

## VÍZSZÁLLÍTÓ RENDSZEREK A FÖLDKÉREGBEN

A FELSZÍN ALATTI VIZEKSEL KAPCSOLATOS ÚJ ISMERETEK ÉS TANÍTÁSUK  
LEHETŐSÉGEI

GROUNDWATER FLOW SYSTEMS – NEW KNOWLEDGE REGARDING THE GROUNDWATER AND  
POSSIBILITIES OF ITS TEACHING

MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT<sup>1a</sup> – MAKÁDI MARIANN<sup>2b</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia  
Professzúra, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Földrajz szakmódszertani csoport

<sup>a</sup>szjudit@ludens.elte.hu, <sup>b</sup>makadim@caesar.elte.hu

### Abstract

Understanding the dynamic systems of the Earth requires new approach in geography teaching. Also the knowledge regarding the groundwater has to be taught for students by system approach, focusing on its movement and relationship. This is important for the environmentally conscious interpretation of the connected terms and processes. The paper displays the changes of terms and approaches and the scientific background which can help the geography teachers to keep up with the evolution of science in their teaching practice. The presented modelling experiments try to help students in research based teaching process.

**Keywords:** groundwater, flow system, water cycle, recharge area, discharge area, water table system approach, mineral water, healing water, thermal water, inland water, artesian well; research learning strategy, modelling, environment-conscious approach

### Bevezetés

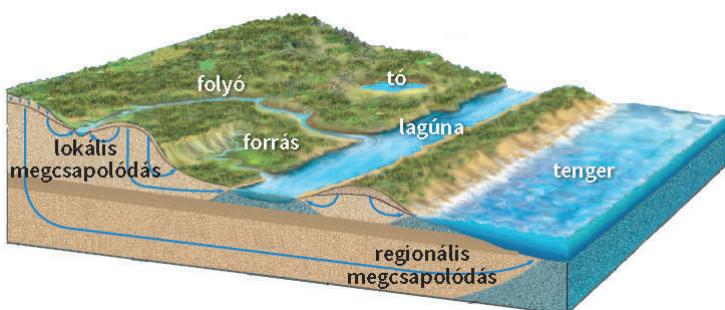
Az utóbbi évtizedekben érzékelhető az a tendencia, miszerint a tudományok és az iskolai oktatás egyaránt a **rendszerekben való gondolkodást** helyezi előtérbe, minden bizonynyal annak felismeréseként, hogy a földi rendszerben minden folyamat, jelenség csak a környezetével együtt, kapcsolataiban értelmezhető. A természet kicsiben és nagyban is egy rendkívül összetett rendszer, egyetlen óriási kapcsolati háló, amiben nincsenek egymástól független részek, semmi nem szakítható ki abból még gondolatilag sem (MAKÁDI M. – VICTOR A. 2015). Pedagógiai oldalról nemcsak a tartalom, hanem a tanulással, tudásszerzéssel kapcsolatos fejlődési irányok is erősítik e tendenciát, hiszen a társadalmi igények következtében a közösségben, együttműködve szerzett tudás jelentősége felértékelődik (SENGE, P. 1998). A rendszerben való gondolkodás csaknem valamennyi természettudományos tantárgyban érvényesül a mai hazai köznevelésben. A

földrajz tantárgyban az 1990-es évek óta folyamatos a törekvés arra, hogy a világ működését ne (vagy ne csupán) tényekben, hanem elsősorban összefüggéseiben ismerjék meg a tanulók. Ennek eredményeként kerültek új szemléletben a földrajz tantervekbe és a tankönyvekbe is a kéregföldrajzi, a gazdasági-pénzügyi, a társadalmi változási folyamatok. Két terület maradt adós a rendszerszerű gondolkodás befogadásával, mégpedig az időjárás-éghajlattani, valamint a felszín alatti vizekkel kapcsolatos ismeretek köre. Ebben a tanulmányban ez utóbbival foglalkozunk.

### A felszín alatti vízszállító rendszerek

A talajvíz és az attól vízzáró rétegekkel elszigetelt rétegvíz fogalmak, valamint az ezekhez kapcsolódó egyszerű sablonok mélyen beleivódtak a gondolkodásunkba, akár a témát tanítókat, akár a társadalom szélesebb rétegeit tekintjük. Nehéz ezektől elszakadnunk. Annál is inkább, hiszen vizuálisan is érzékelhető ismeretekkel nem rendelkezünk a felszín alatti vizekről. Nem csoda, hogy a tapasztalatokból és az ismeretek fejlődéséből végül csak az 1980-as évekre született meg a korábbi vélekedést felváltó és a rendszerszemléleten alapuló új paradigma (MÁDLNÉ SZŐNYI J. et al. 2013). Ennek lényege, hogy a legfelső és a mélyebb rétegekben található talajvíz és rétegvíz önkényes elkülönítése helyett próbáljuk meg követni és megérteni a víz felszín alatti útját. A tudomány fejlődésével ugyanis a kutatók felismerték, hogy a víz a korábban tökéletesen vízzárónak vélt kőzeteken is átjut, ami csak idő kérdése. Ez a szemléletváltás vezetett annak belátásához, hogy a vizek nem talajvízként és rétegvízként elszigetelve találhatók a felszín alatt, hanem különböző behatolási mélységű (lokális, regionális) rendszerekbe szerveződve folyamatos, (többnyire) lassú mozgásban vannak. E rendszerek **utánpótlódási területeitől** (azaz onnan, ahol a csapadék a talajnedvességi és a telítetlen zónán átjutva eléri a felszín alatti víz szintjét) a felszínre jutási zónájukig (azaz a **megcsapolódási területekig**) tartó útjuk során láthatatlanok maradnak. S mire ismét felszínre lépnek, jelentős távolságra – néhány, esetleg több tíz vagy száz kilométerre – kerülnek a felszín alá jutási helyüktől (1. ábra).

Az új ismeretek fizikai mérésorozatokon és modelleken alapulnak. A szakemberek a kutakban mért adatok alapján kimutatták a felszín alatti áramlási rendszereket. De modellezni is tudták a vízrészecskék előrehaladását a nagyobb energiájú (magasabb vízszintű – magasabb helyzeti energiájú) helyek felől a mélyebb fekvésű (alacsonyabb vízszintű – kisebb helyzeti energiájú) területek felé (MÁDLNÉ SZŐNYI J. et al. 2013). E felismerések a rendszerszemlélet bevezetését hozták el a felszín alatti vizek tudománya, a **hidrogeológia** fejlődésébe.

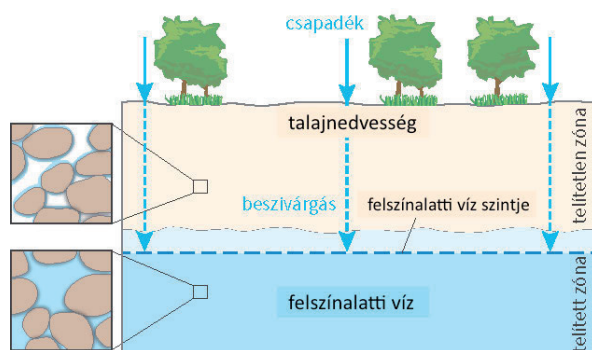


1. ábra. Láthatatlan vízszállító rendszerek a felszín alatt (forrás: Földrajz 9. osztály újjenerációs tankönyv, 170. p.)

## Új fogalmak a régiek helyett

E szemléletváltozás földrajzoktatásba történő bevezetése nehéz, hiszen az eddig használt fogalmak egy része (vízzáró kőzetréteg, talajvíz, rétegvíz) értelmét veszítette. Komoly kihívást jelent a teljesen vízzáró kőzet fogalmának elengedése. Ezt mégis meg kell tennünk, hiszen a földkéregbe mélyített fúrások kőzetmintáinak vízáteresztő képességére vonatkozó mérési eredmények bizonyítják, hogy minden kőzetnek van „bizonyos mértékű” vízáteresztő képessége (MÁDLNÉ SZŐNYI J. et al. 2013). Ha egy virágcserepbe agyagot rétegzünk, akkor nyilván megáll felette a víz, és nem halad át rajta; legalábbis nincs időnk azt kivárni. Ezt a kézzelfogható tapasztalatunkat a valóság annyiban írja felül, hogy a víznek sok idő és a kőzetekben – a geológiai fejlődéstörténet során kialakult – pórus- vagy repedésrendszer áll rendelkezésére. Így szépen lassan, de a víz átjut a kőzeteken. Tökéletesen vízzáró kőzet tehát nincs, minden kőzet képes valamilyen mértékben vezetni a vizet. Kétségtelen, hogy vannak **vízfogó** kőzetek (pl. agyag, márga), amelyek képesek jelentősen lelassítani a vízmozgást. Mások, például a mészkő, a homokkő vagy a kavics **víz tartó** vagy **vízvezető** kőzetek, tárolják és mozgásában segítik a vizeket.

Ha a víz az utánpótlódási területtől a megcsapolódási területig összefüggő áramlási rendszert képez a felszín alatt, továbbá nincs teljesen vízzáró kőzet, akkor fogalmilag sem különülhetnek el így egymástól a felszín alatti vizek. Ebből az is következik, hogy nincs külön talajvíz és a rétegvíz, mindkettő egyszerűen felszín alatti víz, azaz összefüggenek egymással. Két fogalom maradt csak: a felszín közeli telítetlen zónában a talajnedvesség, az alatta levő telített zónában pedig a felszín alatti víz. A telítetlen zónában a víz a talaj- vagy kőzetszemcséket veszi körül, vagyis a vízburokkal rendelkező törmelék, málladék között levegő is van (2. ábra). A telített zónában a részecskék közül kiszorul a levegő. A telítetlen zóna és a telített zóna határvonala a felszín alatti víz szintje.



2. ábra. Hogyan lesz a csapadékvízből felszín alatti víz? (forrás: Földrajz 9. osztály újjenerációs tankönyv, 170. p.)

Nehéz kérdés a vízszint jelentőségének megértése, de fontos. Magasabb fekvésű területeken a felszín alatti víz szintje is magasabban van (több a víz helyzeti energiája), a mélyebb fekvésű területeken pedig alacsonyabban található (kevesebb a víz helyzeti energiája). A felszín alatti vízszintek különbségének az a jelentősége, hogy ez az energiakülönbség mozgatja a felszín alatti vizeket a magasabb energiájú helyek felől az alacsonyabbak felé (3. ábra). További nehézséget okoz a földrajztanításban, hogy új fogalmak (vízáramlási rendszer, utánpótlódási és megcsapolódási terület) is bevezetésre kerülnek. Ugyanakkor ha az egész felszín alatti vízmozgást a **vízkörforgalomhoz** kapcsoljuk, akkor csak egy lépés annak belátása, hogy a felszín alatti vízszállító rendszerek a vízkörforgalom felszín alatti részét jelentik. Az új koncepció tehát sokkal érthetőbbé teszi a **források** kialakulásának megértését, hiszen azok megcsapolódási területek és a vízszállító rendszerek végét jelölik ki. Fontos felismerés továbbá az is, hogy a megcsapolódás síkvidéken, főleg folyókban történik.

Az **artézi kutak** fogalma továbbra is megmarad, bennük a víz a földfelszín fölé emelkedik. A magyarázat viszont változik, azaz elvethetjük a korábbi definíciót: „két vízáramló réteg között mozgó és tárolódó víz a felette lévő közettömegek nyomása következtében szökik fel”. Helyette azt mondjuk, hogy az artézi kutak a megcsapolódási területek alatt létesíthetők, és bennük a víz – a nagyobb energiataralom miatt – a felszín fölött áll meg. Tehát az artézi kutakat nem kell szivattyúzni. Azt azonban a tanulóknak is érzékelniük kell, hogy a kutak (bármilyen mélységből is hozzák felszínre a vizeket) megváltoztatják a természetes vízáramlási viszonyokat. A **belvíz** fogalom alig változik. A mélyebb fekvésű területeken fordul elő, ahol a felszín alatti víz szintje közelebb van a felszínhez, ezért a vízszint emelkedésekor a felszínre bukkanhat. Az új szemlélet előnye: segít annak belátásában, hogy a felszíni vizek (folyók, tavak, tengerek) is kapcsolatban vannak a felszín alatti vizekkel, azaz összefüggéseiket mindig szem előtt kell tartanunk.



3. ábra. A vízáramlási rendszerek víztartó és vízfogó rétegeken való áthatolásának időléptéke  
(forrás: Földrajz 9. osztály újgenerációs tankönyv, 171. p.)

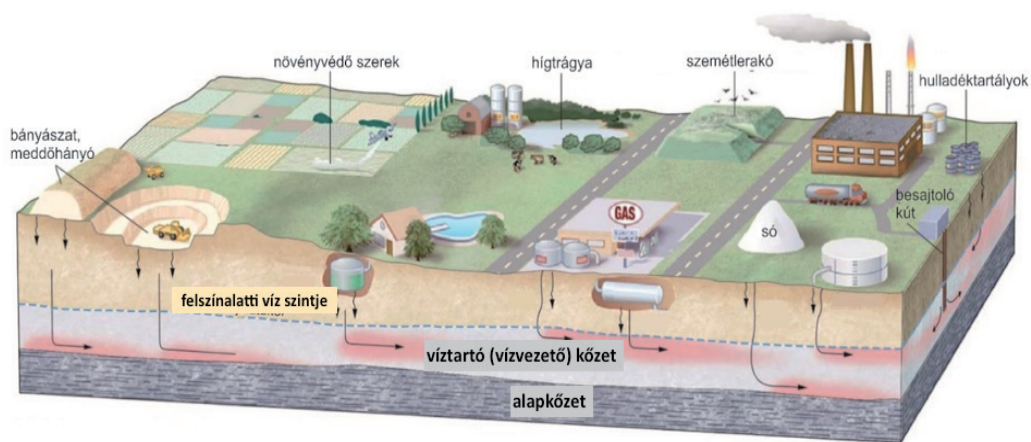
### Mi a tétje az új ismeretek közvetítésének?

A felszín alatt zajló vízmozgás törvényszerűségeinek megismerése a tudományos érdeklődésen túl a mindennapi életben is alapvető jelentőségű, hiszen a Föld teljes, kb. 1400 millió  $\text{km}^3$ -nyi vízkészletéből az édesvíz csupán 2,5%. Azonban a mobilizálható édesvízkészleteknek 98%-a a felszín alatt található, tehát a Föld legnagyobb **édesvíztartalékáról** van szó. Az édesvízkészletek hosszútávon fenntartható hasznosítása az éghajlatváltozás és a népességnövekedés tükrében pedig egyre nagyobb feladat. Globálisan jelenleg a teljes  $4000 \text{ km}^3/\text{év}$  vízhasználat kb. 20%-a ( $800 \text{ km}^3$ ) származik felszín alatti vizekből. Ez a részesedés ugyanakkor a 20. században gyakorlatilag megötszöröződött, főként a felszíni vízben szegény arid régiókban. Magyarország nemzetközi összehasonlításban különleges helyzetű: felszíni vizekben viszonylag szegény, ugyanakkor nálunk a felszín alatti vizek szinte az ország egész területén hozzáférhetők, teljes közüzemi vízellátásunk közel 98%-ban felszín alatti vízkészletekre épül. Hazánkban a felszín alatti vizek ivóvízként történő használata világviszonylatban is kimagasló, ugyanis nálunk a folyók kavicsteraszan keresztül a folyópartokon kutakból kitermelt, ún. parti szűrésű vízkészleteket is a felszín alatti vizekhez soroljuk. Hagyományosan ilyen parti szűrésű vízbázisokból látják el Budapest lakosságát ivóvízzel.

A felszín alatti vízáramlásokon keresztül a bejutó szennyezők szállítása is zajlik (4. ábra). A felszín alatti vizek minőségét károsítja a szakszerűtlen (nem megfelelő mennyiségű és nem az optimális időpontban történő) műtrágyahasználat vagy az illegális

személtalrakás. Az állattartó telepekről hígtrágya juthat a felszín alatti vízbe. A csatornázatlan területeken a házi szikkasztó aknák és azok szakszerűtlen kialakítása eredményezik a szennyvizek felszín alatti vízbe jutását. Benzinkutak tartályainak szivárgásából is bekövetkezhetnek vízszennyezések. Az utak téli sózásának hatása szintén kimutatható károsodást okoz a felszín alatti vizekben. Amikor ezeket a felszín alatti vizeket kutakkal termeljük ki, akkor mesterségesen felgyorsítjuk a szennyezett víz mozgását. Problémát okoz, hogy a szennyezettségről – annak rejtettsége és tartóssága folytán – többnyire csak a kútban, a forrásban való megjelenéskor értesülünk. Emiatt az elszennyeződött mélységi vizek rehabilitációja rendkívül költséges, és az eredeti állapot többnyire nem is állítható helyre.

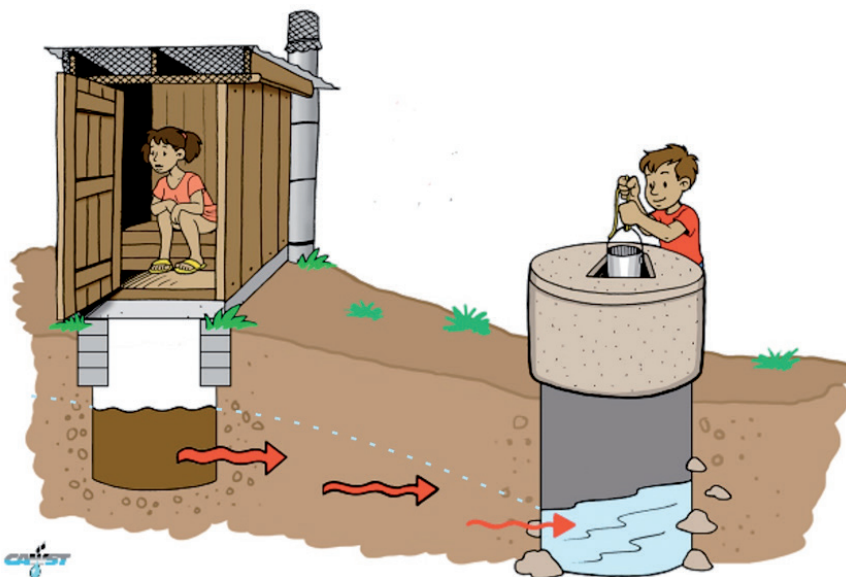
A felszín alatti vizekből származnak az **ásványvizek** is, melyekből egyre többet fogyasztunk (2017-ben 125 l/fő/év). Korábban így nevezték a literenként legalább 1 gramm ásványi anyagot tartalmazó vizet. Azonban az Európai Unióhoz való csatlakozás óta hazánkban is a „mediterrán” ásványvízfogalom van érvényben, azaz megszűntek az oldottanyag-tartalomra vonatkozó megkötések. A természetes **ásványvíz** védett víztartó rétegből származik, a kitermelés helyén palackozzák, hogy minőségét megőrizze. Élelmiszerek tekintendő, a biológiai vízigény (szomjúságoltás) kielégítésére fogyasztjuk (MÁDLNÉ SZŐNYI J. et al. 2013). Sajnálatos módon a fogyasztók nem nézik a palackokon feltüntetett oldottanyag-tartalmat, így nincsenek tisztában azzal, hogy palackozott ivóvizet vagy ténylegesen az ásványi anyagok szervezetbe jutását lehetővé tevő vizet fogyasztanak. A **gyógyvíz**, amely orvosilag bizonyítottan gyógyhatású



4. ábra. A felszín alatti vizeket fenyegető emberi tevékenységek és szennyező források (Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition, Copyright©: W.W. Norton & Company Fig. 19.23. nyomán)

víz, szomjúságotlásra gyakran kellemetlen íze miatt sem használható. Elsősorban a betegségmegelőzést és a gyógyítást szolgálja. Hazánk **hévizekben** is rendkívül gazdag, nálunk a legalább 30 °C-os vizet nevezzük így, ami az ország területének több mint 70%-án rendelkezésre áll.

E víztípusok növekvő jelentőségével szemben a társadalom általános ismeretanyaga a témában igen szegényes. Annál is inkább, hiszen rejtett, a szemünk elől elzárt vizekről van szó. Ezért fogyasztják az emberek ma az ásott vagy fúrt kutak vizét bevizsgálatás nélkül, ezzel akár saját egészségüket is veszélyeztetve (5. ábra). Holott vezetékes vízzel gyakorlatilag az ország teljes területe ellátott. Magyarország lakosságának ivóvíztartaléka és az ország mezőgazdasági termelése, az öntözés tervezése miatt sem mindegy, hogy hol mennyi vizet termelünk ki a felszín alól. Mi több, ahogy láttuk, a kutakból történő vízkivételekkel a természetes vízáramlási rendszereket is módosítjuk. Be kell lássuk, hogy a víztermelés a felszín alól sem folytatható következmények nélkül akkor sem, ha mindenki „csak éppen saját szükségletét” elégíti ki. Hiszen a sok kicsi sokra megy, lecsökken a felszín alatti vízszint, ahogy erre sok példa ismert a világból. Hasonlóképpen a felszín alatti vizek elszennyezésére is fel kell hívnunk a figyelmet. Ha a baj már megtörtént, a helyreállítás rendkívül költséges és teljes körű tisztítás utólag már gyakran nem érhető el.



5. ábra. Az árnyékszékek is szennyezhetik az ásott kutakat (forrás, módosítva)

## Mit tehet a földrajztanítás a szemléletváltás érdekében?

A felszín alatti vízkészletek természetének megértéséhez és az összefüggések felismeréséhez szükség van a földrajztanítás megreformálására e témakörben, hiszen csak ekkor remélhetjük, hogy az új ismeret és szemlélet közkinccsé válik és a javunkra fordítódik.

A témakör feldolgozására a maga komplexitásában jelenleg a gimnáziumok 9. évfolyamában van lehetőség, de elemei előkerülnek az alapfokú oktatásban is, például hazánk természetföldrajzi áttekintése részeként a medencejelleghez kapcsolódóan, vagy a regionális földrajz tanulása során a nagy felszín alatti víztárolók (pl. Szahara, Nagy-Ártézi-medence) kapcsán. A jelenleg érvényben lévő földrajztervek (Nemzeti alaptanterv 2012, kerettantervek 2012) még nem tükrözik az új szemléletet. Vannak azonban olyan tankönyvek, amelyek már elébe mentek a társadalmi igénynek (újgenerációs földrajztankönyvek, OFI, 2018). Kívánatos, hogy az új Nemzeti alaptanterv – amelynek megjelenése az előzetes hírek szerint 2018. decemberre várható – alapján létrehozandó kerettantervek, valamint a megjelenésüket remélhetően követő új érettségi követelményrendszer megalkotása során érvényre jussanak azok a szemléleti és fogalmi változások, amelyekről az előző részekben szóltunk. Természetesen a szemléletváltás igazi kulcsszeplői azok a földrajztanárok, akik a témakör feldolgozása során valóban a dinamikus vízrajzi és vízgazdálkodási szemléletet közvetítenek tanítványaiknak. Az ő módszertani kultúrájuk segítheti elő a valós problémákból kiinduló tanulási folyamatot, a tanulók **kutatásos stratégia** alkalmazásán keresztüli aktív tudásszerzését (MAKÁDI M. 2015).

## Modellvizsgálatok

A következőkben néhány egyszerű modellvizsgálatot mutatunk be, amelyek segíthetnek a fenti törekvések megvalósításában (CSONDOR K. et al. 2017). A vizsgálatokat az ELTE földrajztanár szakos hallgatóival már többször elvégeztük, így azok tapasztalatait is felhasználtuk.

### A. Üledékes kőzetek vízáteresztő képességének megfigyelése

#### *Problémafelvetés*

Milyen gyorsan halad át a különböző üledékes kőzeteken a felszín alatti víz? A telítetlen zónán történő vízmozgás bemutatása.

*Szükséges anyagok, eszközök*



Kőzetminták (mészkő, homok, vegyes kavics, aprószemű kavics, rétegzett üledék), víz; 5 db PET-palack, 6 db főzőpohár, állvány, szűrőpapír.

#### *A megfigyelés előkészítése*

- 5 darab PET-palack tetejét levágjuk és a nyitott palackok szája elé szűrőpapírt teszünk az üledék megfogására.
- A palackokat lefelé fordítva állványba állítjuk, alájuk főzőpoharakat teszünk.
- A palackokat feltöltjük azonos mennyiségű, de különböző kőzetmintákkal.
- Egy főzőpohárba mindig azonos mennyiségű vizet engedünk, amit óvatosan a palackokban lévő kőzetmintákra öntünk (6. ábra).

#### *Feladat*

- Annak megállapítása, hogy a különféle kőzeteken milyen sebességgel halad át a víz, azaz mennyi idő alatt telik meg vízzel az alattuk elhelyezett pohár.
- Magyarázat keresése a tapasztalatra.

#### *Tapasztalat*

A víz a legkönnyebben a mészkövön és a vegyes nagykavicson halad át, míg a homokon a leglassabban. A relatíve nagyobb pórusméretű kőzeteken gyorsabban halad át a víz, míg a pórusméret csökkenésével a víz áthaladási sebessége csökken.

#### *Mit bizonyít a tapasztalat?*

A különböző üledékes kőzeteken különböző sebességgel halad át a víz, de valamennyin átjut. Bizonyos – vízfogó – kőzetek lassítják a víz mozgását.



6. ábra. A kőzetek eltérő vízáteresztő képességének vizsgálata (fotó: Deák Anita)

## **B. A felszín alatti vízszint két oldalán**

### *Problémafelvetés*

Hogyan jut a telítetlen zónán át a víz a felszín alatti vízszintig, ha esik az eső egy „valós” felszíni domborzattal rendelkező területen? Milyen a kapcsolat a folyó és a felszín alatti víz között? (Shoobox model)

### *Szükséges anyagok, eszközök*

Üledék (homok, nagyobb kavics, agyag), víz, kék ételfesték; (leeresztőcsappal ellátott) akvárium (de átlátszó műanyag doboz is jó), üvegcső (helyette egy alul kilyukasztott műanyag pohár is jó).

### *A megfigyelés előkészítése*

- Az akváriumban heterogén kőzetösszetételű felszínt (két oldalon magaslat, középen mélyedés) hozunk létre homok, agyag és kavics segítségével. Egy vízfogó kőzet (agyag) is kerül az edény egyik sarkába.
- A felszíni mélyedésben kialakítunk egy patakmedret (a kavicsra némi homokot teszünk).
- Egy magaslati pontnál behelyezzük a kőzetbe az üvegcsövet vagy poharat (mint kutat).
- Annyira feltöltjük az akváriumot vízzel, hogy az a patakmeder alja alá érjen.

### *Feladat*

- Megfigyeljük az akváriumban a telítetlen és a telített zónát.
- Az akvárium kúttal ellenkező végébe kék ételfestékkel színezett vizet öntünk (csapadék) (7. ábra). Megfigyeljük a víz telítetlen zónán át tartó útját a felszín alatt,



7. ábra. A telített és a telítetlen zónában való vízmozgás modellezése domborzattal tagolt medencében (fotó: Vásárhelyi Dalma)

valamint a vízszintet a kútban (megjelenik vagy emelkedik) és a folyómedret (megjelenik benne a víz).

- Leeresztjük az akvárium vizét a csap segítségével (szárazság imitálása). Megfigyeljük a vízmozgást. (Ha ez nincs, akkor alapállapotban figyeljük meg a száraz időszakot, majd megnézzük a változást a csapadék hatására).

#### *Tapasztalat*

Az üledékekkel teli üvegcsőben a felszín alatti víz és annak változása, illetve a telítetlen és a telített zóna közötti különbség figyelhető meg. Az esővíz lefelé szívárog a kádban a telítetlen zónán át. Minél több víz érkezik a felszínre, annál jobban emelkedik a vízszint. Ezek a változások megfigyelhetők a kútban is. Továbbá a folyómederben is megjelenik a víz, a felszín alól jut bele a vízszint emelkedésével. Ahol vízfogó kőzet (agyag) van, a felszínén jobban mozog a víz és kevésbé gyorsan jut bele. A csap megnyitásával a vízszint egyre csökken a felszín alatt, s a folyómederből is eltűnhet a víz. Fontos következtetés, hogy a vízkörforgalom a felszín alatt is zajlik, a folyók és a felszín alatti vizek is összefüggenek.

### **C. A felszín alatti víz szennyeződése**

#### *Problémafelvetés*

Egy pontszerűen felszín alá jutó szennyező mennyire terjed szét? Megtisztíthatjuk-e a vizet a szennyezőtől?

*Szükséges anyagok, eszközök*

A B. feladat eszközei és anyagai, fecskendő, piros ételfesték.

#### *Feladat*

- Az előző B. modellben pirosra festett vizet juttatunk a felszínre a modell magassági területén, a szennyező kijutását imitálva. Megfigyeljük a szennyező terjedését a felszín alatti vizekben.
- A kúton keresztül megpróbáljuk fecskendővel eltávolítani a szennyezőt a vízből.

#### *Tapasztalat*

A dombon csapadék hatására bemosódik a szennyezőanyag is. A szennyező elterjed a felszín alatt, a vízfogó kőzet ugyan megállítja, de a durvaszemű üledékben mindenhová elterjed. A dombtetőn fúrt kútból próbáljuk kiszivattyúzni a szennyezőt, de a piros szín sokáig megmarad, jelezve, hogy ha már elterjedt a szennyező, akkor nagyon nehéz eltávolítani.

#### *Mit bizonyít a tapasztalat?*

A szennyező a vízzel együtt terjed a felszín alatt, bár a forrása pontszerű, de nagy területet szennyez el, ami a felszínről nem látható. A szennyező eltávolítása szinte lehetetlen feladat.

### D. Nem mindegy, hogy mi szennyez

#### Problémafelvetés

Mi történik a felszín alatti víz szintjéhez leszivárgó benzinnel és a nehezebb higannyal, mint szennyezőkkel?

#### Szükséges anyagok, eszközök

Nagyméretű kavics, víz, ételfesték (két különböző színű), étolaj, glicerint; 2 db nagyméretű főzőpohár, 2 db kisméretű főzőpohár, keverőbot.

#### Feladat

- Két nagy főzőpohárba kavicsot töltünk, és azonos magasságig feltöltjük csapvízzel (maradjon a tetején telítetlen zóna!).
- Egy kis főzőpohárba étolajat öntünk, és megfestjük narancsszínű ételfestékkel (ez lesz a benzinszennyező).
- Egy másik kis főzőpohárba glicerint öntünk, és megfestjük kék ételfestékkel (ez lesz a higanyszennyező).
- A festett anyagokból töltünk a kavicsokra.

#### Tapasztalat

A szennyezők eléri a vízszintet. A benzint jelképező festett étolaj a víz tetején (a felszín alatti víz szintje felett) marad, mivel a víznél kisebb a sűrűsége. A higany helyettesítő festett glicerint ezzel szemben a víztömeg alá süllyed (a vízfogó kőzetig, ami itt az üvegpothár alja), beszennyezi a teljes vízkészletet.



8. ábra. A különböző sűrűségű szennyezőanyagok (piros a víz tetején, kék az edény alján) elhelyezkedése a felszín alatti vizekben (fotó: Deák Anita)

### *Mit bizonyít a tapasztalat?*

A szennyezők sűrűségétől is függ, hogy hogyan viselkednek a telített zónához érve. A benzinszennyező ugyan nagy területeket érinthet, de függőlegesen minimálisan terjed, így a szennyeződött felszín alatti vizek könnyebben tisztíthatók, mint pl. a higannal szennyezettek.

### **Összegzés**

A tudományokban bekövetkezett paradigmaváltásnak arra kell ösztönöznie az iskola-rendszer tartalmáért felelősöket, hogy a kutatások eredményei minél hamarabb megjelenjenek az oktatásban. Az évszázadok során sémákká merevedett szakmai tudás és azok átadásának módja sokáig él gondolkodásunkban. Ezért nincs késlekedni való idő arra, hogy a felszín alatti vizek dinamikus szemléletével kapcsolatos tudás is minél hamarabb beépüljön a földrajztanítás-tanulás folyamatába. A földi vízrendszer egységes értelmezésének részeként **a felszín alatti vizeket mint áramlási rendszereket** kell megismerniük a tanulóknak ahhoz, hogy megértsék a vízrendszer működését, **környezettudatosan cselekedjenek** mindennapjaikban, és majd felnőttként felelősségteljes döntéseket hozhassanak. Ebben a tanulási folyamatban a problémafelvetéseken alapuló vizsgálódás az egyik leghasznosabb tevékenység, mert megmutatja számukra a dolgok természetét és a problémák megoldási útjainak keresési, megtalálási módját.

### **Irodalom**

- CSONDOR K. – MÁDLNÉ SZÖNYI J. – ERŐSS A. – MAKÁDI M. – BODOR P. – SZIKSZAY L. 2017: Egyszerű kísérletek és hasznos kérdések a felszín alatti vizekről, földrajztanároknak. – Kézirat.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J. 2011: Talpunk alatt is folyik? Felszín alatti áramlások a víz körforgalmában. – <https://www.youtube.com/watch?v=gqeg78-1ofw&feature=youtu.be>
- MÁDLNÉ SZÖNYI J. – CZAUNER B. – SIMON SZ. – ERŐSS A. – ZSEMLE F. – PULAY E. – HAVRIL T. 2013: Hidrogeológia. – <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/book.pdf>
- ARDAY I. – BURÁNSZKINÉ SALLAI M. – MAKÁDI M. – NAGY B. – SÁRINÉ GÁL E. 2018: Földrajz 9. Újgenerációs tankönyv. – EKE–OFI. Eger–Budapest. pp. 170–173.
- MAKÁDI M. 2013: Modellezési technikák a földrajztanításban. – In: Makádi M. (szerk.): Vizsgálati és bemutatási gyakorlatok a földrajztanításban. ELTE-Prompt. Budapest. pp. 187–240.
- MAKÁDI M. 2015: Tevékenykedtető módszerek a földrajztanításban. – ELTE TTK. Budapest. pp. 104–119.
- MAKÁDI M. – VICTOR A. 2015: Az összefüggő rendszerek tanításának szaktudományi háttere és szemlélete. – In: Makádi M. (szerk.): A természetismeret tanítása és tanulása. ELTE TTK, Budapest, pp. 213–248.

SENGE, P. M. 1998: Az 5 alapelv. A tanuló szervezet kialakításának elmélete és gyakorlat – HVG Kiadó, Budapest, 464 p.

Shoebox model. – <https://www.youtube.com/watch?v=izq9gvCOaYk>

110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról – [http://www.njt.hu/cgi\\_bin/njt\\_doc.cgi?docid=149257.218573](http://www.njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=149257.218573).

A Nemzeti alaptanterv tervezete, 2018. augusztus 31. – <http://oktatas2030.hu>

Kerettanterv az általános iskolák 5–8. osztálya számára. 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 2. melléklete.

Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. osztálya számára. 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 3. melléklete