	9,14
260000	145,98	118,53	111,36	110,11	7,17	8,42
262000	147,42	119,30	112,71	111,40	6,59	7,90
264000	146,62	120,07	113,82	112,53	6,25	7,54
266000	146,88	120,79	114,79	113,64	6,00	7,15
268000	145,39	121,46	115,67	114,82	5,79	6,64
270000	142,85	122,06	116,47	115,97	5,59	6,09
272000	139,32	122,51	117,26	116,94	5,25	5,57
274000	136,48	122,62	118,04	117,86	4,58	4,76
276000	134,73	122,23	118,75	118,53	3,48	3,70
278000	133,10	121,70	119,30	119,16	2,40	2,54
280000	129,85	120,90	118,60	118,91	2,30	1,99
282000	127,99	119,94	117,63	118,74	2,31	1,20
284000	125,96	118,85	116,88	118,17	1,97	0,68
286000	123,35	117,66	115,23	116,98	2,43	0,68
288000	120,57	116,37	113,54	115,37	2,83	1,00
290000	117,78	114,97	111,84	113,60	3,13	1,37
292000	116,59	113,66	110,11	111,76	3,55	1,90
294000	115,86	112,36	108,34	109,90	4,02	2,46
296000	114,37	110,81	106,53	108,01	4,28	2,80
298000	112,32	109,07	104,70	106,13	4,37	2,94
300000	109,77	107,14	102,82	104,27	4,32	2,87
302000	107,08	105,10	100,90	102,49	4,20	2,61
304000	104,31	102,96	98,90	100,83	4,06	2,13
306000	101,77	100,77	97,80	99,22	2,97	1,55
308000	101,38	98,76	97,14	97,59	1,62	1,17

2. Táblázat A potenciometrikus szintek változása, 1966-2006

A jelzett pontokban az I-es vízműnél 2006-ban 7,02 m, a II-es vízműnél 5,98 m, a IV-es vízműnél 7,54 m a *nyugalmi szint emelkedése* 1986-hoz viszonyítva.

Terület	EOV X (m)	EOV Y (m)	Nyvsz. 1966	Nyvsz. 1986	Nyvsz. 2006
I. vízmű	247000	841000	93,77	78,15	85,17
II. vízmű	250000	845000	100,06	86,21	92,19
IV. vízmű	246000	851000	102,42	82,64	90,18
<i>A potenciometrikus térképek adott grid-pontjain leolvasott magasságok, mBf.</i>					

3. Táblázat A potenciometrikus szintek időbeli változása a vízműterületen belül (mBf)

A 2. ábra szerinti szelvényen 2006-ban azonban ettől eltérő változásokat mértünk. Várható lett volna, hogy a vízkivételek csökkenése következtében az energiaszintek mindenütt emelkednek. Ezzel szemben – az ábrán jól láthatóan – tovább süllyednek, s ez a 2. sz. táblázat 6 és 7. oszlopának összehasonlításából számszerűen is leolvasható. Az EOVS = 278000 m koordinátától délre mindenhol tovább csökkennek az energiaszintek, más néven a potenciometrikus magasságok. Emelkedés csak a Nyírség északi területein figyelhető meg, ahol nincsenek és nem voltak olyan nagy mértékű vízhasználatok, mint délen. Miért süllyednek továbbra is a távolabbi rétegek energiaszintjei, miközben a vízkivétel mennyisége csökken? Ennek a jelenségnek a magyarázatára a továbbiakban visszatérünk.

Regionális leszívási tölcserék kialakulása nagy vízkivételek hatására

A következőkben azt vizsgáljuk, hogy a hosszú ideig (több évtizedig) tartó nagy koncentrált rétegvíz-termelések milyen mértékű depressziós felületet alakítanak ki a rétegzett áramlási rendszerben, és ezek a felületek milyen mértékben változnak a termelés növelése és csökkenése függvényében. A vizsgálatot a Dél-Nyírség területén és Debrecen város rétegvíz-termelése adatainak felhasználásával végezzük.

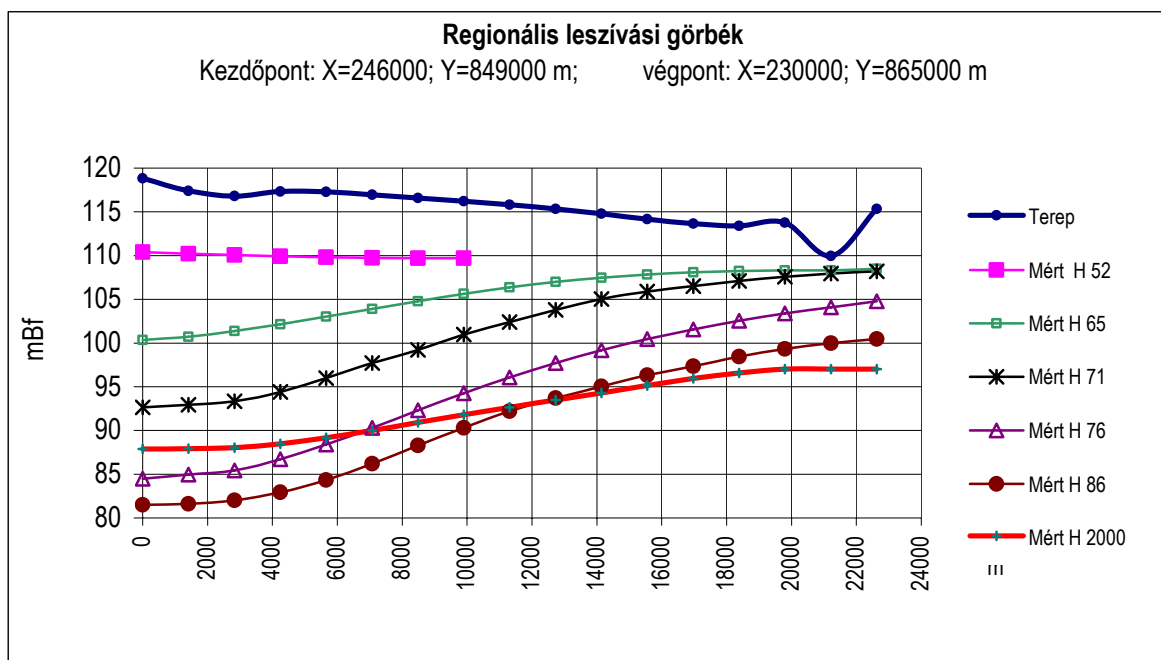
A következőkben a Dél-Nyírség Debrecentől DK irányban Létavértesen át az országhatárig terjedő terület fő vízadójának energia-szint változásait mutatjuk be. A Nyírség délkeleti részének hidrogeológiai viszonyai több tekintetben eltérnek a tájegység egészétől.

Eredeti (emberi beavatkozás előtti) állapotban DK-en Hosszúpályi és Nagyléta térségében nem voltak jelentős potenciálkülönbségek a vízadók között. Az elmúlt évtizedekben azonban a nagyméretű vízkivételek hatására ezek a viszonyok megváltoztak. A debreceni víztermelés regionális kiterjedésű változásokat indukált a potenciometrikus szintek alakulásában, és Létavértes térségében is jelentős különbségek alakultak ki a felső és alsópleisztocén vízadók szintjei között.

A létavértesi vízbázisvédelmi program keretében 2002-ben megszerkesztettük a terület alsó-pleisztocén nyugalmi potenciometrikus felületének térképét az 1950-es, 1965-69, 1971, 1976, 1986 és 2000-es évekre. Az így elkészült területi ábrázolások alapján szelvényeket szerkesztettünk a debreceni IV-es vízmű környezetétől 45 fokos

szögben DK felé induló és Létavértesig tartó 22,6 km hosszú vonal mentén (Marton 2002). A különböző évek potenciometrikus szintjeiből a 3. ábrán látható regionális leszívási vonalakat kaptuk. A szelvény kezdőpontja $EOVX=246000$; $EOVY=849000$ m; végpontja $EOVX=230000$; $EOVY=865000$ m.

Az eredeti állapotban, a nagyobb vízkivételek előtti időben a réteg potenciometrikus szintje Debrecen felől Létavértes irányában lejtett. Az 1950-es években Debrecen környékén már volt annyi mérési adat, hogy kisebb területre meg lehetett a felületet határozni, ennek függőleges síkmetszetét mutatja a legfelső görbe. Az 1965-69 közötti időszak állapotát a második görbe ábrázolja. 1971-től kezdődően már minden évben volt annyi mérési adat, amelyekből meg lehetett a felületeket határozni. Az 1971, 1976 és 1986. évi leszívási görbék eléggé hasonlítanak egymáshoz, csak egyre mélyebben helyezkednek el.



3. ábra. Regionális leszívási görbék Debrecen-Létavértes szelvényben

Egészen más alakot mutatnak a közelmúlt évek görbéi, amelyek közül itt a 2000. évi potenciometrikus szint helyzete kerül közlésre, vastagabb vonallal ábrázolva. Az 1986-88-es évek csúcstermelése után az 1990-es évek közepétől kezdődően folyamatosan csökkent a közüzemi rétegvíztermelés, Debrecenben évi 25 millió m^3 -ról mintegy 16 millió m^3 -re, és hasonló mértékben csökkentek az ipari vízkivételek. Ennek eredménye az lett, hogy Debrecenhez közel emelkedni kezdett, de Létavértesnél továbbra is süllyedt az energiaszint. Ugyanezt a jelenséget mértük ki a Debrecen-Nyíregelse vonalon 1998-ban.

Ezt a hidraulikai jelenséget úgy magyarázhatjuk, hogy a víztermelés csökkenésének első időszakában (amely több év időtartamot jelenthet), a regionális depressziós tölcser legmélyebb zónái töltődnek, a víztest a közlekedő edények törvényei szerint mozdul el. A tölcser mélyebb zónáinak töltődése a távolabbi területek vízkészletei

nyomásszintjét csökkenti, tehát ott további süllyedés áll elő. A hidraulikai viszonyoknak ilyen jellegű alakulása a rétegzett medencén belüli kontinuitás fényes bizonyítéka.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Custodio E (2002): Aquifer overexploitation: what does it mean? *Hydrogeol J* 10:254-277.
- [2] Kalf FRP, Woolley DR (2005): Applicability and methodology of determining sustainable yield in groundwater systems. *Hydrogeology Journal* 13 (1):295-315.
- [3] Marton L (2000): Debrecen I. és II. vízművek vízbázisainak hidrogeológiai vizsgálata. Vizsgálati jelentés a VITUKI Rt. részére. Kézirat.
- [4] Marton L, Szanyi J (2000): A talajvíztükör helyzete és a rétegvíztermelés kapcsolata Debrecen térségében. *Hidrologiai Közlöny*, 80 (1) 3-13.
- [5] Marton L (2002): Hidrogeológiai szakvélemény Létavértes ivóvízbázis vizsgálatához. Kézirat.
- [6] Marton L (2009): Alkalmazott hidrogeológia. ELTE Eötvös Kiadó, 626 p.
- [7] Neuman SP, Witherspoon PA (1972): Field determination of hydraulic properties of leaky multiple aquifer systems. *Water Resources Res.*, Vol. 8, p.1284-1298
- [8] Rakonczai J (1977): A vízkitermelés hatása az artézi vizek nyomásváltozására a Délkelet-Alföldön. In: *Alföldi tanulmányok I. kötet*, Békéscsaba, pp. 59-75.
- [9] Sophocleus M (2005): Groundwater recharge and sustainability in the High Plains in Kansas, USA. *Hydrogeol J* 13:351-365.
- [10] Székely F (1976): A felszín alatti vizekből történő ivóvízellátás távlati lehetőségei az Alföldön. VITUKI Tudományos Napokon 1976. szept. 30-án elhangzott előadás.
- [11] Székely F, Liebe P, Ágotai Gy (1976): VITUKI 1976. évi országos rétegvízészlelései. Kézirat

CHANGE OF POTENTIOMETRIC LEVELS OF CONFINED WATERS DUE TO HUMAN ACTIVITY IN NORTH-EASTERN HUNGARIAN PLAIN

The aim of the study is to demonstrate the impact of human activity on the process of alteration of natural hydrological conditions in subsurface stratified geologic formations. The Pleistocene and Upper Pannonian layers of the Great Hungarian Plain are reservoirs of huge amount of fresh water. In Hungary 80 per cent of water wells are drilled on Pleistocene aquifers. In the first half of the last century most of the wells were effluent ones in the Great Hungarian Plain. The extended abstraction of large quantity of water in the second half of the century resulted in remarkable sinking of potentiometric surface (hydraulic head) of water in aquifers and issued in drawdown of regional scale. The pattern in Fig. 1 shows a distinct change of radiocarbon age near the Debrecen waterworks I. and II. resulting in leakage from superjacent layers containing younger water. The effects of human activity are studied in a vertical section of 100 km length in North-Eastern Hungary (Fig. 2). Changes of total heads of

aquifers along the line are reported in Table 2. The time-dependent changing of depression curves of great extension is shown in an additional section (Fig. 3). Since the years of 1990th the water extraction has been decreased in Hungary by 40-45 per cent. Thereupon the hydraulic heads began to rise in the vicinity of water works, but in larger distances (8-10 km) the heads were kept on sinking. This phenomenon is a clear manifestation of hydraulic continuity of large stratified sediment basins.