

# AZ ALFÖLD FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETE

*Liebe Pál\**

## I. FELSZÍN ALATTI VÍZTÁROLÓ KÉPZŐDMÉNYEK

Az Alföld legnagyobb kiterjedésű, regionálisan összefüggő felszín alatti víztartó képződményét a pliocén-pleisztocén kavicsos, homokos, iszapos, agyagos rétegzett medenceüledék képviseli. A tároló vertikálisan a felszíntől az alsó-felső pannon határig terjed. Ez alatt általában rossz vízvezető-képességű üledékek találhatók, amelyek a törmelékes tárolót az alaphegységi képződményektől, amelyek egy része karbonátos tároló, elszigetelik. Általában ezen rossz vízvezető-képességű rétegeknek a felszíni kibúvási képezik a medencebeli tároló határait, de az Alföld magyarországi területén ezek csak az É-i peremeken találhatók meg. Az alföldi medenceüledék K-en és D-en az országhatáron túl folytatódik, s csak ukrán, román és jugoszláv területeken találjuk meg a peremeit, illetve határait. Ny-on az alföldi pleisztocén-pliocén medenceüledékek a Mezőföldön folytatódnak, illetve a pliocén medence a Dunántúl nagy részére is kiterjed.

A medencebeli tárolórendszer legjobb vízvezető-képességű részét a síkságra kilépő folyók pleisztocén-holocén kavicsos törmelékűjait alkotják. A pleisztocén folyóvízi üledékek a medence-peremi hordalékkúpokon és kavicssteraszokon kívül, a medence belseje felé már kevésbé durvaszeműek. A ciklikus süllyedés következtében durvább és finomabb üledéktípusok követik egymást. Az Alföldön jellemző a jó vízvezető-képességű alsópleisztocén durvaszemű ösztlet. Az Alföldön belül a Duna

Tisza közti dunai üledékben, a Sajó–Hernád, a Felső-Tisza–Szamos és a Maros hordalékkúpjai üledékeiben található durvább szemű üledékek. A dunai eredetű durvább hordalék Szegedig is követhető, a felső-tiszai jó vízvezető üledék az Alföld nagy részén nem a felszínközeli helyezkedik el. A felszínközeli rétegek általában rossz vízáradó képességűek, finomszeműek.

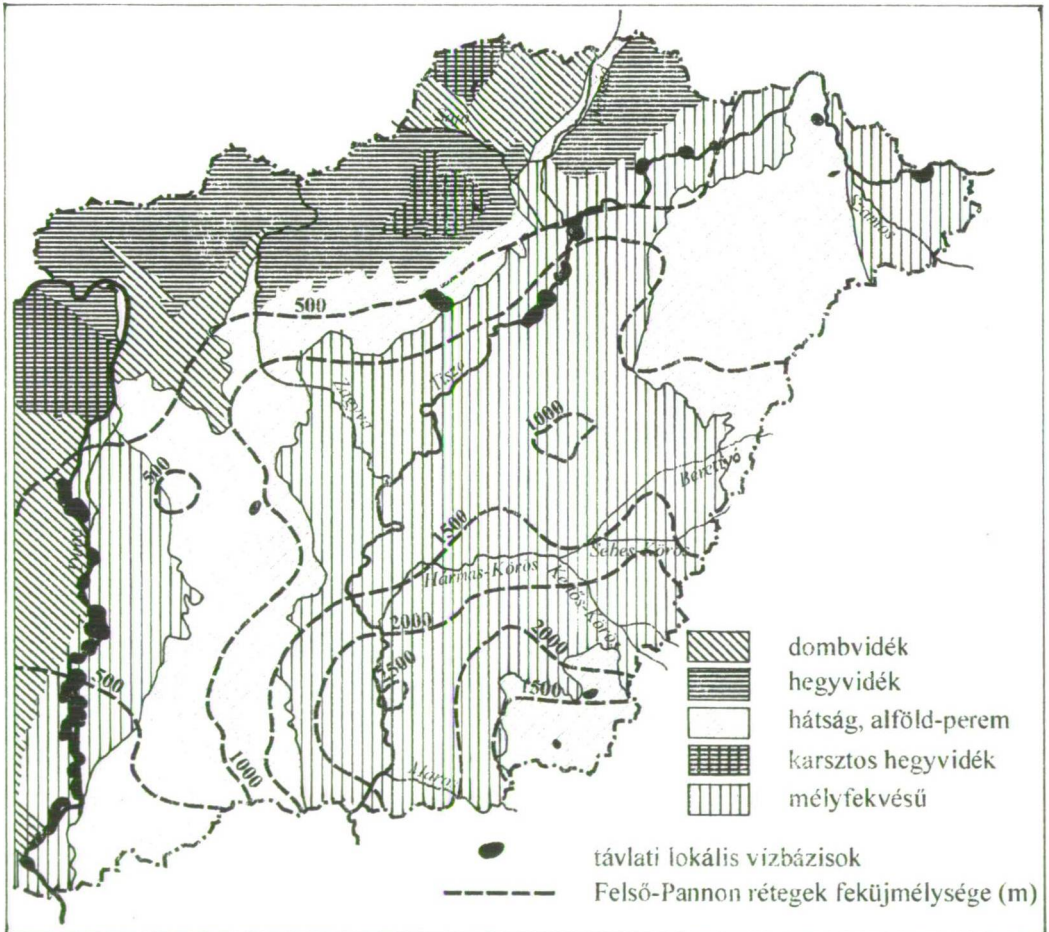
A pleisztocén üledékek vastagsága a Dél-Alföldön a 800 m-t is eléri. A vízvezető rétegek aránya átlagosan 50%, szivárgási tényezője általában  $10^{-4}$  m/s körüli. A folyóvízi üledékképződés jellegzetességeiből adódóan a vízzáró rétegek nem teljesen összefüggőek, a vertikális kapcsolatok lehetősége általában fennáll. Az anizotrópia ennek ellenére nagy: a regionális vertikális szivárgási tényező általában négy nagyságrenddel kisebb a horizontálisnál. Az említett, durvább szemű üledékösztlettel jellemzett területek egy részén a vertikális átteresztőképesség nagyobb az átlagosnál: itt a természetes állapotban vagy termelés hatására történő, a mélyebb rétegekig lehatoló felszíni eredetű leszivárgással együttmozgó szennyeződésekkel is kell számolni, míg más területeken, illetve 100 m-nél mélyebben, a felszíni eredetű vízrézecskek 100 évnél hamarabb nem érik el a vízáradó rétegeket.

---

\* *Liebe Pál igazgató, VITUKI Rt. Hidrológiai Intézet, Budapest.*

A pleisztocén rétegsor alatt az alsó-felsőpannon határig homok, homokkő, aleurit, agyag, márga váltakozásából álló rétegsor található, amely felfelé haladva a beltengeritől a folyóvízire váltó üledékképződés jegyeit mutatja. Bár ezek a rétegek már zártabb jellegűek, a vertikális kapcsolatok lehetősége még itt is fennáll. A rétegsor vastagsága a Dél-Alföldön eléri az 1,5-2 km-t (1. ábra). A homok, homokkő rétegek aránya az összleten belül 10-60%. A szivárgási tényező – a nagyobb mélységben uralkodott magasabb hőmérséklet miatti viszkozitás-csökkenés szivárgást elősegítő hatása ellenére – egy nagyságrenddel kisebb, mint a pleisztocénben:  $10^{-5}$  m/s körüli. A porozitás az 1 km mélységben jellemző 30-35%-ról 2 km-ig 10-20%-ra csökken a kompaktió miatt.

1. ábra. A rétegvíz-tároló képződmények fekvése, területtipusok és távlati lokális vízbázisok az Alföld környezetében



A fedett tárolórészekre vonatkozó ismereteink az Alföld aljzatában hiányosak. Az Alföld peremein nagyobb mélységben egyes helyeken megtalálhatjuk a karsztos hegyvidékek mélybesüllyedt, hévíztároló kőzeteit (pl. Mezőkövesd, Tura). A nagy vastagságú laza üledékkel a kitöltött medence alatti vastag vízzáró rétegek fekéjében több km mélységben is található hévíztároló karbonátos alaphegységi képződmények, amelyekből néhány helyen nagynyomású gőzt tártak fel (pl. Fábiánsebestyén, Nagyszénás). Ezekkel az előfordulásokkal itt nem foglalkozunk.

## 2. A FELSZÍN ALATTI VIZEK SZINTJE, NYOMÁSVISZONYAI, ÁRAMLÁSI RENDSZEREK

Az Alföld felszínének magassága a síkság középső, mélyebb részein 85-100 m-rel van a tengerszint felett. A homokhátságok (Duna–Tisza köze, Nyírség) mintegy 50 m-rel emelkednek az előbbi szint fölé, miközben a peremterületek tengerszint feletti magassága a 200 m-t is eléri. Az említett magasabb fekvésű területek egyben az Alföld beszivárgási területeit képezik (*I. ábra*). Az itt beszivárgó víz a félig áteresztő rétegösszleten, illetve a rétegekibúvásokon keresztül nagyobb mélységegig szivárog le, majd 1-10 m/év sebességű rétegmenti szivárgással mozog a medence mélyebb részei felé, ahol nagy területeken felfelé szivárog (Deák J.–Erdélyi M.–Liebe P. 1989). A nyomásviszonyok ennek megfelelően alakultak a termeléssel még nem zavart állapotban: a beszivárgási területeken a rétegvizek piezometrikus szintje 5-10 m-rel a talajvízszint alatt, a feláramlási területeken ennyivel felette volt. Az utóbbi területeken az elsőnek mélyített mélyfúrású kutak nyugalmi szintje még ennél nagyobb mértékben is a terepszint fölé szökött, de ebben szerepe volt a kútban felmelegedett vízoszlopnak és a gázosságnak is. Ezt a regionális áramlási képet, amelyet kisebb lokális áramlási rendszerek is tarkítanak, a földtani adottságokon és a nyomáseloszlásokon kívül a vízminőség térbeli alakulása, és a geotermikus viszonyok is igazolják, valamint alátámasztották a környezeti izotópmérések (amelyek szerint az ivóvízadó rétegekben a víz kora tízezer év nagyságrendű és a feláramlási területeken a felszínközeli holocénnél idősebb vizek is találhatóak – Stute, M.–Deák J. 1989), és a számítógépi modellezések is (Bogacki, W.–Liebe P.–Davidesz K. 1994). Ezek a vizsgálatok arra is rámutattak, hogy a beszivárgás és az utánpótlódás mennyisége igen kismértékű: a korábbi évtizedek átlagos csapadékvizonyai között homokos felszínközeli képződmények esetén 50 mm/év körüli, ami az utóbbi szárazabb évtizedekben a felénél is kisebb értékre csökkent le. Az iszapos fedőképződményekkel jellemzett területeken az előbbinek ötödrésze lehet csak a beszivárgás, de a szárazabb években itt is csak a felével számolhatunk. A legutóbbi közelítő vizsgálatok szerint (Liebe P. 1998) az Alföld 45 ezer km<sup>2</sup> területének 37%-a homokos, jó beszivárgási adottságokkal rendelkező, s ezen a területen 1,6 millió m<sup>3</sup>/d beszivárgást számítottak (*I. táblázat*), amit még az országhatárokon átadódó 0,14 millió m<sup>3</sup>/d készlet is növel. Ez utóbbi a külföldről belépő és a külföldre kilépő vízmennyiségek eredője, ugyanis annak ellenére, hogy az Alföld magyarországi területére külföldről általában belépnek a vizek, a Duna–Tisza köze D-i részén jugoszláv területek felé van átadódás.

1. táblázat. Az Alföld talaj- és rétegvíz készletei  
(Kivonat a VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete „A kitermelhető felszíni és felszín alatti vízkészletek meghatározása” c. 1998. évi jelentéséből)

Régió	$F_{kh}$ km <sup>2</sup>	$F_{ia}$ km <sup>2</sup>	$F$ km <sup>2</sup>	$Q_{B_{3e}}$ e m <sup>3</sup> /d	$Q_{A_{3e}}$ e m <sup>3</sup> /d	$Q_{K_{3e}}$ e m <sup>3</sup> /d	$Q_{T_{3e}}$ e m <sup>3</sup> /d	$Q_{E_{3e}}$ e m <sup>3</sup> /d
Duna-Tisza köze	9368	4347	13715	623	-79	388	237 <sup>3</sup>	382
Észak-Alföld	1483	4668	6491	217	25	202	182	284
Kelet-Alföld	4575	3516	8091	444	35	359	174	237
Maros hordalékkúp	149	1172	1321	21	30	41	31	59
Tiszántúl többi része	925	14025	14950	255	125	315	223	329
Összesen	16500	27728	44568	1560	136	1305	846	1292

$F_{kh}$  – Homokos, kavicsos fedőjú medenceterület,  $F_{ia}$  – Iszapos, agyagos fedőjú medenceterület,  $F$  – Összes terület,  $Q_{B_{3e}}$  – Számított beszivárgó vízkészlet (nem karsztos),  $Q_{A_{3e}}$  – Készletnövekedés átadódásból (nem karsztos),  $Q_{K_{3e}}$  – Kitermelhető készlet (nem karsztos),  $Q_{T_{3e}}$  – Tényleges termelés (nem karsztos),  $Q_{E_{3e}}$  – Engedélyezett termelés (nem karsztos)

### 3. A FELSZÍN ALATTI VIZEK HŐMÉRSÉKLETE ÉS KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

Az Alföldön a geotermikus gradiens 4-6°C/100 m között változik, ebből adódóan – figyelembevve a 10°C felszíni középhőmérsékletet – 500 m körüli mélységből a feltárható víz hőmérséklete már általában meghaladja a 30°C-ot, amit a magyarországi előírások szerint hévíznek tekintünk.

A pleisztocén, pliocén törmelékes vízadók felső, kb. 500 m vastagságú zónájában általában 1 g/L-nél kisebb oldott anyag tartalmú, általában ivóvíz minőségű vizeket találunk. A beszivárgási területeken a kalcium-hidrogénkarbonátos típus a jellemző, az áramlás irányában ez egyre inkább alkáli-hidrogénkarbonátosba megy át. Az Alföld középső részén a víz már annyira lágy, hogy ivóvízként való felhasználását is megnehezíti. Egyes helyeken az anaerob folyamatok következtében vas, mangán és ammónium jelentkezik. A rétegvizek egy részénél problémát okoz a rétegeredetű arzéntartalom is, ugyancsak nehézséget jelent a vízzel együtt feltörő metán – a robbanásveszély miatt. Itt jegyezzük meg, hogy az *EU határértékek általában szigorúbbak a magyarnál. Elsősorban az arzén és az ammónium koncentrációja fog ezek miatt nagy területen problémát okozni, s ez csökkenteni fogja a rétegvízkészletek ivóvízellátásra történő hasznosíthatóságát* (Bagi M.–Deák J. 1998).

A rétegvízadó összlet felszínközeli részén a finomabb szemű üledékekben, elsősorban mélyfekvésű területeken, – ahol a mélyebbről felszivárgó vizek elpárolognak és az oldott sók visszamaradnak – az oldott anyagtartalom több g/l-re is feldúsulhat, sok helyen nátriumkarbonátos és szulfátos talajvizeket találunk. A nagy koncentrációjú magnéziumszulfátos talajvizek keserűvízként ismert gyógyvizek (Tiszajenő).

A rétegvizek mélyebb, hévízes zónáiban 1-3 g/l-re növekszik az oldottanyag tartalom. Ezek a vizek általában alkáli-hidrogénkarbonátosak, de az alsópannon határ felé már az eredeti tengervíz összetételéhez közelítő, több g/l oldott nátriumkloridot tartalmazó vizeket is találunk.

#### 4. A FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEK IGÉNYBEVÉTELE

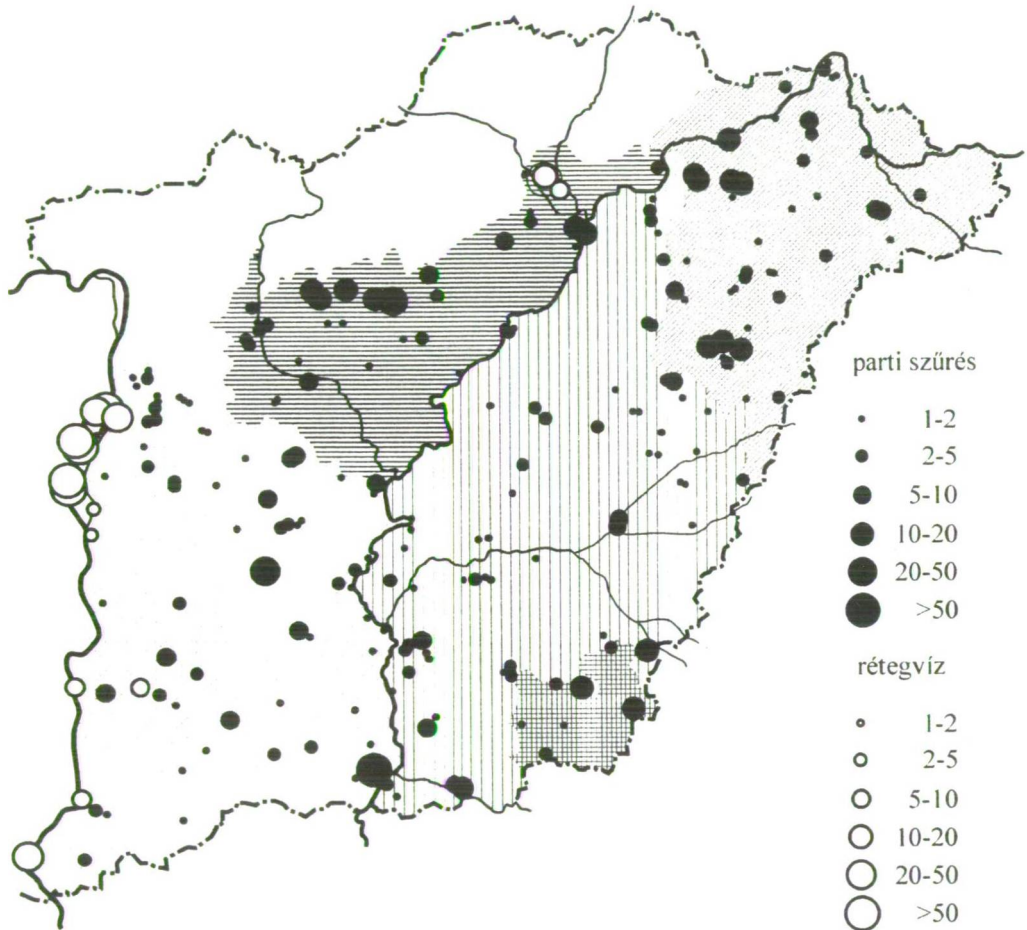
A történelmi időkben a maihoz képest jelentéktelen vízigényeket a legtöbb helyen ásott kutakból elégítették ki, ami állandó fertőzésveszélyt jelentett. A múlt században és e század elején terjedt el az ún. artézikus vízellátás. A kezdetben kis-mélységű, majd egyre mélyebb fűrt kutak általában szabad kifolyással termeltek. A vízellátást ekkor még közkutas formában biztosították, a közműhálózattal történő ivóvízellátás a nagyobb városokon kívül csak e század második felében terjedt el.

A mélyfúrásos eljárás elterjedésével – sok helyen a szénhidrogén- és egyéb ásványi nyersanyagok feltárásának során – egyre mélyebb kutak készültek. Az így feltárt termál- és gyógyvizek újabb, híres fürdőhelyek kialakulását tették lehetővé, mint pl. Hajdúszoboszló. A balneológiai hasznosításon kívül az Alföldön nagyszámú hévízkút létesült – főleg az 1960-as években – kizárólag hőhasznosítási céllal, főleg növényházak fűtésére, de kommunális céllal is. Ezekre a kérdésekre részletesebben nem térünk ki, mivel velük külön tanulmány foglalkozik.

Az Alföld ivóvízellátása tehát legnagyobb részt a rétegvíz-készletekből történik, amelyek a felszínközeli rétegek ún. talajvíz-készletével függnek össze. A felszín-közeli rétegeket egyre növekvő mértékben terheli az öntözésre szolgáló – nagyrészt illegális – vízhasználat. A tényleges igénybevétel felmérését ez a körülmény jelentősen akadályozza. Az 1990-es évek óta évente végzett országos állapotértékelések (Liebe P. 1994-1998) kapcsán a vízügyi igazgatóságok által a Vízbázis Atlasz adatállományában nyilvántartott tényleges és engedélyezett víztermelések – amelyek az illegális használatokat nem tartalmazzák – feldolgozása történik évente. Az 1997. évi adatokat tartalmazza az *1. táblázat*, amely az 1998-ban meghatározott közelítő kitermelhető készletértékekhez viszonyítja a tényleges és engedélyezett termeléseket. A Maros hordalékkúp esetében a közölt érték a folyamatban lévő vizsgálatok alapján lényegesen módosulhat (korábbi VITUKI szakvélemények 80 ezer m<sup>3</sup>/d körüli kitermelhető készletet becsületek egy nagyobb, a hordalékkúp földtani kiterjedését figyelembe vevő, 1600 km<sup>2</sup> területre). Az ezer m<sup>3</sup>/d-nél nagyobb engedélyezett termelésű, üzemelő vízkivételeket a *2. ábra* mutatja be. A kitermelhető vízkészletek meghatározásánál a mértékadó biztonsággal számított beszivárgást a külföldről érkező készletekkel növelve és környezetvédelmi, valamint biztonsági okokból 0,4 millió m<sup>3</sup>/d értékkel csökkentve kapott mennyiségek még további pontosításra szorulnak, de tájékoztatásul szolgálhatnak. Az *1. táblázatból* látható, hogy az Alföldön engedélyezett talaj- és rétegvíz-termelés lényegében a kitermelhető készletekkel egyenlő, de a kép az Alföldön belül változó. Az É-Alföldön a túligénybevétel csak lokális: a Mátra-Bükk lignitbányászat területén statikus készletfogyasztás történik a víztelenítés érdekében. A Duna-Tisza közén az engedélyezett igénybevétel a kitermelhetőség határán van, a tényleges kitermelés ennél kisebb, de az illegális vízkivételekkel növelve ez az érték is a határt közelíti.

A nagy folyókat kísérő durvaszemű üledékre telepített, a folyók szűrt vizét hasznosító ún. partiszűrő víz-készletek csak az Alföld peremén, elsősorban a Duna mentén állnak rendelkezésre. Lényegében az Alföldhöz tartozó két nagy dunai sziget – a szentendrei és a csepeli – mintegy 1 millió m<sup>3</sup>/d kapacitású vízbázisa látja el

2. ábra. Az alföldi régiók üzemelő, ezer m<sup>3</sup>/napnál nagyobb engedélyezett termelésű vízbázisai



Budapest lakosságát, de az ettől D-re eső Duna-szakaszon még több távlati vízbázist is nyilvántartanak (0,8 millió m<sup>3</sup>/d). A Sajó és a Hernád, valamint a Felső- és a Közép-Tisza mentén is vannak partiszűrészű távlati vízbázisok (0,3 millió m<sup>3</sup>/d), de a tiszamentiek partiszűrészű utánpótlódási lehetőségeit még nem bizonyították egyértelműen. Látható, hogy az Alföld peremén a szűkös rétegvíz-készletekkel szemben jelentős partiszűrészű víztartalékok vannak, de ezek igénybevétele, illetve az itt termelendő víznek a fogyasztás helyére történő szállítása rendkívül költséges.

### 5. VÍZSZINT- ÉS NYOMÁSVÁLTOZÁSOK, A FELSZÍN ALATTI VÍZHÁZTARTÁS EGYENSÚLYA

A felszín alatti vízkészletek igénybevétele az Alföldön – főleg az 1980-as években – sok területen elérte vagy meg is haladta az utánpótlódás mértékét, miközben ez az utóbbi két évtizedben a csapadékhiány következtében jelentősen csökkent. A

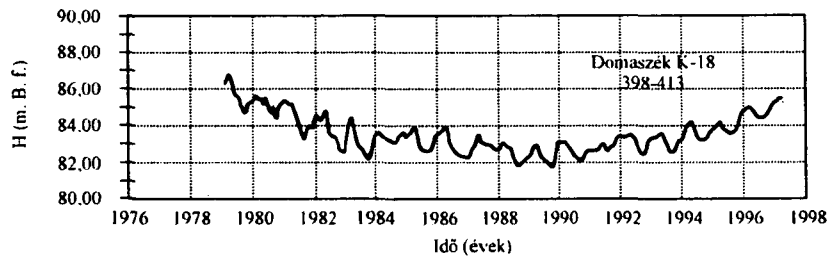
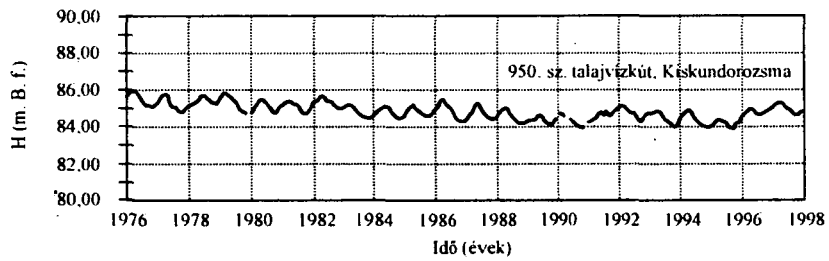
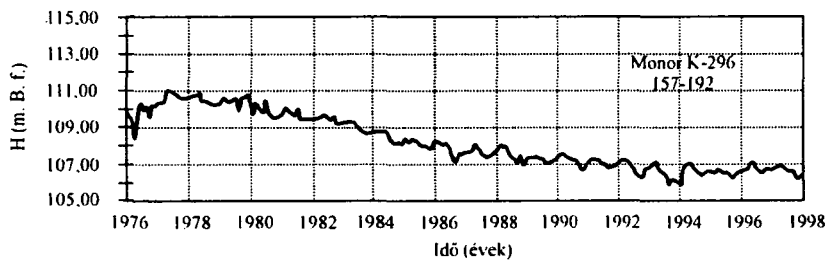
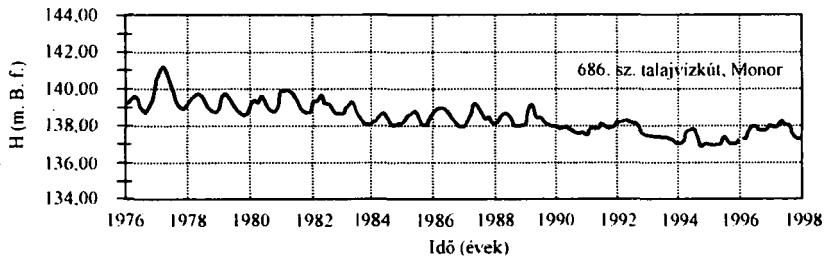
csökkenés mértéke a rétegvizek utánpótlódását biztosító talajvízbe történő eredő beszivárgás – a telítetlen zónába belépő leszivárgás és az evapotranspiráció különbsége – esetében az 50%-ot is meghaladhatta. A talajvízből történő leszivárgás a mélyebb rétegekbe ugyanakkor változatlan, sőt egyes helyeken még növekedett is. A mélyfekvésű területeken a mélyebb rétegből történő feláramlás gyakorlatilag megszűnt, ezt a vízmennyiséget kitermelik. A felszín alatti vízforgalom változásait a talaj- és a mélyebb víztartó rétegek vízszint-, illetve nyomásváltozásainak egymáshoz viszonyított alakulása szabja meg.

A regionális depresszió növekedésének mértéke a talajvíztartó hidegvizes képződményekben 0,1-0,3 m/év volt az 1970-es, 1980-as években, de a süllyedés trendje az 1990-es évek elején a lecsökkent víztermelés következtében mérséklődött, vagy megszűnt (3. ábra). A legnagyobb – néhányszor 10 m vízoszlop mértékű – depressziók a koncentrált vízkivételek környékén (pl. Kecskemét, Debrecen, Mátra-Bükkalja), valamint a zártabb jellegű, mélyebb rétegekben alakultak ki. Ez utóbbiakban az évi nyomáscsökkenés mértéke is megközelítette az 1 m/év-et – vízoszlopban kifejezve.

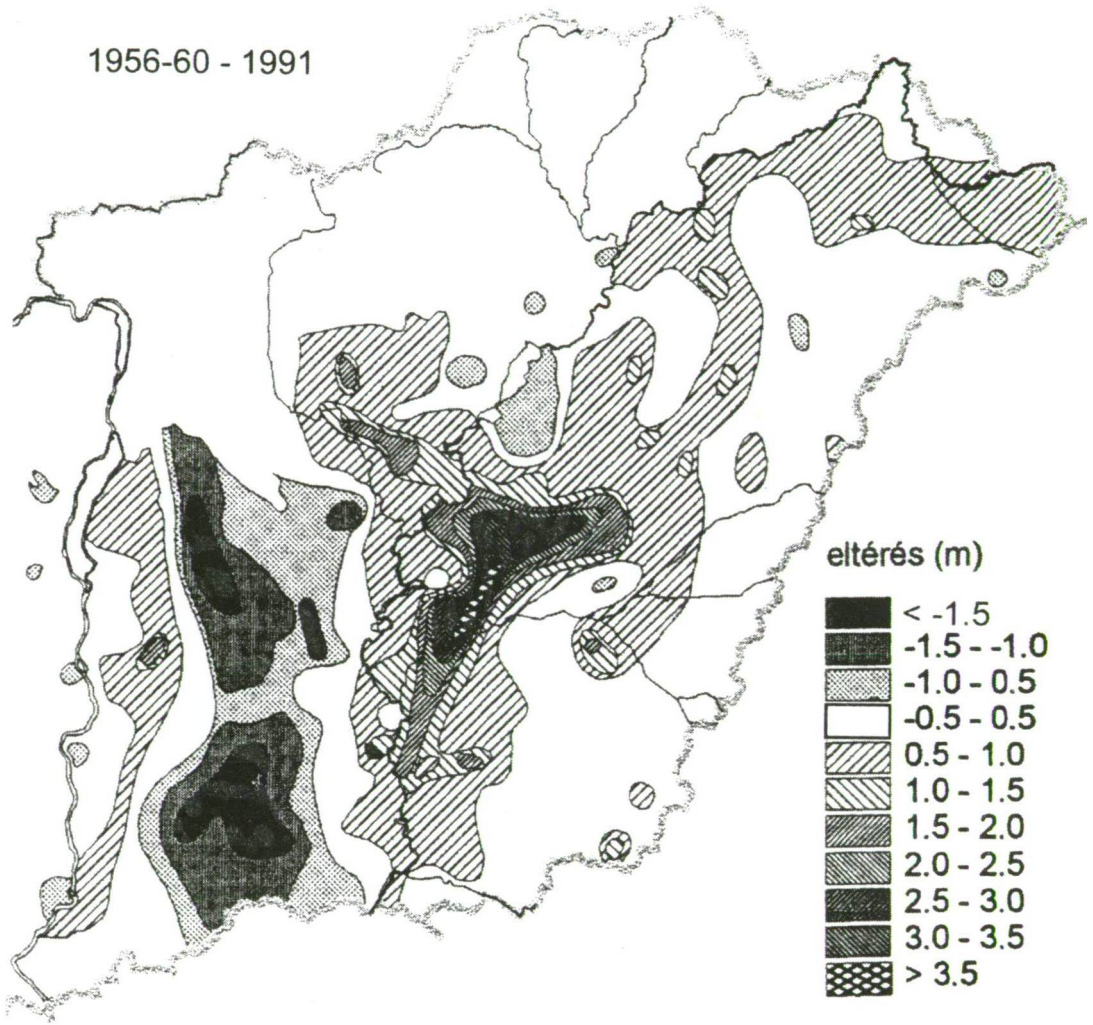
A felszín alatti víztermelés mennyiségi korlátját az Alföldön elsősorban a talajvízszint tartós süllyedésének megakadályozása jelenti. Ez azzal biztosítható, hogy – hosszabb idő átlagában – a talajvízből a rétegvizekbe történő átszivárgás, ami közelítőleg megegyezik a rétegvíztermeléssel, nem lépheti túl a talajvíztartó maximális utánpótlódását. Ez utóbbi a felszíni lefolyással csökkentett csapadék és a szükséges területi párolgás – ami magába foglalja a növényzet vízigényét – különbségeként számítható. A növényzet vízigénye többször 100 mm/év, miközben a felszín alatti vízkészletek utánpótlódásának fajlagos értéke néhányszor 10 mm/év nagyságrendű. Ez azt is jelenti, hogy a növényzet vízellátására a talajvíztartóból történő mélybeszivárgás csökkenése, illetve a mélyebb rétegekből történő felszivárgás – néhány természetvédelmi szempontból kiemelt terület kivételével – érdemben nem jöhet szóba. A feladat a vízháztartási egyensúly fenntartása. Ha ez átmenetileg megbomlik, a talajvíztartó tárolási kapacitása évekig elegendő a hiányzó készletek pótlására, természetesen a hozzátartozó talajvízszint-változással kísérve. Ha ez összesítve 0,5–1,0 m-nél nem nagyobb, akkor regionális környezeti problémák várhatóan nem lépnek fel.

A talajvízszint változásait különböző időszakokra vonatkozóan vizsgálva más-más képet kapunk (4a-b. ábrák). Az 1956-60-as állapothoz képest a Duna–Tisza közti süllyedés tűnik ki, amely egyes helyeken meghaladta a 3 m-t. Oka legnagyobb részt a csapadékhiány volt, de ezen kívül szerepet játszott a talajvízből és a mélyebb rétegekből történő kitermelés, az erdősítés, kisebb részben a vízrendezés, stb. is (Pálfai I. 1990). A legnagyobb süllyedések a legmagasabb területeken jelentkeztek. Ha az ilyen területeken sok száraz év követi egymást, akkor egy tartós leürülési folyamat indul meg akkor is, ha a mélyebb rétegekből nem történik víztermelés. Az egyensúly ilyen esetben csak többször 10 m-es vízszintsüllyedések után áll be tartós csapadékhiány esetén, míg a mélyebb fekvésű területeken az új egyensúly 1–2 m talajvízszint süllyedés után már beállhat ebben az esetben is.

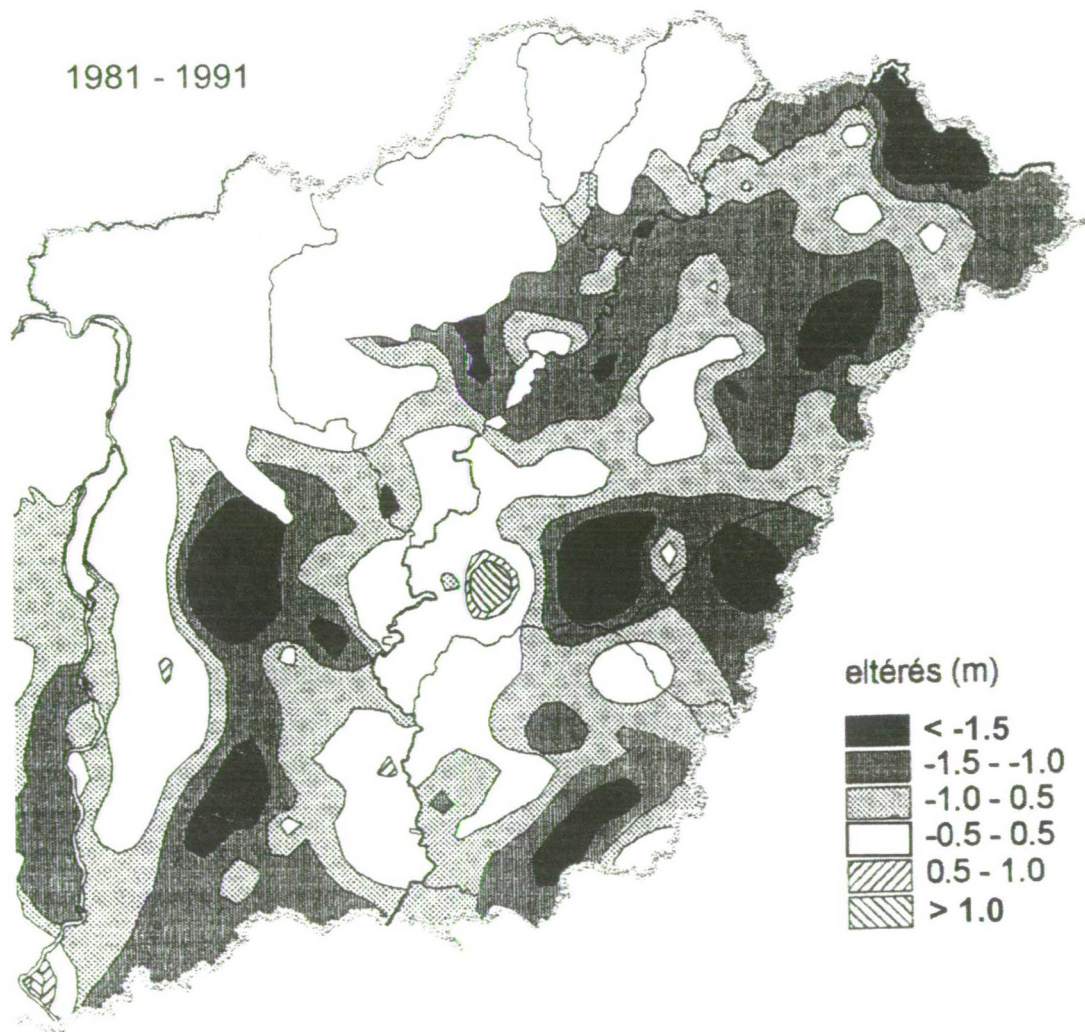
3. ábra. A talaj- és rétegvízszintek alakulása az Alföldön  
 (A kút megnevezése, kataszteri száma alatt a megnyitott szakasz mélysége szerepel m-ben)



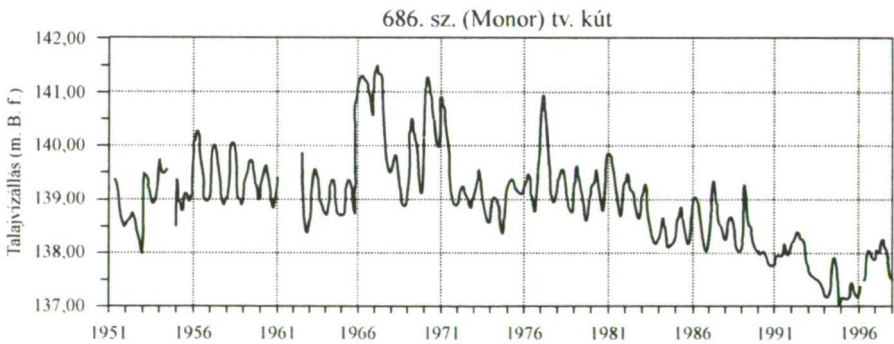
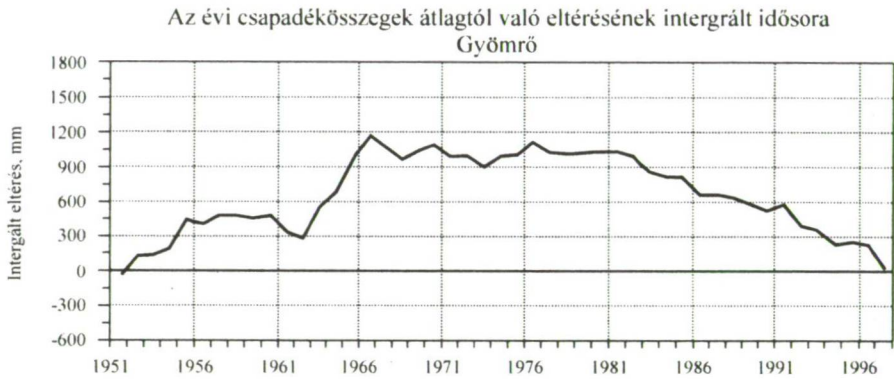
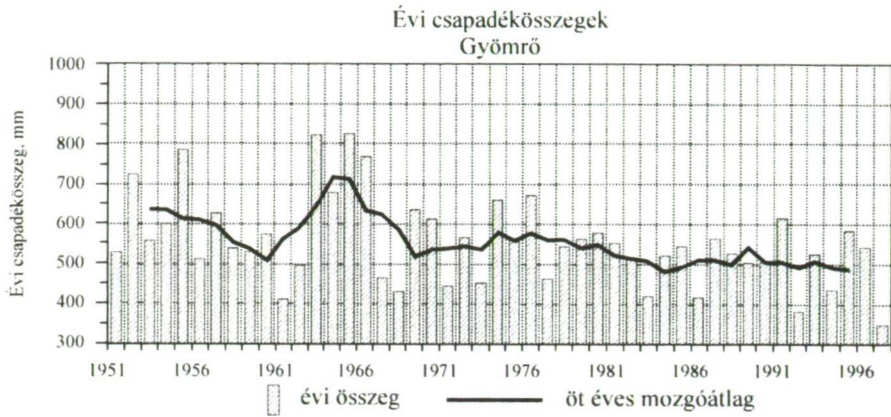
4.a ábra. A talajvízszint változása az Alföldön 1956-1960–1991 között



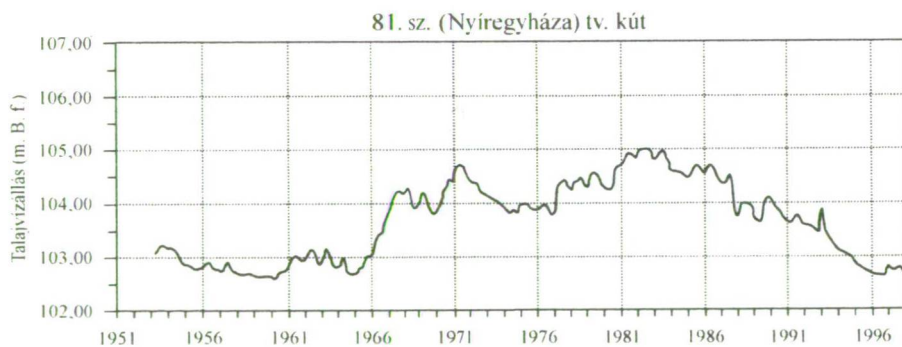
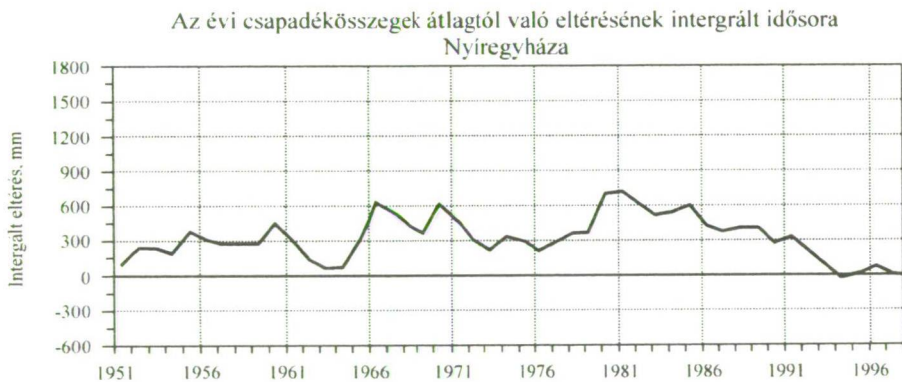
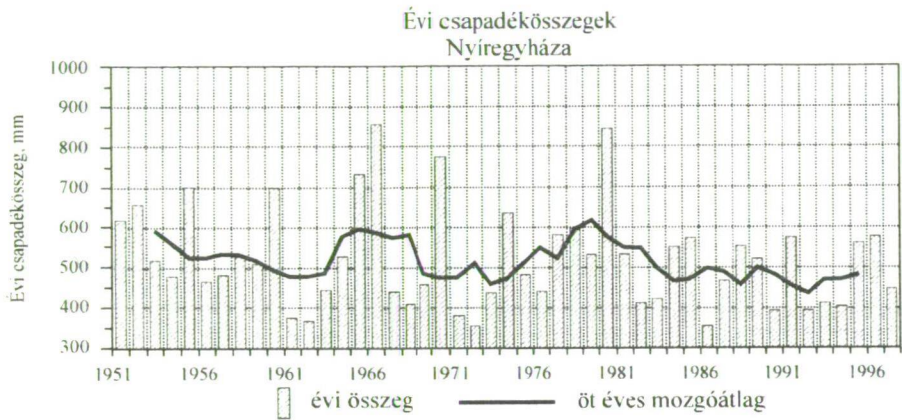
4.b ábra. A talajvízszint változása az Alföldön 1981-1991 között



5a. ábra. Példa a csapadék és a talajvízjárás kapcsolatára.



5b. ábra. Példa a csapadék és a talajvízjárás kapcsolatára.



A talajvízszint süllyedéseket az Alföldön a 80-as évtizedre vonatkozóan vizsgálva a Duna – Tisza köze már nem tűnik ki egyedüli területként (4b. ábra).

A talajvízszint változásokban döntő szerepe van a csapadék alakulásának. Ha ennek a sokéves átlaghoz viszonyított többletét, ill. hiányát évenként halmozzuk, a kapott idősor és a talajvízszint változás trendje között összefüggés ismerhető fel. Az Alföld Ny-i részén az 1960-as évek közepéig, a K-i részeken az 1970-es évek végéig tartott a csapadék-, illetve beszivárgási-többlet felhalmozódása és a talajvízszint-emelkedés. Az 1980-as évekre mindenütt süllyedés jellemző a 90-es évek elejéig (5a-b. ábrák).

## 6. ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az alföldi medence pliocén-pleisztocén homokos, agyagos üledéke az ország legnagyobb felszín alatti ivó- és hévízkészletét rejtí magában. Igénybevételét a csapadékviszonyok által is befolyásolt talajvízháztartás egyensúlyának megőrzése és vízminőségi problémák is korlátozzák, de a jelenlegi – összességében a kitermelhető értékhez közelálló – vízkivétel még sokáig meghatározó szerepet fog játszani az Alföld vízellátásában. A sérülékenyebb vízáadó képződményeket a felszíni szennyeződésektől védeni szükséges.

## IRODALOM

- BAGI M.–DEÁK J. 1998: A felszín alatti vizek és források vízminőségének 1997. évi állapotát bemutató értékelés. VITUKI jelentés (Központi vízrajzi feladatok I. 1998. 4. rész).
- BOGACKI, W.–LIEBE P.–DAVIDESZ K. 1994: The thermal water resources modell of Hungary Proc. Int. UNESCO Symposium “Water Resources Planning in a Changing World” Karlsruhe, 1994. június.
- DEÁK J.–ERDÉLYI M. –LIEBE P. 1989 Groundwater flow systems of the Great Hungarian Plain, Proc. Of the XXVIIIth Geological Congress, Washington.
- LIEBE P. 1994-1998: Magyarország vízkészleteinek állapotértékelése. 1-5. kötetek. VITUKI
- LIEBE P. 1998: A hasznosítható felszín alatti vízkészletek meghatározása. (A kitermelhető felszíni és felszín alatti vízkészletek meghatározása), VITUKI jelentés, Kézirat.
- PÁLFAI I. (szerk.) 1990: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodása. MTESz Csongrád Megyei Szervezetének munkacsoportja, Szeged.
- STUTE, M. – DEÁK J. 1989: Environmental isotope study (14C, 13C, 18O, D, noble gasses) on deep groundwater circulation systems in Hungary with reference to paleoclimate Radiocarbon, Vol. 31. No.3.