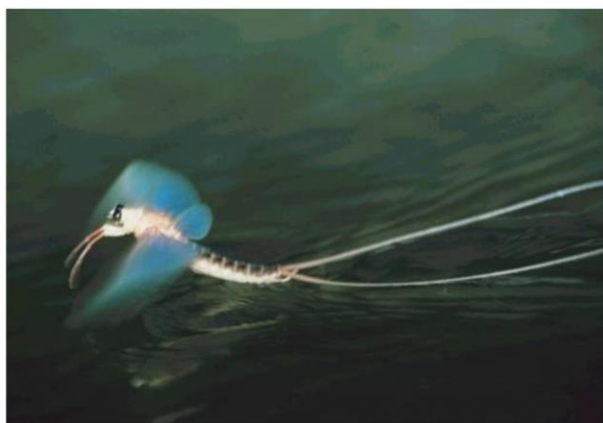


HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 98. ÉVF. 2. SZÁM • 2018
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 98. NO 2. • 2018





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

Főszerkesztő:

Fehér János

Szakszerkesztők:

Ács Éva

Konecsny Károly

Nagy László

Szerkesztőbizottság elnöke:

Szöllősi-Nagy András

Szerkesztőbizottság tagjai:

Ács Éva, Baranyai Gábor, Bezdán Mária, Bíró Péter, Bíró Tibor, Bogárdi János, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Fekete Balázs, Gampel Tamás, Gayer József, Hajnal Géza, Ijjas István, Istvánovics Vera, Józsa János, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Kovács Sándor, Major Veronika, Melicz Zoltán, Nagy László, Rákosi Judit, Rátty István, Román Pál, Szabó János Adolf, Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szilávik Lajos, Szolgay János, Szűcs Péter, Tamás János, Vágás István, Vekerdy Zoltán

Kiadó:

Magyar Hidrológiai Társaság

1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.

Tel: +36-(1)-201-7655

Fax: +36-(1)-202-7244

Email: titkarsag@hidrologia.hu

Honlap: www.hidrologia.hu

A Kiadó képviselője: Szilávik Lajos, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Hirdetés:

Gampel Tamás, a Magyar Hidrológiai Társaság főtítkára

1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.

Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244

Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Fluidex;

Geotechn. Abstr.; Meteor / Geostrophys.

Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

Fehér János: Előszó 3

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP

Fejér László: A Bogdánfy Ödön emlékérem alapításáról 4

SZAKCIKKEK

Somlyódy László: Víztisztaság-szabályozás: Fejlődéstörténelem 5

Somlyódy László: Víztisztasági modellek és a mérnök 13

Nagy László: Az árvízvédelem szerkezeti módszerei 23

Kozák Miklós: Egy vasgyári kikötő építésének különleges tanulságai 30

Kardos Máté Krisztián, Koncsos László: Klímaváltozás és vízpótlás hatásainak vizsgálata a WateRisk integrált hidrológiai modellel egy Duna-Tisza közti mintaterületen ... 36

Kerékgyártó Tamás, Gál Nóra, Szűcs Teodóra, Tóth Anikó Nóra, Szűcs Péter: Hódmezővásárhelyi geotermikus rendszer üzemelése során fellépő ásványkiválás-potenciál előzetes vizsgálata47

Gyenes István, Szanyi János: Egy kutas függőleges interferenciamérés (Prats módszer)53

Karches Tamás: Kaszkádolás szerepe a rögzített biofilm hordozót alkalmazó szennyvíztisztítási technológiákban 57

FÓRUM

Juhász József: Életem a Magyar Hidrológiai Társaságban 64

Nagy István: Tévkút a magyar árvízvédelem? 67

KÖNYVISMERTETÉS

Somlyódy László: Felszíni vizek minősége – Modellezés és szabályozás 75

Hódmezővásárhelyi geotermikus rendszer üzemelése során fellépő ásványkiválás-potenciál előzetes vizsgálata

Kerékgyártó Tamás^{1,2}, Gál Nóra¹, Szócs Teodóra¹, Tóth Anikó Nóra², Szűcs Péter^{2,3}

1: Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.

2: Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, 3515 Miskolc-Egyetemváros

3: MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515 Miskolc-Egyetemváros

Kivonat

A geotermikus energia felhasználása számos technikai és környezeti kihívással jár. A technikai nehézségeket egyrészt a víz kémiai összetétele (melynek következménye lehet vízkőképződés, bakteriális eltömődés és korrózió), másrészt a homokkőbe történő visszasajtolás gazdaságos fenntartása jelenti. A hosszú távú üzemelés fenntartásához szükség van a fluidum összetételének és ennek az üzemelés során fellépő változásainak (nyomás, hőmérséklet) megismerésére.

A vízkő lerakódások okának feltárásához először megismertük a geotermikus rendszer üzemelésének paramétereit, valamint víz, gáz és vízkő mintákat gyűjtöttünk és elemeztünk. A víz és gázelemzések eredményei a geokémiai modell bemenő adatait, míg a vízkő kiválás összetételének vizsgálata a modell ellenőrzését képezte.

A geotermikus rendszerben a visszasajtolás során végbemenő geokémiai reakciók modellezésére a PHREEQC szoftvert alkalmazzuk. Felhasználva a nyomás, hőmérséklet, pH, redox potenciál, valamint a víz (termelt és visszasajtoló) és környezete ásványos és kémiai összetételét a kidolgozott módszertan alkalmazhatóságát is teszteltük. Kiindulásként a visszasajtoló kút környezetére jellemző eredeti, intakt állapotot definiáltuk, melyet 10 lépésben a visszasajtoló vízzel reagáltattunk mindaddig, míg a kút környezete 100%-ban kicserélődik a visszasajtoló vízre.

A modelleredmények azt mutatják, hogy a módszertan a vízkő kiválási hajlam vizsgálatára alkalmas, de a bemenő paraméterek további pontosításra és kiegészítésre szorulnak. Az első eredmények azt jelzik, hogy a PHREEQC szoftver alkalmas a visszasajtolás geokémiai szimulációjának elvégzésére, mely segítséget nyújthat a geotermikus rendszer hatékonyabb üzemelésének megtervezéséhez. A Hódmezővásárhely B-1103 visszasajtoló kút környezetében az első modelleredmények alapján a kalcit és kvarc kiválásra, míg a dolomit beoldódásra hajlamos.

Kulcsszavak

Porózus geotermikus rezervoár, termelő-visszasajtoló kútpár, geotermikus rendszer, víz-geokémiai modellezés

Preliminary evaluation of scaling-potential in the operational geothermal system of Hódmezővásárhely

Abstract

The utilization of geothermal heat has technical and environmental challenges. On the technical side, the most common difficulties are related to the chemistry of the geothermal fluids, which may contain considerable concentrations of minerals and gases causing scaling and corrosion in wells and surface installations. For the long-term utilization of thermal water is useful to consider all the possible fluid composition variations under the different pressure and temperature conditions occurring within the aquifer and geothermal production system.

To find the reason for the scaling in the system first, the parameters of the geothermal system were appraised, then next water, gas and scaling samples were collected and analysed. The results of the water and gas analyses give the input parameters of the geochemical model, while the mineral composition of the scaling used to verify the model.

PHREEQC computer program was used to model the geochemical reactions in the geothermal system during reinjection applying pressure, temperature, pH, redox-potential and water chemical data of the water together with the mineral composition of the screened depth, and the applicability of this method was tested, as well. At first, geochemical processes of the intact reinjection well was modelled, then gradually the original water was mixed in 10 steps with the reinjected water up to 100 % of the later.

Model results indicate that this approach is applicable to model scaling and our system as well. However, to get more exact results additional and more detailed input parameters are needed. Furthermore, the PHREEQC software is applicable to model the geochemical processes during reinjection that could aid the plan of a more effective operational system. In the vicinity of the Hódmezővásárhely B-1103 reinjection well based on the first model runs indicate possible precipitation of quartz and calcite in parallel with dissolution of dolomite in the screened strata.

Keywords

Porous geothermal reservoir, production and injection, geothermal system, water-geochemical modelling

BEVEZETÉS

Mivel a fosszilis energiahordozók mennyisége véges, ezért napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a megújuló energiaforrások, vagyis a nap-, a szél-, az atom- és a geotermikus energia minél nagyobb hatásfokú felhasználása. Magyarország vállalása a megújuló energia hasznosítás fejlesztése terén 2020-ig a bruttó végső energiafelhasználásában a 14,65%-os részarány elérése. (*M.E.H.Cs.T. 2010–2020*)

Magyarország geotermikus adottságai közismertek. Hazánk geotermikus gradiens értéke nem csak európai viszonylatban átlag feletti, de globálisan is jelentős. A Pannon-medencében a hőáram $90\text{--}100\text{ mW/m}^2$, melyhez európai átlagon felüli, átlagosan 45 °C/km geotermikus gradiens társul (*Horváth 1991, Lenkey 1999*).

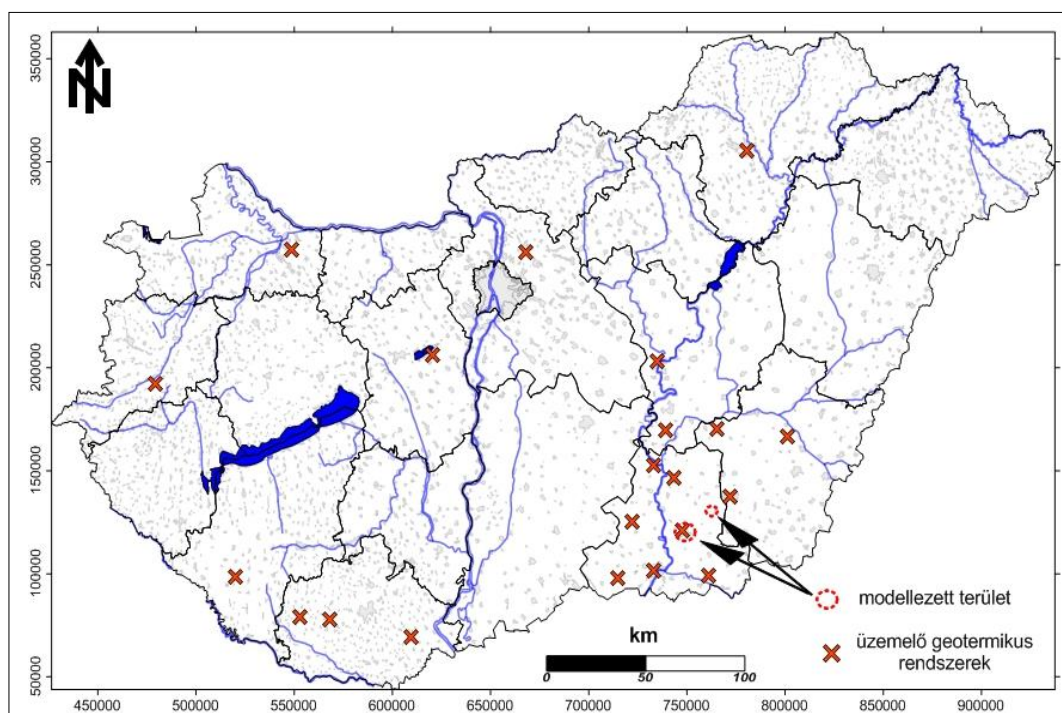
Nem csak országos, de városi, települési szinten is az egyik legfontosabb gazdasági kérdés az importált energia mennyisége. Magyarországon egyre több településen felismerik a geotermikus energia felhasználásának hosszú távú előnyeit. Jelenleg legnagyobb arányban a geotermikus energiát hordozó közeget, a hévizet balneológiai céllal hasznosítják, de a fűtési célú felhasználás is fokozatosan emelkedik. A rétegvíz mennyisége véges, ezért fontos odafigyelni a vízáadó réteg nyomásának fenntartására, mely csak a kitermelt víz (ugyanabba a hidrodinamikai egységbe tartozó rétegbe) visszajuttatásával lehetséges.

A kutatómunka célja, hogy segítséget nyújtson a geotermikus rendszerek hosszú távú üzemelésének fenntartásához, az üzemelési problémák megelőzéséhez és a fennálló problémák megszüntetéséhez.

A VIZSGÁLT TERÜLET BEMUTATÁSA

A vizsgálati területünkön, Magyarország DK-i részén található Hódmezővásárhelyen több évtizede sikeresen üzemelő geotermikus távfűtő rendszert (8 termelő, 2 visszasajtoló kút) építettek ki, mely több mint 2700 lakást és 130 közületi fogyasztót lát el. (*Ádok 2007*). Viszont, a rendszer működését nehezíti a felszíni szerelvényekben történő vízkő kiválás és a visszasajtolás előtti szűrőknél elszaporodó baktériumok tömítő hatása. *Osvald Máté* 2014-ben közzétett kutatómunkájában megállapította, hogy a baktériumflórában főleg a *Magnetospirillum* nemzetségbe tartozó fajok dominálnak. E különös dominanciának az oka a magas aromás vegyület (fenol) tartalom, mely kezelésére az UV fénnel történő vízfertőtlenítés javasolt.

A hódmezővásárhelyi geotermikus rendszer kútjai közül a Hmvh-01 jelű kút vize kerül visszasajtolásra a Hmvh-07 és Hmvh-08 jelű kutakon keresztül. A többi 7 kút vizét balneológiai és fűtési céllal is hasznosítják. A legmelegebb vizű kút a város szomszédos településén, Székkutason helyezkedik el, mely egy gyógyintézetet lát el fűtési energiával. A vizsgált terület elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A modellezett terület elhelyezkedése, a 2017-ben működő geotermikus rendszerekkel
Figure 1. Location of existing Hungarian geothermal heating systems operating in 2017 (arrows show the modelled areas)

A tanulmány egyik célja, hogy megvizsgálja azt, hogy a földtanban alkalmazott geokémiai modellezéssel nyomon lehet-e követni a geotermikus rendszerek felszíni gépzseti rendszerlemeiben végbemenő vízkémiai változásokat is. E célból felmérést és terepbejárást végeztünk, ahol nem csak vízminiókat, hanem nyomás- és hőmérséklet adatokat is gyűjtöttünk a mintavételi pontokról. Ahol a vízkőkiválás megjelent, onnan vízkő mintát is gyűjtöttünk,

amelynek megvizsgáltuk röntgendiffrakciós és infravörös spektroszkópia segítségével az ásványos összetételét. Ez esetben mód van a modellezett ásványkiválási potenciálok és a valóság összevetésére, azaz a módszer ellenőrzésére.

A tanulmány másik célja a visszasajtolás során a felszín alatt visszasajtoló kút közvetlen környezetében lejátszódó folyamatok minél pontosabb szimulációja. Ehhez szükségünk van a visszasajtolás előtti víz összetételének, a

mélységi nyomás és hőmérséklet viszonyoknak és a befogadó réteg ásványos összetételének ismeretére. A modellezéshez PHREEQC szoftvert használtunk, melyben a vizek alapionjai (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{2-} , F^- , Sr) és az adott környezet fizikai paramétereit (pH, redox, nyomás, hőmérséklet) szerepeltetjük. A közet definiálásához a felső pannóniai korú Újfalui formáció szakirodalomból (Thamóné és társai 2006) vett általános ásványos összetételét használtuk.

MÓDSZERTAN

Az alkalmazott szoftver a USGS (United States Geological Survey) által kifejlesztett PHREEQC számítógépes program, mely vizes közegben végbemenő geokémiai folyamat modellezésre alkalmas. Jelen esetben termodinamikus megközelítést alkalmaztunk, melyhez a PHREEQC.dat adatbázist használtuk. Kiindulásként egy időben végtelen állapotot dolgoztunk fel, aminek eredményeként egyensúlyi állapotokról és reakció irányokról kaptunk információt.

Vízkezelés modellezése

Miután a vízelemzések in situ és labor vizsgálatok eredményeit (nyomás, hőmérséklet, pH, redox, fő ionok) betápláltuk a modellbe, arra kaptunk választ, hogy az adott víztípus az adott környezetben adott ásványra nézve milyen telítettségi indexet (SI) mutat. Amennyiben alultelített ($SI < 0$), úgy az adott ásványtípust beoldhatja, túltelítettség esetén az adott ásvány kiválhat. Ezt követően a modelleredményeket összehasonlítottuk a mért eredményekkel, különös tekintettel arra, hogy ahol előfordul ásványkiválás, ott a modelleredmények alapján is túltelített-e a víz az adott ásványra nézve. E modellezés alapján levont következtetések segítségével megadhatjuk azokat a paramétereiket, melyek a leghosszabb távú üzemelést segíthetik (gáztalánítás, üzemi nyomás stb.).

Visszasajtolás hatása

A visszasajtolás során a vízáadó réteg vize keveredik a visszasajtoló, vagyis a mesterségesen bejuttatott vízzel. Itt a vizsgálat célja az, hogy milyen víz-geokémiai változást okozhat az eltérő összetételű, gáztartalmú és hőmérsékletű visszasajtoló víz a kút környezetében. Ehhez a modellezéshez a visszasajtoló kút létesítéskori eredményeit vesszük alapul, mely az adott rétegvíz összetételét jellemzi. Ezt a vizet keverjük egyre nagyobb arányban a visszasajtoló vízzel (visszasajtoló kútfejtől származó vízminta). Ezután a különböző arányban keveredett vizeket a befogadó réteg ásványos összetételével hozzuk reakcióba. A modelleredmények választ adhatnak arra, hogy milyen beoldódási és kiválási folyamatok mehetnek végbe a kút környezetében, melyek befolyásolhatják a visszasajtoláshoz szükséges nyomás mértékét. Jelen tanulmányban a módszer használhatóságát vizsgáljuk.

Fontos megemlítenünk, hogy jelen tanulmányban a gázadatokat még nem vettük számításba. Ismereteink szerint a vízben oldott és a nyomáscsökkenés hatására kiváló

szabad gáz mennyisége és összetétele jelentős hatással van a vízkémiai folyamatokra, így a vízkőképződésre is.

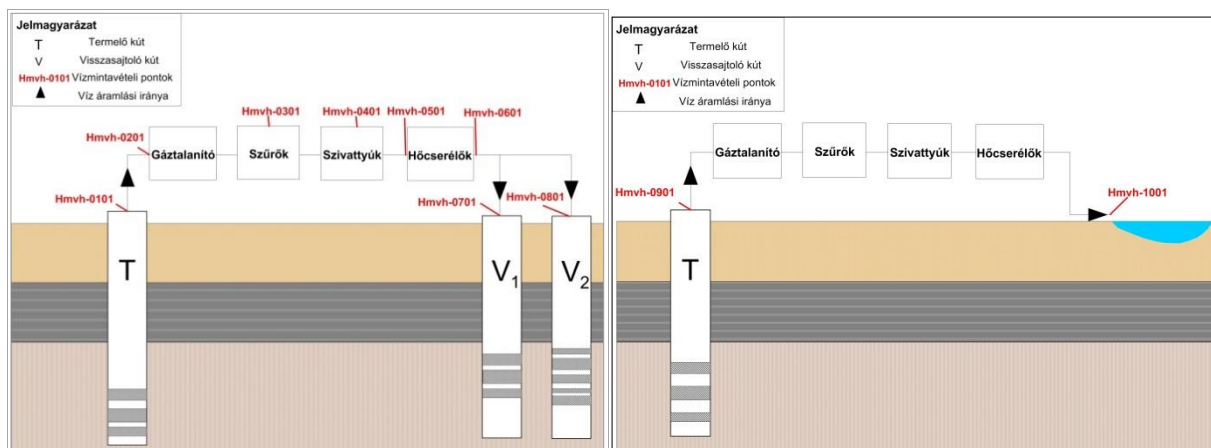
EREDMÉNYEK

Vízkezelés vizsgálata

Két mintaterületet jelöltünk ki, az egyik a hódmezővásárhelyi termelői kút és visszasajtoló kutak közötti szerelvényeken áthaladó víz változását, míg a másik a Székkutasan üzemelő termelői kút és a kifolyócső között (2. ábra) végbemenő változást vizsgálta. Mindkét helyszínen a vízmin-ták mellett alkalmunk volt gyűjteni vízkő kiválásokat is, mely a termodinamikus modell validálását segíti elő.

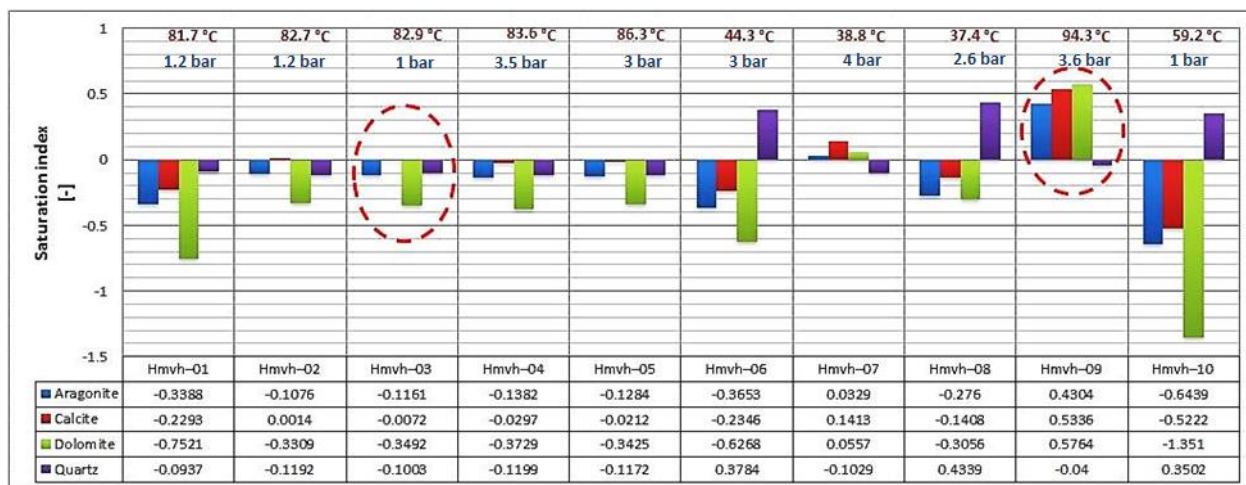
A hódmezővásárhelyi geotermikus rendszeren belüli mintavételi pontokat a 2. ábra szemlélteti. A mintázott vizek kivétel nélkül $NaHCO_3$ -os típusúak, leginkább a hőmérséklet és nyomásviszonyokban, valamint a gáztartalom-ban vannak eltérések. A vizek összes oldottanyag-tartalma körülbelül 3300–4000 mg/l között változik, körülbelül 850–1100 mg/l Na^+ és 2350–2750 mg/l HCO_3^- tartalom mellett. A Ca^{2+} és Mg^{2+} mennyisége kevés, előbbi 5 mg/l, utóbbi 1 mg/l körüli. A Cl^- tartalom a hódmezővásárhelyi kutak (Hmvh-1–8) vizeiben viszonylag kevés (6–7 mg/l), míg a székkutasi vizekben (Hmvh-9–10) ennél nagyobb, 27–28 mg/l körüli.

A 3. ábrán látható a mintavételi helyekről vett vizek ásvány (kalcit, aragonit, dolomit, kvarc) kiválásra való hajlamlama, melyet a telítettségi index értéke határoz meg. A pozitív telítettségi index az ásvány kiválásának elvi lehetőségét jelzi, a tényleges kiváláshoz a túltelítettségen túlmenően még számos fizikai és kémiai feltételnek kell teljesülnie. A piros szaggatott ellipszissel bekeretezett helyekről vízkő kiválás mintát is gyűjtöttünk és elemeztünk. A rendszeren belül ezen a két helyen olyan mértékű a vízkövesedés, mely üzemeltetési problémát okoz. Látható, hogy a termelői kúttól származó víz (Hmvh-01) az összes vizsgált ásványra alultelített. A második mintavételi ponttól (Hmvh-02) ezek a telítettségi indexek közelítenek az egyensúlyi állapothoz, főleg a kalcit esetében, ahol már enyhe túltelítettség is jelentkezik. A Hmvh-05 pont a közvetlen a hőcserélő előtti, a Hmvh-06 pedig a hőcserélő utáni szerelvényből származó vízminta. Itt több, mint 40 Celsius fokos hőmérséklet csökkenés következik be, amely hatással van a kiválási és beoldódási folyamatokra. Ez összhangban van a karbonátok hőmérsékletfüggő oldhatóságával (Hem 1985). A karbonát ásványokra nagyobb mértékű alultelítettség látszik, a kvarc esetében ez az érték megfordul, túltelítetté válik. A visszasajtoló kutaknál vett vizekben (Hmvh-07–08) jelentős különbség mutatkozik. A Hmvh-07-es mintánál a víz a karbonát ásványokra enyhén túltelített, kvarcra kissé alultelített, míg a Hmvh-08 jelű mintánál épp fordított kép figyelhető meg. Mind a Hmvh-07 és mind a 08 jelű visszasajtoló kút esetén nagymértékű baktérium túlszaporodás jelentkezik, bár ennek mértéke jelentősebb a Hmvh-07 kútnál, mely összhangban lehet a vizsgált karbonát ásványokra vonatkozó túltelítettséggel.



2. ábra. Vízminztvételi helyek (bal oldal Hódmezővásárhely, jobb oldal Székkutas)

Figure 2. Water sampling points (left side Hódmezővásárhely, right side Székkutas)



3. ábra. Karbonát és szilikátásvány kiválások a vizsgált pontokon

(a vörös számok a mintázott víz hőmérsékletét, míg a vörös szaggatott ellipszisek a vízkiválások helyét jelzik)

Figure 3. Carbonate and silicate mineral scaling in the analysed points

(red numbers mean the sampled water temperature, and the red dashed circles represents the scaling sample points)

A modelleredmények a valóságot jól tükrözik, például a székkutasi (Hmvh-09) minta esetében igen nagymértékű karbonát kiválás volt jellemző, mely a nyomás alatti üzemeltetést követően megszűnt. A valóságot támasztják alá a Hmvh-01-04 minták futtatási eredményei is. A Hmvh-01 helyen még nem tapasztalható kiválás, de a szűrőktől és szivattyúktól vett vízminták (Hmvh-02, 03) esetében vízkő (kalcit és nyomokban kvarc) kiválás történik. A tapasztalatokkal alátámasztott futtatási eredmények biztatóak, annak ellenére, hogy a modellbe táplált adatok még nem teljes körűek. Folyamatban van a kutakból származó oldott és szabad gázok összegyűjtése és beépítése a modellbe.

Visszasajtolás hatásvizsgálata

A visszasajtoló víz a kút környezetére történő hatását a 4. ábra szemlélteti. A vízszintes tengelyen a rétegvíz és beszajtoló víz keveredésének arányát tüntettük fel. Azaz 0 érték a 100 %- rétegvizet, míg a 100 a 100% visszasajtoló vizet reprezentálja. A Thamóné és társai (2006) felső pannóniai korú homokkővek ásványos összetételét használtuk a környezet definiálásához. A vizsgált felső pannóniai korú Újfalui homokkő összetételének meghatározására összesen 502 mintát dolgoztak fel, különválasztva a nehéz- és könnyűfrakciókat. E szerint a homokkő a nehézfrakcióba

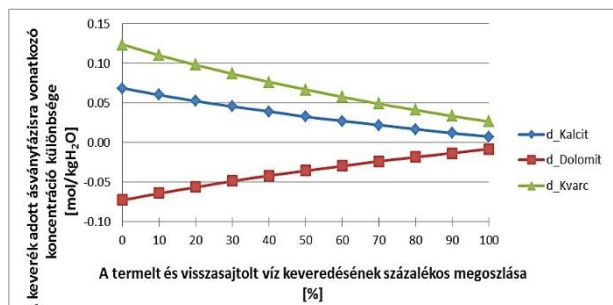
sorolt ásványokat tekintve 26.6% kloritot, 14.7% gránátot, 10.3% epidotot, 8.5% magnetitet, 5.3% piritet, 4.9%, 4.5% bonott ásványt, amfibolt, 3.5% leukoxént, 3.2% karbonátot, 2.8% turmalint, 2.4% limonitot és 1.3% klorozoisitot, a könnyűfrakcióba sorolt ásványokat tekintve pedig 55.8% kvarcot, 14.6% muszkovitot, 13.6% földpátot, 6.2% közet-törredéket, 6.2% agyagásványt és 2.1% bontott ásványt tartalmaz.

A visszasajtoló víz mennyiségének emelkedésével a Hmvh-08 visszasajtoló kút környezetében csökken az oldat kalcit és kvarc koncentrációkülönbsége és nő a dolomit ásványfázis koncentrációkülönbsége, azaz a kalcit és kvarc kiválásra, míg a dolomit beoldódásra hajlamos. A folyamatos változás azt szemlélteti, hogy a vízadóban a visszasajtolás hatására víz-geokémiai folyamatok mennek végbe. Ennek mértékét és pontos hatását a további kutatásunk során vizsgáljuk.

KÖVETKEZTETÉSEK, TOVÁBBI CÉLOK

A geotermikus rendszerek fenntarthatóságának kérdése igen fontos. A visszasajtolási és kiválási folyamatok által okozott problémák mérséklése nehézkes és igen költséges, mely legrosszabb esetben a rendszer leállását eredményezheti.

Jelen tanulmány célja, hogy segítséget nyújtson az ilyen problémák megoldásához. Egy kalibrált és validált modell lehetőséget nyújt arra, hogy különböző modellváltozatokat készítsünk, melyekben változó nyomás és hőmérséklet tartományokban vizsgálhatjuk a vízkő kiválási folyamatokat.



4. ábra. A rétegvíz és a visszasajtoló (Hmv-08) víz különböző arányú keverékének hatása a kőzetre
Figure 4. Effect the aquifer and re-injection (Hmv-08) waters different mixed of the rock

A kapott kezdeti eredmények bizakodásra adnak okot, hiszen annak ellenére, hogy a bemenő adatoknál nem minden paraméter lett figyelembe véve, illetve állt rendelkezésre, a legtöbb esetben valóságot tükröző képet mutatnak.

Kutatásunk következő fázisában a modell építése során figyelembe vesszük a termelt víz gáztartalmát és értelmezzük a kapott eredményeket, melyek reményeink szerint még jobban leképezik a valóságot. Ezt követően különböző scenario modelleket építünk fel, mely során megkapjuk a legoptimálisabb üzemeléshez szükséges paramétereket, illetve tesztelhetjük a különböző adalékanyagok hatásait is.

A visszasajtolás hatásvizsgálatának kezdeti eredményei azt mutatják, hogy a visszasajtoló kút környezetében víz-geokémiai változások mennek végbe, melyek a sekélyebb homokrétegekbe történő visszasajtolásoknál jelentősebbek lehetnek. Reményeink szerint a kapott modelleredményeket az üzemi tapasztalatokkal és a visszasajtolási kútfejnyomással összehangolva olyan következtetéseket vonhatunk le, melyek hozzájárulhatnak a fenntartható termelő-visszasajtoló geotermikus rendszerek működtetéséhez.

IRODALOMJEGYZÉK

Ádok J. (2007). A hódmezővásárhelyi geotermikus fűtési rendszer, *Hódmezővásárhely*

A SZERZŐK



KERÉKGYÁRTÓ TAMÁS a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán szerzett 2010-ben hidrogeológus-mérnökgeológus, majd 2016-ban olaj- és gázmérnöki oklevelet. 2014-től a Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola hallgatója, ahol 2017-ben abszolutóriumot szerzett. Kutatói pályáját 2011-ben a Magyar Állami Földtani Intézetben kezdte, 2017 júliusától a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálatban dolgozik. 2010-től a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.

GÁL NÓRA EDIT az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett geológus oklevelet 1986-ban. A University of Massachusetts-en szerzett PhD fokozatot, ahol a savas bányavíz felszíni és felszín alatti vizekre történő hatását vizsgálta. Kutatói pályáját 1988-ban a Magyar Állami Földtani Intézetben kezdte. 2017 júliusától a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat munkatársa. Hazai és nemzetközi projektben vesz részt regionális hidrogeológia és hidrogeokémia szakterületen.

SZŐCS TEODÓRA az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett geológus oklevelet 1991-ben, majd ezt követően az Amszterdami Egyetemen (UvA) a nehézfémek kimutatásában specializálódott. 2006-ban PhD doktori oklevelet szerzett. Kutatói pályáját 1993-ban a Magyar Állami Földtani Intézetben kezdte, 2017 júliusától a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat keretében dolgozik.

(http://geotermia.lapunk.hu/tarhely/geotermia/dokumentumok/adokjanos_cikk_hodmezovasarhelyi_geot_fut_rendszer.pdf)

Balog A. (1982). Néhány magyarországi hévíz szilárd kiválási termékének ásványtani és geokémiai vizsgálata – *Hidrológiai közlöny* (82. évf. 7. sz. 312-318 old.), Budapest.

Einar Gunnlaugsson, Halldór Ármannsson, Sverrir Thorhallsson and Benedikt Steingrímsson (2014). Problems in geothermal operation—scaling and corrosion – “Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization” UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador

Hem, J.D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, 3rd edition. USGS Water-Supply Paper 2254 pp.90-91, University of Virginia, Charlottesville

Kerékgyártó T. (2014). Az Orosháza-Gyopárosfürdő geotermikus rendszer nyomás, hőmérséklet és áramlás viszonyai – esettanulmány. *ME-KFGI Diplomamunka, Miskolc*

Juhász Gy., Thamone B. E. (2006). The mineral composition of the Pannonian s.l. Formations in the Great Hungarian Plain (II.)—Tendencies of the changes of the mineral composition of the Pannonian s.l. sands and sandstones and their geological significance. *Földtani Közöny* 136/2, 431–450. Budapest

Parkhurst, D.L. and Appelo, C. A. J. (2013). Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43, 497 p., available only at <https://pubs.usgs.gov/tm/06/a43/>.

Thamone B. E., Juhász, Gy., Kovács L. (2006). The mineral composition of the Pannonian s.l. Formations in the Hungarian Plain (I.)—The characteristics and origins of the Pannonian s.l. sands and sandstones. *Földtani Közöny* 136/2, 407–430., Budapest

Tóth A., Kerékgyártó T., Tóth GY., Szita, G., Tolmács, D., D. K. Fenerty (2015). Examination of a geothermal system from a porous geothermal reservoir in the Pannonian Basin in Hungary. *PROCEEDINGS Fourtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering – Stanford University, Stanford, California, January 26-28, 2015 SGP-TR-204*

2007-től a Vízföldtani (Fő)osztály vezetője. A Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetsége elnökhelyettese, 2017-től a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.

TÓTH ANIKÓ NÓRA a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kőolaj és gázipari oklevelet 1978-ban. A diploma megszerzése után a Gáz és Olajszállító Vállalatnál dolgozott, mint szállítási mérnök. Oktatói és kutatói pályáját 1984-ben kezdte meg, először az NME-VAFK, majd a ME Informatikai Tanszéken. Summa Cum Laude minősítésű Dr. Univ fokozatot szerzett 1996-ban. Ugyanettől az évtől kezdődően a Kőolaj és Földgáz Intézet oktatója. Summa Cum Laude minősítésű PhD doktori oklevelet szerzett 2004-ben. Fulbright kutatói ösztöndíjjal. Vendég professzorként fél évet töltött a Colorado School of Mines, Mining Engineering Tanszékén 2011-2012. 2012 óta a Miskolci Egyetem Kőolaj és földgáz intézetének docense. Publikációinak száma több mint 200. 1996-tól a Magyar Geotermális Egyesült, 2000-től az IGA International Geothermal Association, valamint Geothermal Resource Council, 2006-tól a European Geothermal Association tagja.

SZÜCS PÉTER a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején először a Geofizikai Tanszéken, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált a Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-től a tanszék vezetője. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Publikációinak száma több mint 400. 1998-tól a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.