

Felszín alatti víz – tartalék egy szomjas bolygónak?

Felszín alatti víz – a fenntartható ivóvízellátás érdekében

Az emberiség élete és megélhetése a víztől függ. A tiszta víz iránti kereslet az emberiség létszámával egyenes arányban növekszik. A világ számos részén hiányzik az emberek számára létfontosságú ivóvíz. Ahol ez rendelkezésre áll, ott az egyre biztonságosabb és olcsóbb vízellátásra van igény. A biztonságos ivóvíz, az ipari és a mezőgazdasági vízellátás lehetetlen felszín alatti víz hasznosítása nélkül, mivel ez jelenti a legnagyobb és legmegbízhatóbb édesvízkészletet. A legtöbb helyen az ivóvíz nagy része a felszín alól származik, melynek aránya közel 80% Európában és Oroszországban, de még ennél is magasabb Észak-Afrikában és a Közel-Keleten.

Az egyéb természeti erőforrásokkal és nyersanyagokkal ellentétben, a felszín alatti vizek az egész világon megtalálhatók. Ugyanakkor a hozzáférési lehetőség nagy változatosságot mutat, a csapadékképződés feltételeinek és a víztározó kőzetek minőségének függvényében. A felszín alatti vizek általában csak az év bizonyos szakaszában tudnak utánpótlódni, de az év minden szakában kitermelhetők. A víz korlátlan mennyiségben kitermelhető, ha az utánpótlódása megfelelő, és a víztest védett a szennyeződésektől.

A felszín alatti víz a teljes körforgás földfelszín alatti szakaszát alkotja. Szoros kapcsolatban áll a légköri (éghajlati) folyamatokkal, a folyók és tavak rendszerével, valamint a források és vizes élőhelyek területével, vagyis ahol a felszín alatti víz természetes úton a felszínre kerül. A felszíni és felszín alatti vízkészletek egymással egyensúlyban vannak, de szélsőséges éghajlati viszonyok mellett ezek nagymértékben ingadoznak; a sivatagi területek szemmel látható felszíni vízhiányától egészen a trópusi vidékek bőséges felszíni vízfolyásáig és csapadékáig.

A vízkörforgásban aktívan részt vevő felszín alatti víz mennyisége viszonylag elenyésző a porózus vagy repedezett kőzetrétegekben tárolt vízkészletekhez viszonyítva, melyek a talajszint alatt akár néhány ezer méter mélységig tározódnak.

A Föld édesvízkészletének döntő részét a jég, a hó és a felszín alatti vizek alkotják. A folyók és tavak csak nagyon csekély részét adják az összes édesvíz készletnek.

A Föld teljes iható felszín alatti vízkészletét 10 millió km^3 -re becsülik, ami kétszázszor nagyobb, mint az éves csapadék-utánpótlás révén megújuló vízkészlet. Ez a felszín alatti vízkészlet évszázadok, vagy évezredek alatt halmozódott fel. Sok helyen a régmúlt idők nedvesebb időjárásának bizonyosságául szolgál. Édesvíz fellelhető még a napjainkban sivatagos területeken is.

Az édesvíz jelentős része évente megújul a lehulló csapadék által biztosított utánpótlás következtében a Földön. A folyók elsődleges fontosságúak a csapadékvíz szétosztásában.

A Föld száraz területein a vízutánpótlódás csekély, ami arra készteti a helyi lakosságot, hogy hasznosítsa a számára elérhető összes felszín alatti vízkészletet. Az ilyen vízkitermelést azonban jobb elkerülni, mivel ez nem fenntartható, és olyan földtani kockázathoz vezethet, mint a felszín lesüllyedése, vagy talajcsuszamlás. Ilyen helyeken a felszín alatti vízkészlet kitermelése csak olyan ritka esetben jöhet szóba, amikor a statikus vízkészlet jelentősen nagyobb, mint a lakosság víz-kitermelése.

A megújuló édesvíz készletet (dinamikus készletet) a hozzáfolyás mértékével ($\text{km}^3/\text{év}$, m^3/sec , stb.) adják meg, míg a statikus vízkészletet a vízmennyiség térfogatával, vagy tömegével (km^3 , m^3), ezért e két vízkészlet értékének összehasonlítása meglehetősen bonyolult.

A felszín alatti víz és a körforgás

A felszín alatti víz az édesvíz szállításában a folyókhoz képest csak másodlagos szerepet játszik, mégis az édesvízkészletek legfőbb szabályozójaként működik. A felszín alatti víz képezi a természetes vízkörforgás láthatatlan, felszín alatti részét, melynek legfőbb összetevői a párolgás, a csapadék, a beszivárgás és az elfolyás. A felszíni vizek mennyiségét erősen befolyásolja az időjárás és az éghajlat, és bár gyorsan elszennyeződnek, gyorsan képesek regenerálódni is. Ezzel ellentétben, a felszín alatti folyamatok jóval lassabban mennek végbe és hosszabb lefolyásúak, éveket vagy akár évezredekig is eltarthatnak. Ugyanakkor, gondos munkával ezek a különböző időléptékek felhasználhatók egy integrált, az aszályal szemben is ellenálló vízellátási rendszer létrehozására.

A száraz és nedves térségek felszín alatti vízrendszere alapjaiban eltér egymástól (ld. a 2. ábrát). Nedves éghajlat esetén, ahol bőséges csapadék hull, magas a talajba szivárgó víz aránya, ami nagyban hozzájárul a vízkörforgást tápláló patakok, források és lápok fennmaradásához a csapadékszegényebb időkben. Fél-száraz és száraz éghajlat esetén gyakorlatilag nincs kicserélődés a felszín és a felszín alatti víz között, mert az alkalmanként hulló csapadék kis hányada szivárog csak be, és ritkán itatja át a vastag és száraz (telítetlen) talajt. Ezeken a vidékeken a vízkészlet csak minimális mértékben töltődik újra. Ezek a különbségek mindenképp megfontolandók a regionális integrált vízgazdálkodásban.

A kutatók a vízkörforgás felszín alatti összetevőjének mennyiségi jellemzésére irányuló törekvései évtizedeken át végzendő méréseket és megfigyeléseket igényelnek. Ezen kívül, a lassan mozgó felszín alatti víz és a légkörben, valamint a felszínen lejátszódó gyorsabb vízkörforgás közti kapcsolat pontos mennyiségi meghatározást kíván.

Édesvíz a felszín alatt

A felszín alatti víz hozzáférhetősége térségenként nagyon változó. A vízutánpótlást az éghajlat – különösen a csapadék – határozza meg. Mindamelllett a tárolt víz mennyiségét a felszín alatti közegek víztároló kapacitása dönti el. A talajvíz jelen lehet nagyon száraz területeken is, ha a helyi geológiai viszonyok és a helyi éghajlattörténet kedvezőek. A vízkészleteket fenntarthatóan csak akkor használhatjuk, ha helyesen mérjük fel a térbeli kiterjedésüket és időbeli változatosságukat. Az eféle információ gyakran hiányzik, még az ún. fejlett országokban is.

Adataink és tudásunk állandó tökéletesítésre szorulnak, amit új adatokkal és azok térképre való felvitelével, térinformációs rendszerrel (GIS) vagy matematikai modellek segítségével érhetünk el. A modellek révén megérthetjük az adatokat és elemezhetjük a különféle gazdálkodási lehetőségek hatásait. A modern hidrogeológia hatékony eszközökkel rendelkezik a vízszállítás és az áramlás együttes modellezésére. A hidrológiai folyamatok teljes skáláját magukba foglaló modellek állandóan fejlődnek.

A kontinensek területének közel 30 százaléka alatt (az Antarktisz kivételével) viszonylag homogen felépítésű felszín alatti víztartók találhatók, melyek jelentős vízkészleteket rejtnek. A területek kb. 19%-a bőséges felszín alatti vizekben, közülük néhány földtanilag bonyolult területen található. A kontinensek területének fele kis kiterjedésű talajvíz-előfordulásokat rejt, melyek a felszínhez közeli laza kavics-, homok- és törmelékrétegekben található, de ezek a készletek még elegendőek a kis vagy közepes méretű lakosságcsoportok ellátására.

A szárazfölkék felszínének 15%-ára átlagosan évi 200 mm-nél kisebb mennyiségű csapadék hull (kb. 200 l/m²). Ezeken a csapadékszegény területeken rendkívül kevés a talajvíz-utánpótlás, ezáltal a kiaknázott víz évszázadokig vagy évezredekig nem pótlódik újra. E térségekben jól meg kell fontolni a véges vízkészlet kitermelését, mert ez az egyszeri kitermelést jelenti, és nem egy folyamatosan utánpótlódó tározó megcsapolását. A felszín alatti víz mennyiségét, minőségét és áramlási rendszerét a földtani viszonyok és a víztartó kőzetek hidrogeológiai jellemzői határozzák meg. A mészkőterületekre jellemző ún. karsztjelenségek kivételével (ahol a víz sebesen áramlik a barlangrendszeren át) a víztározókban a vízáramlás sebessége nagyon lassú: általában mm-m/évben mérhető (vagy néhány km évszázadonként vagy egy évezred alatt).

Hatalmas, mégis korlátozott

Az ENSZ szerint a Föld évente megújuló vízkészlete mintegy 43 ezer km³. Ez nagyjából a fele a természetes tavakban található vízmennyiségnek, és közel tízszerese az ember által épített tározókban lévő víznek. A felszín alatti utánpótlás évi 10 ezer km³-nyinek becsülhető (ez kb. 0.1 %-a az összes vízkészletnek). Jól látható, hogy a nagy felszín alatti vízkészlethez képest a víznek csak igen kis hányada pótlódik évente.

Néhány felszín alatti víz-rendszer a jelenlegi éghajlati viszonyok közepette nem megújítható, mert 1000 vagy 10000 évvel ezelőtt a mainál nedvesebb éghajlat hatására alakult ki. Ezeket a felszín alatti vízkészleteket egyre növekvő mértékben termelik ki a Föld sivatagi zónáiban. Pl. Szahara északkeleti részében a Núbiai Homokkő Víztározó Rendszer több mint 2 millió km² területen Csád, Egyiptom, Líbia és Szudán alatt található meg, és hatalmas mennyiségű édesvizet tartalmaz. Ez a vízkészlet legalább százszorosa a világ éves vízfogyasztásának.

Hasonlóan óriási méretű, de korlátozott vízpótlással rendelkező víztartalék szinte az összes földrészen található, a kitermelhető vízmennyiség viszont ismeretlen. A föld alatti víz koráról, áramlási idejéről, valamint egyéb jellemzőiről, mint pl. a kémiai tulajdonságokról és folyamatokról még további ismeretekre van szükségünk.

E szükségletet két fontos kezdeményezés elégítheti ki: az egyik vezetője az UNESCO IHP programsorozata (a Nemzetközi Hidrológiai Program), végrehajtója a WHYMAP (www.whymap.org, a hidrogeológiai világtérkép készítői). A másik koordinátora szintén az UNESCO IHP, a végrehajtását pedig az IAH (Hidrogeológusok Nemzetközi Egyesülete), IAEA (Nemzetközi Atomenergia Társulat), BGR (Földtudományi és Természeti Erőforrások Német Szövetségi Intézete) és IGRAC (Nemzetközi Felszín Alatti Vízkészlet Számítási Központ) nevű szervezet végzi, az UNESCO és a WMO támogatásával.

Határok nélkül

A felszín alatti víz nem áll meg az államhatároknál. Az egyik országban történő vízkitermelés drámaian befolyásolhatja a másik ország vízkészletét. Ilyen körülmények között a vízgazdálkodás nemzetközi összefogást, valamint megfelelő kormányzati és jogi intézményrendszereket igényel. Mivel a talajvíz a fizika törvényei szerint áramlik, a hidrogeológiai rendszereket teljes egészükben kell vizsgálni, kitermelni, és a vízkészletekkel gazdálkodni. Ez azt jelenti, hogy a kutatásoknak az országhatárokon átívelőnek kell lenniük. Ez kifejezetten fontos az érzékeny, száraz éghajlatú régiókban, ahol a folyók felszíni vízgyűjtő területe és a felszín alatti víz mélységbeli előfordulása jelentősen eltérhet egymástól. A határokon áthúzódó felszín alatti vízkészletek tulajdonosainak, illetve a vizekkel gazdálkodóknak közös stratégiát kell kidolgozniuk a közös vagyon kitermelésére.

A felszín alatti víz szennyezettsége

A szennyezett víz kórokozókat terjeszthet, és mérgező vegyületeket szállíthat. Az ilyen víz betegséget, sőt akár halált is okozhat. Így a tiszta víz az egyik legfontosabb témája az ENSZ ezredfordulós fejlesztési célkitűzéseinek (www.un.org/millenniumgoals/).

A felszín alatti víz legtöbb esetben tisztább a felszíni víznél. A felszín alatti vizet általában a talaj- és kőzetrétegek védik a felszínről érkező szennyeződésektől. Ez a magyarázata annak, hogy a világ számos pontján a felszín alatti vizeket fogyasztják ivóvízként. A világ lakosságának növekedésével párhuzamosan nő a földhasználat mértéke és gyorsul az iparosodás (vagy újraiparosodás), ami fokozott veszélyforrást jelent a talajvizekre nézve.

A szennyezett vizek csak hosszú és drága folyamat segítségével tisztíthatók. A legrosszabb esetben az az egyetlen megoldás, hogy hosszú időre magára hagyjuk a területet. E tényeket a nemzetközi közösség egyre szélesebb körben felismeri, és a legsúlyosabb hatások lehetőség szerinti elkerülésére egyre növekvő mértékben alkalmazzák a tudomány és a technika eredményeit. Az értékes felszín alatti vízkészletek védelmére és a velük történő gazdálkodásra kiemelt figyelmet kell fordítani, hogy azok hosszú ideig fenntarthatóak legyenek.

A felszín alatti vizek számos helyen olyan természetes háttéranyagokat tartalmaznak, amelyek korlátozzák a vizek felhasználhatóságát. Pl. a tengervíz benyomulhat a víztározó rétegbe. A talajvíz tartalmazhat olyan természetes eredetű oldható anyagokat, mint pl. arzén, fluor, nitrátok vagy szulfátok, amelyek korlátozzák, vagy épp lehetetlenné teszik közvetlen felhasználásukat egészségügyi okok miatt. Megfelelő vízkezelési eljárásokkal általában csökkenthetők vagy eltávolíthatók az ártalmas anyagok, ez azonban jelentősen megnöveli a kiadásokat. Általános érvényű megállapítás, hogy a talajvíz minőségét felhasználás előtt és közben is folyamatosan ellenőrizni kell.

Szűkösség

A felszín alatti víz a világon sokfelé a fenntartható fejlődés létfontosságú alapját jelenti. Sok országban az ivóvizet a felszín alatti vízből nyerik, mert az természetesen úton védett, jó minőségű és megbízható. A felszín alatti vízkészletek relatív fontossága nyilvánvalóan növekedni fog. A biztonságos és fenntartható kitermelést úgy kell tekinteni, mint az öfenntartás egy életbevágó követelményét, s egyúttal, mint egy fenyegető globális vízválság megoldásának eszközét.

Növekvő fogyasztás, apadó készletek

A népesség, a gazdasági tevékenység és a mezőgazdasági öntözés növekedésével nő a víz iránti igény. Ugyanakkor – túlhasználat vagy a szennyezések következtében – világszerte csökkennek az elérhető készletek. A kereslet (felhasználás) és a kínálat (készletek) közti egyensúly labilissá válik. Több mint 30 ország szenved komoly krónikus vízhiányban, és a kereslet kielégítése érdekében egyre növekszik a felszín alatti víz kitermelése is.

Világszerte a mezőgazdaság a legnagyobb vízfelhasználó (70 %), ezt követi az ipar (20 %) és a háztartási szektor (10 %). Jelentős erőfeszítéseket tettek az ipari és a háztartási vízfelhasználás csökkentésére, az öntözés hatékonyságán viszont bőven van még mit javítani. A legégetőbb problémát a száraz éghajlatú zónában szórványosan elhelyezkedő gazdaságok nem megújuló talajvízzel történő öntözése jelenti. Az említett három szektor vízfelhasználása a földrajzi elhelyezkedés és a gazdaság fejlettsége tekintetében is jelentős változatosságot mutat. Európában és Észak-Amerikában elsősorban az ipar, Ázsiában és Afrikában viszont a mezőgazdaság a fő vízfogyasztó.

Néhány felszárász és száraz klímájú vidéken a kitermelt víz közel 30 %-át fordítják öntözésre, és ez a trend növekedést mutat.

A világ számos sivatagi régiójában a jelenlegi vízgazdálkodási politika tovább súlyosbítja a helyzetet. Ahelyett, hogy csökkentenék a pótolhatatlan fosszilis, nem megújuló felszín alatti vizek kitermelését, néhány szárazságtól szenvedő állam még támogatja is azt. A kezelt és elfolyó víz újra-felhasználása részleges megoldást jelenthet.

Bármilyen megőrző intézkedéseket hozunk, a felszín alatti víz kitermelése elkerülhetetlen. Gyakran a felszín alatti víz az egyetlen költséghatékony vízforrás. A fúrási, a lyukkiképzési és a kitermelési technológiák fejlesztése, valamint a vidékek növekvő villamosítása azt jelenti, hogy soha nem látott mértékű vízkivétel indul meg megfelelő tervezés nélkül. Mivel a talajvíz nagyon lassan mozog, a túlzásba vitt használat hatásai csak évek vagy évtizedek múlva jelentkeznek. A jövő víz-stratégiai feladatainak tartalmazniuk kell a kitermelés és vízminőség jól megtervezett monitoringját.

A döntéshozóknak csak megbízható tervek alapján és használható szabályozási eljárás életbeléptetése után szabadna engedélyt adniuk a felszín alatti víz kitermelésére. Ilyen módon megakadályozható lenne a felszín alatti víz mennyiségének csökkenése és minőségének romlása, és megőrizhetnénk a vízkészletet a fenntartható Föld ökológiája számára.

Értékes készletek

Világszerte mintegy 2 milliárd ember használ felszín alatti vizet, ami ezáltal a legkeresettebb természeti erőforrás. Az éves kitermelés becsült nagysága 600 és 700 km³ között van (milliárd m³ vagy milliárd tonna). Összehasonlításképpen: a világ éves homok- és kavics-termelése kb. 18 milliárd tonna, míg az olajtermelés csupán 3.5 milliárd tonnára rúg.

Több államban fontolgatják a talajvíz köztulajdonba vételét. Ahol kevés van belőle, gazdasági árucikké tehetik, a legtöbb esetben viszont nem lehet árat rendelni hozzá. A víz árának magába kell foglalnia a kitermelés, a kezelés és az ellátás költségeit, a szükséges készletek fenntarthatósága érdekében. Jelenleg nincsenek adataink arról, mennyire jövedelmező a fogyasztók felszín alatti vízzel történő ellátása. Az egyetlen, rendelkezésre álló adat a legértékesebb végtermékre, az ivóvízre és a palackozott vízre vonatkozik.

1. táblázat Felszín alatti vízkitermelés más nyersanyag- és energiaforrásokhoz képest (2001)

Nyersanyag	Éves termelés (millió tonna)	Érték (millió euro)
Felszínalatti víz	> 600.000	300,000*
Homok és kavics	18,000	90,000
Szén	3640	101,900
Olaj	3560	812,300
Lignit	882	12,300
Vas	662	16,400
Kősó	213	4500
gipsz	105	1500
Ásvány- és csapvíz	89	22,000
Foszfát	44	3000

*0.5 euro/m³ áron. Az európai ár általában 0.8-1.4 euro/m³ között van.

A készletekről, költségfedezetről, mezőgazdasági öntözésről, a vízpiac liberalizációjáról és a magánberuházásokról szóló tárgyalások a társadalom minden szintjén folynak. Az ENSZ által kitűzött Milleniumi Fejlesztési Cél középpontjában az áll, hogy 2015-re felére csökkenjen azon emberek száma, akiknek nincs hozzáférésük biztonságos ivóvízhez. Ez a cél csak akkor érhető el, ha jelentős pénzügyi beruházások történnek, kb. 15 milliárd € évente, mostantól legalább 2015-ig.

A víz értéke erősen függ attól, hogy ki használja fel, noha a termékek gyakran ugyanabból a természeti forrásból származnak. Az öntözővíz nem kezelt, így költsége mindössze néhány cent/m³ – már ha van egyáltalán költsége. A kezelt ivóvíz, mely a vezetékben áramlik, akár 2 € (= 500 Ft) is lehet m³-enként, míg a palackozott ásványvíz m³-re az 1000 €-t (250.000Ft) is elérheti.

Ha a társadalom az értékes vízkészletek kiaknázását utánpótlás vagy visszatöltődés nélkül folytatja, a vízválság egyre jobban súlyosbodni fog. A fenntarthatóságot célzó stratégiák számára elvárás, hogy a vízkörforgás minden szakaszának jellemzőjét figyelembe vegyék, és garantálják, hogy a teljes vízhasználat tudományos alapon történjen, ami hozzájárul a világ alapvető, ugyanakkor láthatatlan felszín alatti vízkészletének teljesebb megismeréséhez.

Kiemelt témák

Az elmúlt évtizedekben az emberi és állati fogyasztás, öntözés és ipari felhasználás hatására jelentősen megnövekedett a vízfogyasztás. Ennek ellenére a felszín alatti vízkészletekre és fenntarthatóságukra vonatkozó ismeretek mégsem kielégítőek, mert a hidrogeológia még mindig a fiatalabb tudományok közé sorolható. 2005-ben az ENSZ meghirdette a víz évtizedét, előmozdítva a vizes témák ügyét, melyeket a Milleniumi Fejlesztési Cél (MDGs) is támogat. A felszín alatti víz kétségtelenül jelentős szerepet játszik ebben az új ENSZ-évtizedben.

A program részét a következő tevékenységek jelentik:

- Az édesvízkészletek feltérképezése és mennyiségi meghatározása, beleértve az országhatárokon átnyúló vízkészleteket is;
- A felszín alatti vízrendszerekben a feláramló, az átáramló és a beszivárgó folyamatok, továbbá a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák vizsgálata;
- A felszín alatti víz kitermeléséből vagy a víztestek minőségi és mennyiségi leromlásából származó környezeti hatások javítása, a felszíni ökoszisztémák védelmével, a talajvizek mennyiségének és minőségi romlásának megelőzésével, és a felszín alatti vizek monitoring rendszerének hosszú távú működtetésével;
- A víz értékének felismerése különféle környezetekben, és stratégia kidolgozása a vízkészletek megőrzése és védelme érdekében.

Kulcskérdések

- Mekkora a felszín alatti víz mennyisége és hogyan hasznosítható fenntartható módon?
- Hogyan deríthető fel és kezelhető a fosszilis vízkészletek nem fenntartható kitermelése úgy, hogy csökkentse a kizsákmányolás és az általa kiváltott emberi, ökológiai következmények hatását? Mindehhez jobban meg kell érteni a víz utánpótlódásának folyamatát.
- Hogyan lehet a sérülékeny felszín alatti vízkészletet védeni szennyeződés ellen, és milyen módon hozható helyre a szennyezett vízkészlet?