

## Felszín alatti vizeinkről a hidrológia fejlődésének tükrében

Ez a tanulmány arról szól, hogy mindennapi ivóvizünk biztosításának körülményei és módozatai mennyiben feleltek és felelnek meg a mindenkori tudományos megismerés színvonalának.

A hidrológia a földtudományok egyik ága, a felszíni és felszín alatti vizek tudománya. Ezen belül a hidrogeológia (vízföldtan) a felszín alatti vizeknek a földkéreg közegeiben történő megjelenésével, mozgásával és eloszlásával foglalkozik. Interdiszciplináris tudomány, amely a kőzet és a víz közötti kémiai, fizikai és biológiai történéseket vizsgálja, de ezeken túlmenően a jogi, törvényhozási döntéseket és a társadalmi igényeket is figyelembe veszi.

Az emberiség a 21. századba a víz világválság fenyegetésével érkezett. Ismeretes, hogy több mint egymilliárd ember nem jut tiszta vízhez a Földön (Berényi 2009). Egyre gyakrabban találkozunk a tudomány művelőinek azon véleményével, miszerint megérhetjük, hogy a tiszta víz és a tiszta levegő lesznek a legértékesebb nyersanyagok, és gyorsabban haladunk ezen az úton, mint ahogy korábban gondoltuk.

### Az édesvizek eredetének megismerési folyamata

A vizek eredetére vonatkozó nézetek egyidősek a filozófiai gondolkodással. Az ókori görögök vizekre vonatkozó gondolkodását alapvetően meghatározta a természeti környezet. Pusztán elméleti alapokon, a mai értelemben vett természettudományi mérések és kísérletek nélkül alakították ki tanaikat. *Thalész* (i.e. 624-546) szerint a víz a Föld őseleme, amit a szél hajt a kőzetekbe, és a kőzetek nyomása kényszeríti a felszínre források formájában. *Platón* (i.e. 427-347) úgy gondolta, hogy minden folyóvíz egy hatalmas földalatti barlangból származik, s a víz a barlangokba a tengerből jut el. Ennek a mechanizmusát azonban nem tudta magyarázni, és azt sem, hogyan veszíti el a tengervíz a sótartalmát. *Arisztotelész* (i.e. 384-322), Platón tanítványa, jelentősen módosította mestere nézetét a felszín alatti vizek eredetéről. Azt tanította, hogy a víz bonyolult tekervényes szivacs-szerű járatokban van jelen a felszín alatt, és ez a víz jelenik meg a forrásokban. A vízgőz, amely a föld belsejéből áramlik fel, adja a források vízének nagyobb részét. Arisztotelész azonban azt is felismerte, hogy némely barlang vize a csapadékból származik.

A rómaiak általában a görögök elméleteit vették át, de a Kr.e. 1. században *Marcus Vitruvius Pollio* *De architectura* c. könyvében néhány eredeti koncepcióval járult hozzá kora tudományos ismereteihez. Ő volt a legelső, aki a

hidrológiai körforgás fogalmát teljesen korrekten definiálta. A Nap felmelegíti a folyók, tavak és tengerek vizét, a vízpára felszáll, és felhőt képez, a felhő a hegyeknek ütközve diszpergálódik, vize a földre hull eső vagy hó formájában. A csapadék és a megolvadt hólé a hegyvidéki területeken beszivárog a talajba, és mint forrás jelenik meg az alacsonyabb felszínű helyeken. Ily módon a felszín alatti vizeket ma is korszerűnek tekinthető szemlélettel a csapadék infiltrációjából eredezteti. Vele ellentétben *Lucius Annaeus Seneca* (Kr.e. 4 – Kr.u. 65), lényegében Arisztotelész elméletét vallotta, de tagadta a csapadékvíz beszivárgásának realitását. Következtetése, hogy a csapadékvíz nem szolgáltatathat elegendő járulékos vízmennyiséget a források hozamához, több mint másfél évezreden át tartotta magát a tudományos gondolkodásban. A spekulatív, bölcsekedő irányzat egyik késői hajtása nálunk *Marcellus Squarcialupus*nak, Báthory István udvari orvosának 1585-ben Kolozsvárott Heltai Gáspár nyomdájában kiadott latin nyelvű műve a források és folyóvizek eredetéről (*De fontium & fluviorum origine ac fluxu, opinio Marcelli Squarcialupi Plumbinensis. Peripateticorum, Theologorum, & Senecae sententiae ponderantur. Claudiopoli, in Officina Gasparis Helti. Anno Domini MDLXXXV*). Bár a cím alapján ítélve a mű Arisztotelész és Seneca tanain alapul (*Peripateticus = Arisztotelész iskolájához tartozó*), már tartalmaz korabeli megfigyeléseket is.

Hosszú stagnálás után, a felszín alatti víz eredetéről alkotott elképzelések még az újkor elején is alig közeledtek a mai természettudományos szemlélethez. *Bernard Palissy* (1509-1589) francia természet-filozófus volt feltehetően az első, aki teljesen modern nézeteket vallott a hidrológiai körforgásról, és kategorikusan megállapította, hogy a csapadék az egyetlen táplálója a forrásoknak és a folyóknak. A 17. sz. végére megjelentek az első tapasztalati eredmények a hidrológiai körforgás tanulmányozásában. *Pierre Perrault* (1608-1680), aki már a csapadék mennyiségét is mérte, és *Edmé Mariotte* (1620-1684) kimutatták, hogy a Szajna vízgyűjtő medencéjében, – ellentétben a korábbi feltevésekkel – a csapadék több mint elegendő a folyó vízhozamának biztosításához. *Edmund Halley* (1656-1742) már 1687-ben kimutatta, hogy a párolgás és a csapadék között szoros összefüggés van. Perrault, Mariotte és Halley méltán tekinthetők a hidrológia megalapozóinak. Az Unesco kezdeményezésére a hidrológia tudományának megszületését Perrault 1674-ben kiadott, a Szajnára vonatkozó vízháztartási mérlegét is tartalmazó munkája (*De l'origine des fontaines, Paris, 1674*) megjelenésétől számítjuk, amelynek háromszázadik évfordulóját 1974-ben a Nemzetközi Hidrológiai Decennium keretében ünnepeltük.

Az eleinte szórványosan, tudományos érdeklődésből végzett vízrajzi észlelések a 18. században mind általánosabbá váltak, és a hidrológiai ciklus mind több elemére terjedtek ki. Gyakorlati jelentőségük felismerése a hidrológiai észlelőhálózatok kiépítéséhez és vízrajzi szolgálatok szervezéséhez vezetett. Hazánk ebben a tekintetben az első helyek egyikén állt. Az Országos Meteorológiai Intézetet 1870-ben alapították, de Magyarország már az 1780-ban szervezett, első európai meteorológiai hálózathoz is csatlakozott. A *Societas Meteorologica*

Palatina 37 állomást számláló hálózatának keleti irányban legtávolabbi állomása Budán volt (Lászlóffy 1969).

A 20. század elején a vízföldtanban megjelent a „juvenilis vizek” elmélete, amely tudományos körökben széleskörű támogatásra talált. *Eduard Suess* (1831-1914) osztrák geológus adta ezt a nevet annak a víznek, amely a magmából származó oxigénből és hidrogénből keletkezik, gőz formában érkezik a forrásokból és vulkánokból, és belép a vízkörforgásba. *Das Antlitz der Erde* (A Föld arca; 1883–1909) c. munkájában – amely a Föld geológiai szerkezetét mutatja be – viszont korrigálta elméletét, amennyiben a vízgőzt nem tekintette juvenilisnek, csak a hidrogént származtatta a magmából, amely a légkör oxigénjével egyesülve alkotja a juvenilis vizet. De az elmélet lényege ugyanaz maradt.

A Suess-féle elméletnek sok támogatója akadt, lökést adott a további kutatásokhoz, de később gátolta a tudományos fejlődést. A juvenilis vizek létezését a tudomány ma elismeri, de tiszta eredetében nem tudja tanulmányozni, mert a többi vízzel együtt, keverékvízként kerül be a vízkörforgásba. A hidrotermális vizeket tanulmányozó kutatók között úgy él a Suess-féle elmélet, hogy kapunk felszíni eredetű vizekkel hígított juvenilis vizet a benne oldott juvenilis gázokkal és sókkal, de maga az ásványvíz, mint kiinduló forrás, kevert jellegű lesz.

A hidrogeológiának, mint kvantitatív tudománynak a megszületése 1856-tól eredeztethető. *Henry Darcy* (1803-1858) ebben az évben publikálta jelentését Dijon város vízellátásáról. Jelentésében Darcy leírta a víz homokon át történő áramlását analizáló laboratóriumi kísérletét. Kísérleteinek eredményét a róla elnevezett tapasztalati törvényben általánosította. Az ő munkásságával kezdődött a mérnöki hidrogeológia kialakulása.

Láttuk, hogy hosszú út vezetett annak felismeréséhez, hogy a felszín alatti vizek szinte kizárólagosan a csapadékból származnak. A vízkörforgásban még részt nem vett ún. juvenilis vizek elméletileg jelen vannak a litoszférában, de ezektől kimutatásuk eddig még sehol sem sikerült, mennyiségük a készletek töredékére becsülhető. A talajvizek, karsztvizek és a nem nagy mélységű rétegvizek csapadék-eredete régen nyilvánvaló, de a termálvizekről, köztük a világ nagy, igen magas hőmérsékletű termálvíz-rendszereiről, alig 50 éve, csak az izotópos vizsgálatok mutatták ki, hogy szintén a csapadékból beszívargó és a mélyben felmelegedő vizek. A fosszilis vizek – a rétegek leülepedésekor pórúsvíz formájában oda került és helyben maradt vizek – egy része szintén csapadék-eredetű víz, de lehet tengervíz is, amely idők folyamán kiöblíthető, vagy diffúzió és hőmérsékletkülönbség miatti konvekció útján bizonyos mértékben felhígulhat. A fosszilis vizek azonban nem tartoznak a tanulmányunk tárgyát képező édesvizek készleteihez.

### A magyar hidrogeológia kialakulása

Századokon át a bányászat volt Magyarországon az egyetlen nagyipar, a bányászatból származott az ország jelentős nemzeti jövedelme. Elődeink a felszín alatti vizekkel, tehát a mai értelemben vett hidrogeológiai feladatokkal, először a bányaművelések során találkoztak

A magyarországi vizekről szóló legelső könyv – *Wernher György*: *De admirandis Hungariae aquis* (Magyarország csodálatos vizei) című latin nyelvű műve – 1549-ben Bazelben jelent meg. A könyv meglehetősen sok információt nyújtott vizeinkről, és természeti megfigyeléseket is tartalmazott. Sikerében annak is része volt, hogy leírta, egyes magyarországi rezes bányavizek a belétt vastárgyat rézzé alakítják. A könyv több kiadást megért, német nyelvre is lefordították. Az érdeklődést fokozta, hogy az alkímisták a maguk törekvését látták igazolva benne (lásd: Wikipédia). Ezt követte a bevezetőben említett hidrológiai tárgyú könyv, Marcellus Squarcialopus 1585-ben Kolozsvárott kiadott latin nyelvű műve a források és folyóvizek eredetéről, amely még a középkorra jellemző spekulatív, bölcselkedő irányzatú munka volt, de már természeti megfigyeléseket is tartalmazott.

A 18. század nemzetközi híru polihisztora volt *Bél Mátyás* (1684-1749), a londoni Royal Society, a berlini Akademie der Wissenschaften, a szentpétervári tudományos akadémia, valamint az olmützi és a jénei tudóstársaság tagja. Leghíresebb, ma is forrásértékű munkája a *Notitia Hungariae novae historico-geographia* (Történelmi és földrajzi tudnivalók a jelenlegi Magyarországról, Wien 1735-42), amelyből nyomtatásban csak 10 magyarországi vármegye ismertetése jelent meg, munkájának nagyobb része (38 megye leírása) kiadatlan maradt. Bél Mátyást a szlovák nép is magáénak vallja, nevét viseli a besztercebányai „Universita Mateja Bela”.

A londoni Philosophical Transactions 1738. évi 450. számában (pp. 351-359) ír Besztercebánya fémtartalmú ásványvizeiről (*De Aquis Neosoliensium Aeratis, Ferrum Aere permutantibus*). Ő is leírja, hogy a rezes bányavíz a beléje tett vastárgyat rézzé alakítja. Ma már tudjuk, hogy itt egy elektrokémiai folyamat játszódik le, amit régebben cementálásnak neveztek. A réztartalmú vízben a belé tett vas felülete vasszulfátként oldatba megy, és helyette réz válik ki. Ugyanez a cikke pár évvel később német nyelven is megjelent [*Hamburgisches Magazin*, 4 (1749), 1, 333-345].

A bányavizek elleni védekezés, másrészt a bányavizek hasznosításának igénye viszonylag korán felvetette a vízgazdálkodás szükségességét. Az egyik európai viszonylatban élenjáró vízgazdálkodási rendszer a Selmecebánya környéki vízgazdálkodási rendszer volt, amelynek létrehozása *Mikoviny Sámuel* (1700-1750) nevéhez fűződik. A 16 mesterséges tóból és 60 km hosszú árokból álló egységes vízgazdálkodási rendszer 1732-1740 között létesült, korának legnagyobb méretű technikai alkotásai közé tartozott és csaknem 200 évig biztosította a bányák és ércelőkészítő művek erővíz-szükségletét. A tavak ma a világörökség részeként, üdülőhelyekül szolgálva emlékeztetnek a hajdani hírneves bányászatra.

A Kárpát-medence bővelkedik karszthegység-peremi hévízforrásokban és felszíni vagy eltemetett vulkáni hegységi ásvány és gyógyvizekben, gázfeltörésekben. A közép-európai polgárosodás néhány évtizede alatt nagy számban létesültek olyan gyógy- és melegvízes fürdők, illetve gyógyvíz telepek, amelyek kialakítása a magyar hidrológusok széleskörű közreműködését igényelte. Híresek a

budapesti termálvizek, a kelet-erdélyi posztvulkáni és evaporit-koszorú feletti ásványvizek, vagy a felvidéki kénes fürdővizek (Dobos 2007).

### A 19. század hidrológiai vonatkozású fejleményei

A hazai és általában az európai vízellátási helyzetet egészen a 19. századig az jellemezte, hogy a helyi adottságoktól függően a forrásvíz, folyók és tavak, ezek hiányában ásott kutak vize szolgált ivóvízként. Az ásott kutak vize többnyire már eredetileg is kifogásolható volt, vagy egyre inkább elszennyeződött. Különösen komoly gondok voltak az Alföldön, ahol a talajvizekre telepített ásott kutak erősen szennyezettek, fertőzöttek voltak, ezért alternatív forrásként a felszíni vizeket is használták.

Magyarországon az első artézi kutat 1825-ben Bardio francia fúrómester készítette Ugodon, a következőt gróf Széchenyi István fúratta 1830-ban, Csór községben. 1831-33-ban Budán 150 m mély, 1840-ben Debrecenben 60 m mély, bővízü kutat fúrta. Ezek és a további fúrások még kezdetleges technológiával történtek, a század első fele tehát még kísérleti időszak volt. Csak a 19. század második felétől, a fúrástechnológia fejlődésével indult fejlődésnek az általános és regionális hidrogeológiai kutatás, döntően vízellátási céllal. A folyamatot sürgette az a tény, hogy a 19. század második felében az orvostudomány a közegészségügyi problémákra irányította a szakemberek figyelmét. A lakosság jó minőségű ivóvízhez juttatása egyre inkább központi kérdéssé vált. Ez az igény szorosan összefügg a magyar polgárosodási folyamat megindulásával.

Az 1870-es évekre végbement az a technikai fejlődés, és kialakultak azok a mérnöki ismeretek, amelyek alapján rohamos, sokszor bámulatos eredmények születtek a kútúrás 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.

Budapesten a Margit-szigeten *Zsigmondy Vilmos* (1821-1888) 1867-ben fúrta azt a 118,5 m mély kutat, amely naponként 14147 liter vizet szolgáltatott. A Városligetben ugyancsak *Zsigmondy Vilmos* fúrta 1868-1878 között a 970,5 m mélységű és 74 °C hőmérsékletű vizet adó termálkutat. Ez a kút abban az időben Európa legmélyebb kútja volt, amely, az 1960-as években történt felújítással, ma is üzemel. Ezt számos kút fúrása követte a fővárosban és vidéken. Budapesten az első vízművet, mely 4 aknakútból állt, 1868-ban helyezték üzembe a Duna kavicsterasán.

Az Alföldön az első kifolyó vizet adó (artézi) kutat 1878-79-ben Püspökkladányban fúrta *Zsigmondy Béla* (1848-1916) a Magyar Államvasutak részére. Az „artézi kút” elnevezés onnan származik, hogy Franciaország Artois grófságában fúrták 1126-ban az első olyan kutat, amelyik felszökő vizet adott. Az igazi átütő sikert a Hódmezővásárhelyen 1880-ban, illetőleg 1884-ben átadott két, lakossági használatra szánt artézi kút hozta. Ezt követően rohamos gyorsasággal nőtt az ilyen kutak száma. Több vállalkozó szellemű iparos kezdett fúrással foglalkozni, különösen az Alföld déli részén, ahol a földtani viszonyok olyan párat-

lanul kedvezőek voltak, hogy már sekély mélységben (30-35 m) felszökő vizet találtak. Ez azonban a vizek nagymértékű pazarlásához is vezetett.

*Halaváts Gyula* (1853-1926) geológus Bethlen András „földművelésügyi” miniszter részére adott jelentésében (1894) felhívta a figyelmet arra, hogy „az állam az artézi kutak elfajult ügyét – amikor már boldog-boldogtalan fúr minden rendszer nélkül kutat – terelje helyes mederbe azáltal, hogy törvényhozásilag mondja ki az artézi kút fúrásának engedelemhez való kötését” (Csath 1977). Nem sokkal később Halaváts a Duna-Tisza közén már 163 artézi kutat ismertet (Halaváts 1895). A következő években még gyorsabb a kutak számának növekedése, 1900-ban már több mint ezer artézi kutunk van, túlnyomórészt az Alföldön.

Voltak azonban olyan települések, ahol ekkor még nem igényelték a mélyebb rétegvizek feltárását. 1884-ben, amikor a Gazdasági Egyesület anyagi segítséget is ajánlott azon községek számára, amelyek hozzáfognak egy artézi kút létesítéséhez, Békéscsaba és Szarvas község, majd mások is, elfogadták az ajánlatot. Körösladány azonban így nyilatkozott: „minthogy a község azon kedvező helyzetben van, hogy a Sebes-Körös közvetlen a község alatt foly, s ivó szükségletét mindenki általában onnan szerzi be, miután a folyó víz kellő egészséges és jó ivóvizet szolgáltat...nagymennyiségű költséges úton beszerzendő víz előállításának szüksége fenn nem forog, artézi kút készíttetését jelen viszonyában szükségesnek nem találja s az iránt nem intézkedik” (Csath, 1972). A véletlenek különös játéka, hogy napjainkban úgy tűnik, mintha igazuk lett volna, bár akkor még senki sem tudta, hogy ennek a vidéknek a rétegvizei arzénal szennyezettek (ma visszafogottabban úgy mondjuk, hogy káros elemdúsulást szenvedtek).

1869-ben megalapították a Magyar Állami Földtani Intézetet, ahol a részletes földtani térképezés; az általános és részletes földtani térképek készítése és kiadása mellett, 1892-től külön szakember foglalkozott ásvány- és gyógyvizeink védelmével és a települések vízellátási problémáinak megoldásával. 1893-ban szénhidrogén-kutatás kezdődött az ország különböző részein. A Magyarhoni Földtani Társulat 1896-ban kiadta Magyarország geológiai térképét.

### **Hidrogeológiai kutatások és irányváltások a 20. században**

A gazdasági fellendülés a század elején folytatódott, 1907-ben megalakult a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI), a világ első geofizikai intézete, amely speciális technológiák alkalmazásával azóta is közreműködik – több egyéb szolgáltatás mellett – a földtani környezetben tárolt vízkészletek kutatásában.

A vízöblítéses fúrás mód bevezetése (1890) új fejezetet nyitott a vízföldtani kutatásban, illetve az ország vízellátását szolgáló kutak fúrásában. Az ország akkori területén, amely az egész Kárpát-medencét jelentette, a békés időszak végén már mintegy ötezer fúrt kút szolgáltatta az ivóvizet Magyarországon. Az alföldi kutakon kívül több domb- és hegyvidéki településen mérnöki-, geológiai irányítással épített gravitációs rendszerű forrásfoglaló művek biztosították a vízellátást (Dobos 2007).

A 19–20. század fordulóján *Kvassay Jenő* (1850-1919) vezetése és az általa létrehozott Kultúrmérnöki Intézmény tevékenysége során megkezdődött az egész Kárpát-medencére kiterjedő egységes vízgazdálkodási rendszer kialakítása. A fejlődést azonban megszakította az első világháború. A területének egyharmadára csökkentett ország elvesztette egységes vízgyűjtő területeit, ami számos, máig sem megoldott vízgazdálkodási problémát okozott. A kezdeti lendület lefékeződött. A magyar tudósok ugyanakkor megpróbálták az egész Kárpát-medencére vonatkozó korábbi ismereteket összegezni, így született meg id. *Lóczy Lajos* (1849-1920) szerkesztésében a Kárpát-medence 1:200000 méretarányú földtani térképe, valamint *Telegdi-Róth Károly* (1886-1955) műve: Magyarország geológiája (1929).

Az első világháborút követő új helyzetben a hidrogeológiai tevékenységnek más dimenziói alakultak ki, új koncepciók kialakítására volt szükség. Ekkor kezdődött meg az ország termálvizeinek kutatása, párhuzamosan a szénhidrogén-kutatás első kísérleteivel. 1925-ben a meddő I. sz. kincstári szénhidrogén-kutatófúrás nyomán *Pávai-Vajna Ferenc* (1886-1964) irányításával Hajdúszoboszlón megindult a hévízfeltárás. Az 1091 m talpmélységű kút 73 °C hőmérsékletű jódos, sós hévizet tárt fel, amelyet nemcsak a gyógyfürdőben hasznosították, hanem palackozták, továbbá üvegházak fűtésére, a kitermelt gázt vasúti kocsik világítására és áramfejlesztésre is használták. Ezt több államilag finanszírozott kutatófúrás hévízkúttá váló kiképzése követte. Pávai-Vajna Ferencnek köszönhetjük több jelentős gyógy- és hévizünk feltárását (Szeged, Hajdúszoboszló, Karcag, Debrecen, Szolnok).

Megjelent a fővárosról az első magyar nyelvű átfogó vízföldtani monográfia (Horusitzky 1932). Az 1930-as évek végén elkészült Budapest gyógyforrásainak közös védőterület-tervezete *Vendl Aladár* (1886–1971) összeállításában. *Papp Ferenc* (1901–1969) megszervezte az 1940-es években a budapesti források rendszeres megfigyelését, amit 1949-től az egész országra kiterjesztettek. Az ásvány- és gyógyvizekkel, termálvizekkel kapcsolatos hidrogeológiai kutatások eredményességét mutatja, hogy 1936-ban Budapesten rendezték az első nemzetközi Balneológiai Kongresszust (Dobos 2007).

Az 1940-es évek első felében Észak-Erdély ismét Magyarország részévé vált, a Magyar Állami Földtani Intézet kiadványaként 1950-ben megjelent az „Erdélyi gyógyvizek (ásványvizek) kémiai összetétele” c. monográfia (Straub 1950), amely 52 gyógyvíz részletes kémiai elemzését tartalmazza, a ritka elemeket is beleértve. 1944-ben megjelent *Sümeghy József* (1892-1955) „A Tiszántúl” c. munkája, amely az első korszerű leírás az Alföld negyedidőszaki vízáradó rendszereiről, tartalmazva a Partium-ba átnyúló területrészek ismertetését is, máig jól használható kiváló térképi ábrázolásokkal (Sümeghy 1944).

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 pazarlásra a sok közül Tirvol (1973) említ egy példát: Szentes határában a K-99. kataszteri számú, 1923-ban létesített artézi kútból felhasználatlanul (Tirvol cikke megírásakor már 50 éve) túlfolyó víz a kút körül mocsaras-nádas területet hozott létre. Ezeknek a mélységbeli vizeknek az utánpótlódása azonban nem tart lépést a fogyasztás mértékével, ebben az értelemben tehát vízbányászat folyt.

### Vízföldtan a második világháború után

A második világháború végkimenetele az országot megint 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 nyilvánítottak. A vízügyi tevékenységet is központi irányítás alá helyezték és új szervezeti rendszert alakítottak ki.

A legnagyobb változást az új politikai rendszer, az ún. 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 50-es és 60-as években Magyarországot a nemzetközi tudományos világban "hidrológiai nagyhatalom"-ként tartották számon. *Mosonyi Emil* (1910-2009) vezetésével Európában az elsők között, 1954-ben elkészült az ország első komplex vízgazdálkodási keretterve, amely az ipari, mezőgazdasági és lakossági vízigenyek várható növekedését igyekezett összhangba hozni a rendelkezésre álló vízkészletekkel. 1964-ben született meg a modern magyar vízgazdálkodás alapjait lefektető vízügyi törvény, amely már a vízminőség kérdését is beemelte a jogba, ezzel európai mércével is előremutató törvény volt. Ugyancsak ez a törvény vezette be a vízzel kapcsolatos kerettervezési rendszert, amelynek a létjogosultságát az európai vízjog csak 2000-ben ismerte fel.

Az alföldi vízellátást szolgáló kutak építése is 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. 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. *Lászlóffy Woldemár* (1903-1984) több mint negyven éve figyelmeztetett arra, hogy „a víz megszűnt szabad jószág lenni. Az emberiség jövője érdekében gazdálkodnunk kell vele.”



Az 1970-es évektől kezdődően rendszeresen jelentek meg publikációk az alföldi rétegvizek energiaszintjeinek (potenciometrikus szintjeinek) csökkenéséről, ennek megszüntetésére azonban nem történtek hatékony intézkedések

A porózus vízadó rétegek kutatása mellett fejlődésnek indult a karsztvíz-kutatás is. A II. világháború után a karsztvizek ismerete felértékelődött, a víz hasznosítása és a mélybányák víz elleni védelme miatt. A magyarországi szilárd ásványbányászat (szén, bauxit) termelése az 1970-es években érte el maximumát. A bányászati vízgazdálkodás tudományos és gyakorlati tekintetben egyaránt magas szintre fejlődött. Egymást követték az országos és nemzetközi bányavíz-konferenciák. A bauxitbányászat miatt évi rendszerességgel kiadták az egész Dunántúli Középhegységre kiterjedő karsztvízszint-térképeket. A Dunántúli Középhegység kb. 1000 km<sup>2</sup>-nyi területén működő szén- és bauxitbányászat az 1970-es évek végén már napi 1 millió m<sup>3</sup> vizet emelt ki. Erre a vízbázisra nagytérségi regionális vízmű épült. A bányavíz-hasznosítás fontos feladat lett. Eleinte ezt is kimeríthetetlennek tartották, de a nagy vízkivétel hamar megmutatta véges voltát. Magyarország egyes területein a karsztvízszintek drámai regionális csökkenése következett be a bányászati tevékenység következtében, a csökkenés mértéke az 1980-as évek második felében átlagosan 50 méter volt de helyenként elérte a 100-120 m-t is.

Az 1989-ben Magyarországon végbement politikai és gazdasági rendszerváltás gyökeres változásokat hozott a vízgazdálkodásban és a tudományos munkában egyaránt. 1989-ben már tartós lemaradásban voltunk a nyugat-európai technikai szinttől, s közben megkezdődtek az uniós csatlakozási tárgyalások. Ezek rendkívüli elvárásokat fogalmaztak meg az élet számos területén, így a vízügy területén is. Az elvárások legnagyobb teherterele a csatornázás minden elmaradásának felszámolása 2015-ig. A rendszerváltozást követően az állam fokozatosan megszüntette a nyersanyagkutatások állami finanszírozását. A kutatóintézetek földtani apparátusa egyharmadára csökkent. A Központi Földtani Hivatalt megszüntették, helyette létrehozták a Magyar Geológiai Szolgálatot, kizárólag az állami feladatok ellátására. 2007. január 1-jén a Geológiai Szolgálatot is megszüntették, jogutódja a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal lett. A tudomány és oktatás új alapokra helyeződött, struktúrájában és irányvonalában is megváltozott.

A vízgazdálkodás elé is új feladatokat állítottak. Nagyon erős vízkészlet-takarékosságra ösztönző intézkedések születtek. Az 1990-es évek közepén bevezették a víz piaci árát, ami országosan 40%-os fogyasztás-csökkenést eredményezett. Ennek hatására regionális hidrológiai változások következtek be az Alföld víztartó rétegeiben. Az ÉK-Alföld rétegvizei energiaszintjének 1966-2006 között végbement 40 év időtartamú változásairól Marton (2009 p. 534) készített térképi és grafikus ábrázolásokat.

## A Magyar Alföld szerkezetének hidrogeológiai megismerése

A nagyszámú víz- és szénhidrogén-kutató fúrás eredményeként a 20. század végére elég adat gyűlt össze, hogy a hidrogeológia fő kérdései megválaszolásra kerüljenek. Fokozatosan kialakult a kép Magyarország rétegvíztároló rendszereiről, az áramlási rendszerekről és a Pannon-medence mélyszerkezetéről. A mélységi rétegvíztárolók és vízbeszerzési lehetőségek tekintetében eléggé egyöntetű a geológusok és a hidrológusok véleménye. A 130 éve folyó feltárások nyomán a következő általánosított kép alakult ki.

A kristályos alaphegység közeteinek víztározása figyelmen kívül hagyható, legfeljebb valamely szerkezeti vonal mentén telepített kút tárhat fel kevés ásvány- vagy gyógyvizet. Magyarországon hasznosítható vízkészlettel a triász alaphegység, harmadidőszaki mészkő és konglomerátum, továbbá a felsőpannóniai és negyedidőszaki porózus üledékek rendelkeznek. A hidegvizes mélységi víztárolók közül legjelentősebbek a negyedkori folyóvízi lerakódások. Az ország fúrt kútjainak 80%-át ezekre a rétegekre képezték ki.

Magyarország termásvizekben gazdag terület. A legfontosabb törmelékeny hévíztároló képződmények az 500 m-nél mélyebben lévő medenceüledékek. Az Alföldön a hévízkutak mintegy 95%-a a felsőpannóniai homokszorosozatból álló porózus rétegekre települ. A hasadékos hévíztároló képződmények között legidősebb a devon időszaki dolomit, de legjelentősebb a felsőtriász dolomit és mészkőösszet.

Az utóbbi évtizedekben végzett kutatások nyomán ismerjük, hogy a Pannon-medencében a földkéreg vékonyabb az átlagosnál. A medence közepén a kéreg, sőt a teljes litoszféra is jelentősen elvékonyodott. A kéreg-köpeny határ kb. 22 km, ahol a teljes litoszférát harántoló törési zónákra és a felső kéregbe is eljutó magma-benyomulásokra lehet következtetni (Bodoky 1998). A kéreg a kontinenseken átlagosan kb. 35 km vastagságú. A geotermikus gradiens a Földön átlagosan 0,020-0,033 °C/m, nálunk 0,042-0,066 °C/m között változik, ami mintegy másfélszerese a világtátlagnak. A magyarországi hőáram értékét számos mérés átlaga alapján 90-100 mW/m<sup>2</sup>-nek becsülik, szemben az európai kontinensen kapott 60 mW/m<sup>2</sup> átlagértékkel.

A Pannon-medence több részmedencéje, pl. a Kisalföld és az Alföld a neogén időszakot követően a negyedkorban tovább süllyedt. A medence belső területein szigetszerűen kiemelkedő dombvidékeink és hegységeink jelenleg is emelkednek. A régió jelenleg főképp kompressziós, illetve eltolódásos feszültségtér hatása alatt áll, a medence születése és fejlődése idején jellemző tágulást az utóbbi néhány millió évben térrövidülés váltotta fel. A húzásos eredetű Pannon-medence és a környező hegyláncok jelenleg döntően kompressziós erőhatások alatt állnak. Magyarország viszonylatában ez azt jelenti, hogy az ország területe mintegy évi 800 m<sup>2</sup>-rel csökken. (Grenerczy és Fejes 2007).

A Pannon-medence központi, Magyarországhoz tartozó részét, a Magyar Alföldet, félig vagy gyengén konszolidált tengeri, tavi és folyóvízi medence-üledék tölti ki, melynek vastagsága 100 m-től több mint 7000 méterig terjed. Ez az

üledékösszlet egy erősen tektonizált alapon nyugszik, ahol a sasbércek és árkok szintkülönbségei az 5000 m-t is elérik. Az alaphegység nagy változatosságú merev, ezáltal törekeny kőzetekből áll

Az áramlási rendszerek tekintetében sokáig vitatott volt néhány megállapítás, sőt esetenként az egész koncepció, nevezetesen az, hogy az Alföld mélységbeli víztartóiban egyáltalán van-e áramlás. A Magyar Alföld felszín alatti vizeinek áramlási viszonyait viszonylag korán, az 1950-es években kezdték részletesebben tanulmányozni, és az 1960-as évek elején nyilvánosságra hozni, de az áramlási rendszer akkor még nem volt egységes elméleti keretbe foglalva. Hazánkban elsőként *Erdélyi Mihály* az 1970-es években vázolta fel egységes elméleti keretben a Magyar medence felszín alatti vizeinek gravitációs áramlási rendszerét (Erdélyi 1976). *Rónai András* a Magyar Alföld felszín alatti vizeinek nyomásállapotait és áramlási viszonyait az Erdélyi-féle leírással megegyező módon jellemezte átfogó munkájában (Rónai, 1985).

*Tóth József* és *Almási István* (Albertai Állami Egyetem, Edmonton, Alberta, Canada) feldolgozásában néhány éve tanulmány jelent meg a Geofluids folyóiratban a Pannon-medence felszín alatti vizeinek áramlási rendszereiről (Tóth és Almási 2001). Eddig ez a legátfogóbb és legtöbb adatra támaszkodó értékelés a medencéről. A kőzetváz leírását 1274 mélyfúrás adatai alapján végezték, közel 53000 pórusnyomás és vízszintadatot használtak fel.

A ma elfogadott, tudományosan megalapozott vélemény szerint a Pannon-medence felszín alatti vizeinek áramlási viszonyait két különböző eredetű hajtóerő határozza meg: a) a felszín domborzatából eredő gravitáció, és b) a kőzetváz oldalirányú tektonikus kompressziója. A gravitációs erő által indukált áramlás zónájában az áramtér regionálisan nyitott, míg a kompressziós tartományban feszített. A felső, kb. 400 és 1700 m mélységek közti tartomány vizei – egészüket tekintve – nyitott áramlási rendszerekben folynak, utánpótlódásuk csapadékból történik, és határozott megcsapolódási vagy kiáramlási zónákon keresztül térnek vissza a felszínre.

### **Felszín alatti vízkészleteink szennyeződési lehetőségei és a folyamat veszélyei**

Mivel a felszín alatti vizek készletei a csapadékból származnak, nyilvánvaló, hogy a víz napjainkban már a légkörben szennyeződhet (savas esők, radioaktív esők). Mivel ezek a hatások a legfelső, amúgy is szennyezett vízrétegeket érintik, a védett és a vízellátásban fő szerepet játszó rétegvizekben még nem jelennek meg.

A felszín alatti vizek összetételét és minőségét meghatározó további hatások a beszivárgási folyamat során a kőzetben való mozgás és tartózkodás időtartama alatt alakulnak ki. Esetenként a geológiai és geokémiai folyamatok által a használatot korlátozó anyagok kerülhetnek a vízbe (lásd pl. az alföldi rétegvizek megengedett határ feletti arzéntartalmát). Ezek a másodlagos természetes kontaminációnak nevezhető hatások, amelyek a felszín alatt érik a vizeket.

Jelenleg az arzén a legnagyobb természetes kontamináció a Föld édesvíz-készleteiben. Az utóbbi évtizedekben derült ki, hogy az arzén-szennyeződés sokkal gyakoribb a világban, mint korábban gondolták. Ugyanakkor az is kiderült, hogy az arzén még alacsony koncentrációban is káros lehet az egészségre. Annak ellenére, hogy nincsenek megbízható hosszú időtartamú epidemiológiai vizsgálatok az arzenikózisnak nevezett betegség kialakulására, a korábbi 50 µg/l megengedhető koncentrációt 10 µg/l értékre csökkentették, először az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 1993-ban, majd az Európai Unió 1997-ben. A magyar szakemberek tapasztalatai – figyelembe véve a hazai táplálkozási szokásokat – nem támasztják alá ezt a szigorítást, de mint EU előírást, alkalmaznunk kell. (Európában az arzén-kérdésben hazánk és Görögország érintett.)

A felszín alatti víz szennyeződésének harmadik formája és forrása a felszínről érkező kontamináció, amely egyértelműen antropogén hatás. Ez keletkezhet a károsodott minőségű felszíni vizek beszivárgásából, vagy szilárd és cseppfolyós anyagok felszín alá jutásából. A felszíni vizek szennyeződéseinek főleg ipari és mezőgazdasági eredetűek. A rétegvizek esetében többnyire még biztosított az antropogén hatások kivédése, a hosszú ideig tartó vízkitermelés azonban az ilyen, korábban védettnek tekintett vízbázisok esetében még vastag védőréteg jelenléte mellett is lehetővé teszi a felszínről történő kontaminációt.

A vizek szennyeződésének negyedik fázisa a felszín alól kitermelt, már a felszínre került vízben alakulhat ki. Akkor következik be, amikor az egyébként az előírásoknak megfelelő víz magában a termelő vagy szállító berendezésekben vesz fel káros komponenseket, vagy a csövezetekben baktériumtenyészetek alakulnak ki.

Az egyébként jó minőségű víznek a vezetékben történő veszélyes romlására történelmi példák vannak. A korai kultúrákban évezredekkel ezelőtt kiterjedt ivóvíz vezetékhalózatok léteztek. Ezek egyik ismert példája a római birodalom városainak magas technikai színvonalú vízvezeték-rendszere. A rómaiak vízvezetékeiben jelentős mennyiségű ólomot használtak fel. Tebutt (1983) azt a véleményét fejtja ki, hogy a római birodalom bukásához többek között feltehetően a hosszú időn keresztül ható tömeges ólommérgezés is hozzájárult. Az ólom halmozódó (kumulatív) mérgező, jól dokumentálható hatásokkal. Az ivóvíz-vezetékekben ma már tiltott az ólom használata. A víz minőségét a kémiai tényezők mellett a bakteriális tevékenység is befolyásolja.

### **Vízszennyezések városi környezetben és a háztartásokban**

A Föld lakosainak több mint a fele jelenleg már városokban él. Városi településeken az emberi tevékenység erősen fenyegeti a felszín alatti víz minőségét és készleteit. Az urbanizáció sürgetően követeli a jóminőségű ivóvizet, és ezzel együtt a nagy mennyiségű szennyvíz megfelelő kezelését és elhelyezését. Az ENSZ becslése szerint a következő 50 évben a világ városi lakosainak száma 6 milliárdra növekszik, ezért parancsoló szükségszerűség, hogy megakadályozzuk a víz további szennyeződését a városok alatt.

Az 1970-es években az európai kormányok és önkormányzatok intézkedéseket kezdtek életbe léptetni a szennyvizek kezelésére, mielőtt a felszíni vízfolyásokba vezették volna azokat. Némely helyen a bekövetkező javulás nagyon látványos volt. Stockholmban például néhány évtizeddel a szennyvízkezelés beindítása után újra meg lehetett nyitni a korábban tiltott tengerparti strandokat.

A városi környezet sajátos és egyedi vonásokkal bír, tekintettel a számtalan potenciális szennyező forrásra. Közvetlen források a csatornahálózat, üzemanyag-tartályok szivárgásai és kiömlései, peszticidek szétszóródása, (egyes országokban a volt katonai létesítmények olaj, benzin, kerozin szennyeződése) stb. A csatornahálózat szivárgásából származó közvetlen kontamináció kisebb-nagyobb mértékben minden városban általános jelenség. Ezek a szennyezők tipikusan nitrogénvegyületek, detergensok, gyógyszerek, anyagcsere termékek, növényi alkaloidák, stb.

Az ipar mellett a háztartások is nagy mértékben felelősek a vízminőségi problémákért, a vizek kémiai szennyezéséért. Rohamosan növekszik azoknak a termékeknek a száma, amelyek szennyezni képesek vizeinket, és nem csak a mezőgazdasági kemikáliákról van szó. Becslések szerint (Drangert és Cronin 2004, p. 96) mintegy 30000 kémiai komponens található a forgalomban levő fogyasztási termékekben. Az északi féltekén az ipar már többé-kevésbé ellenőrzött, de „kémiai társadalmunk” háztartásai nem ilyenek, pedig ezek az anyagok a termék használata közben vagy után különböző utakon kikerülnek a környezetbe. A politikai döntéshozók, a végrehajtó és ellenőrző szervezetek nem tudnak lépést tartani a piacra kerülő új termékek ellenőrzésével. Nincs átfogó lakossági politika a háztartások befolyásolására, pedig már megfogalmazódott a felismerés, hogy „a környezetvédelem a konyhában kezdődik”. A szelektív hulladékgyűjtésnek még a kezdeti lépéseinél tartunk. A fő probléma az, hogy a lakosok a folyóvízes toalett-öblítéssel egy sereg festékmарadványt, kozmetikumot, acetont, olajat, gyógyszert és felsorolhatatlan számú egyéb terméket juttatnak a csatornahálózatba. Az egyén maga legtöbbször úgy gondolja, (ha egyáltalán gondol rá), hogy ha a festéket a lefolyó kagylóba mossa, a toxikus anyag kelően felhígul mire a szennyvízkezelőbe vagy a befogadóba jut. Ez súlyos gond, már csak azért is, mivel ezek a toxikus anyagok károsan befolyásolják a kezelésben alkalmazott biológiailag aktív anyagok hatékony működését.

### **A vizek védelme a környezetvédelem fogalomrendszerében**

A környezetvédelem alapvetően emberközpontú fogalom: az embert közvetlenül érintő környezetre (víz, levegő, épített környezet) összpontosít, ezért hibás a földi bioszféra egészének megóvását célzó, élővilág-centrikus természetvédelem szinonimájaként használni. A kettő természetesen ezernyi szállal összefügg, nem választható el egymástól.

Már a legkorábbi civilizációk emberei felismerték, hogy saját jól felfogott érdekükben védeniük kell természeti környezetüket. Az ősi társadalmakban vallási rítusok, tabuk gondoskodtak bizonyos állatfajok, erdők, hegyek, vizek védelméről. Az ipari forradalom előtti időkben a természeti erőforrások kimeríthetetlen-

nek látszottak. A valóban nagyszabású környezet-átalakítás az ipari forradalommal, ill. az Európán kívüli földrészek gyarmatosításával kezdődött. Az erdők, a szűzföldek és az őshonos állatvilág drámai pusztulása láttán születtek meg az első, mai szemmel nézve természetvédelmi intézkedések. A második világháború utáni években figyeltek fel széles körben a népességnövekedésnek és a környezet súlyosbodó megterhelésének a negatív hatásaira. Nyilvánvalóvá lett, hogy e gondok megoldásához összehangolt intézkedésekre van szükség: egyre nagyobb teret kapott, majd a környezetvédelmi minisztériumok vagy hasonló szervek megalakulásával önálló intézményrendszerhez jutott, gazdasági, politikai hatalommá nőtt a környezetvédelem.

Magyarországon a felszín alatti vizek védelme először az 1964. évi vízügyi törvényben szerepel, ahol első alkalommal használják a törvénykezésben a „védőidom” fogalmát, amely mint földtani test, a vízbázis mennyiségi és minőségi védelmére szolgál. Az első szélesebb aspektusú környezetvédelmi törvény 1976-ban, a jelenleg is érvényes 1995-ben jelent meg. A vízügyi jog rögzíti az állam tulajdonosi szerepét minden víz felett, de minden vízhasználóra vonatkoznak bizonyos jogok és kötelezettségek. Ez a törvény megfelel az Európa Tanács által kidolgozott modell alapelveinek, úgymint az elővigyázatosság, helyettesítés (az erősen környezetszennyező eljárásokat kisebb veszélyt jelentőkkel kell helyettesíteni), a biológiai sokféleség védelme, a természeti erőforrások pusztításának tilalma, a „szennyező fizet” elve, a társadalom információhoz való joga és a társadalmi részvétel elve. A törvény a víz védelméről a 18. § (1) szerint így rendelkezik: „A víz védelme kiterjed a felszíni és felszín alatti vizekre, azok készleteire, minőségére és mennyiségére, a felszíni vizek medrére és partjára és a víztartó képződményekre.”

### **Az EU Víz Keretirányelv (VKI)**

Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 23-án elfogadta a 2000/60/EK Irányelvet (Víz Keretirányelv) az európai közösségi intézkedések kereteinek meghatározásáról a vízpolitika területén.

Az emberiség a 21. századba a világ vízválsága felismerésével érkezett. A Föld vízkészleteiből mennyiségi és minőségi szempontból is egyre nehezebb kielégíteni a társadalom és az élővilág igényeit. A válság megoldására az Európai Unió tagállamai elhatározták, hogy 2015-ig jó állapotba hoznak minden felszíni és felszín alatti vizet, beleértve a vizes élőhelyeket, és erre a Víz Keretirányelvben jogilag kötelezték magukat.

A Víz Keretirányelv és a benne előírt vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés szemlélete döntően környezeti-ökológiai jellegű. Ehhez a programhoz tartozó fontos elvárás a vízgyűjtő szintű tervezés megkövetelése, amelyet Magyarországon már 50 éve bevezettek.

A Víz Keretirányelv hangsúlyozza, hogy az európai normáknak megfelelő vízgazdálkodás megvalósításához szükséges szakemberek képzése érdekében sürgősen intézkedéseket kell tenni, hogy az alapkutatásban és a felsőoktatásban kapjon megfelelő súlyt és erőforrásokat.

A 14. cikk kimondja, hogy a tagállamoknak elő kell segíteni a társadalom tájékoztatását, az összes érdekelt fél bevonását az irányelv teljesítésébe, különösen a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek elkészítésébe, felülvizsgálatába és korszerűsítésébe. A tagállamoknak biztosítani kell, hogy minden vízgyűjtő terület esetében a társadalom számára – ide értve a vízhasználókat is – nyilvánosak és véleményezhetők legyenek. Kérés esetén hozzáférhetővé kell tenni azokat a háttérdokumentumokat és információkat, amelyeket a vízgyűjtő-gazdálkodási terv készítésénél kidolgozásakor felhasználtak. A tagállamoknak a társadalom aktív részvétele és a konzultációk érdekében legalább hat hónap időtartamot kell biztosítaniuk a fenti dokumentumok írásban történő észrevételezésére.

#### Irodalom

- BERÉNYI D. (2009) *Hol tartunk a fenntartható fejlődéssel kapcsolatban?* Debreceni Szemle XVII. évf. 2: 141-150.
- BODOKY T. (1998): *A litoszféra kutatása*. Természettudományi Közlöny 129. évf. II. különszám, pp. 6-10.
- CSATH B. (1977): *Szemelvények a Békés megyei vízkiutató és feltárás fejlődéséről*. Hidrol. Közl. 57 (3):140-146.
- DOBOS I. (2007): *Tanulmány a Nemzetközi Hidrogeológiai Társulat (IAH) részére: A XIX. és a XX. század hidrogeológia történetének áttekintése*. Kézirat.
- DRANGERT J.O., CRONIN, A.A. (2004): *Use and abuse of the urban groundwater resource: Implications for a new management strategy*. Hydrogeology Journal, 12(1):94-102.
- ERDÉLYI M. (1976): *Outlines of the hydrodynamics and hydrochemistry of the Pannonian Basin*. Acta Geologica Hungarica, Budapest. Tom. 20 (3-4) pp. 287-309.
- GRENERCZY GY., FEJES I. (2007): *A magyarországi GPS mozgásvizsgálatok 16 éve*. Geodézia és Kartográfia V. 57, 7.
- HALAVÁTS GY. (1894): *Az Alföld artézi kútjai*. A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye, XXVIII.
- LÁSZLÓFFY W. (1969): *A hidrológia fejlődése és kapcsolata a matematikával*. Hidrológiai Közöly, 49:305-306.
- MARTON L. (2009): *Alkalmazott hidrogeológia*. ELTE Eötvös Kiadó, 626 p. Budapest.
- RÓNAI A. (1985): *Az Alföld negyedidőszaki földtana*. Geologica Hungarica. Series Geologica. Tom. 21. Budapest.
- STRAUB J. (1950): *Erdélyi gyógyvizek (ásványvizek) kémiai összetétele*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- SÜMEGHY J. (1944): *A Tiszántúl*. M. Kir. Földtani Intézet, 208 p. Budapest.
- TEBBUTT T.H.Y. (1983): *Relationship between natural water quality and health*. (International Hydrological Programme, SC-83/WS/11), UNESCO Paris.
- TIRVOL L. (1973): *Mélyfúrású kutak korszerű megszüntetése*. Hidrológiai Közöly 53. évf. 5:247-253.
- TÓTH J., ALMÁSI I. (2001): *Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression*. Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. Geofluids, Vol. 1, No. 1, pp. 11-36.