



**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR**  
**FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA**

**A BATTONYA–PUSZTAFÖLDVÁRI-HÁT HIDRODINAMIKAI ÉS  
HŐTRANSPORT MODELLVIZSGÁLATA AZ ENERGIA- ÉS PÓRUSTÉR-  
HASZNOSÍTÁS TÜKRÉBEN**

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KÉSZÍTETTE:**

**KUN ÉVA**

**TÉMAVEZETŐ:**

**DR. habil. SZANYI JÁNOS**

**egyetemi adjunktus**

**KONZULENS:**

**DR. ZILAHÍ-SEBESS LÁSZLÓ**

**Szeged**

**2021**

## BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A pórusterrel való gazdálkodás témakörének jelentőségét a jövőbeni hasznosítások tömegessé válása fogja igazolni: a póruster ugyanis, mint hasznosítható, de véges térfogat várhatóan a jövőben kimagaslóan nagy értéket fog képviselni. Már napjainkban is a pórusteret hasznosítjuk a termálvíz termelés-visszasajtolás, a CH tárolás, CO<sub>2</sub> elhelyezés által, valamint a felszínközeli bányáüregek, bányák másodlagos hasznosítása is ebbe a témakörbe tartozik.

Jelen disszertáció célkitűzése a releváns áramlási és hőtranszport folyamatok leképzése a Battonya–Pusztaföldvári-hát környezetében, figyelembe véve az Alföld nagy regionális áramláshoz kötött hidrodinamikai tulajdonságait, az aljzati képződmények sajátosságait, valamint a potenciális hőhasznosítások lehetőségeit. A következő kérdésekre kerestem választ: mennyi ideig lehet gazdaságosan hőt termelni termálvíz-kivétellel egy aljzati típusú tárolóból; milyen hasznosítások lehetségesek; alkalmas-e a vizsgált rezervoár áramtermelésre, ha igen melyek ennek a kritériumai.

További céloom volt, hogy hidrodinamikai és hőtranszport szimuláció alkalmazásán keresztül dinamikus készletbecsléssel meghatározzam EGS-hasznosítások (növelt hatékonyságú geotermikus rendszer) peremfeltételeit, illetve ennek adott térségre vonatkoztatott létjogosultságát, (az egy kútpárral kitermelhető hőmennyiség nagyságrendjét), figyelembe véve a rendelkezésre álló technológiák korlátait, melyek a tervezési szakaszban igényelt inputok (élettartam, megtérülés).

A modellszimulációk utolsó felvonásaként a kiindulási és annak négyszeresére növelt rezervoár geotermikus kétkutas hasznosításakor vizsgáltam a kimerülés és a regenerálódás időbeli jellegét.

## MÓDSZERTANI HÁTTÉR

Tanulmányomban bemutatom a póruster hasznosítás főbb szakmai-jogi szempontrendszerét valamint a koncepcionális modellalkotás lépéseit és megfontolásait. Az alkalmazott módszer, azaz a modellvizsgálat keretrendszere lehetőséget nyújt a széles skálán mért földtani információk szintéziséhez. Az alaphegységi kutatások leginkább csak költséges fúrások által kivitelezhetők, a hidrodinamikai és hőtranszport modellezés és scenáriók

futtatásának eredményei mind elméleti, mind gyakorlati szempontból támogatást nyújthatnak a heurisztikus kérdésektől a döntéshozatalig.

A célkitűzés megvalósításához regionális léptékű hidrodinamikai és hőtranszport modellvizsgálatot végeztem a véges elemes módszert alkalmazó FEFLOW® modellező szoftverrel. Leképeztem az anomálishan felfűtött aljzati kiemelkedés, a Battonya–Pusztaföldvári-hát és környezetének hidrogeológiai és hőmérsékleti viszonyát. Ezt követően nagy rácssűrűségű beágyazott rezervoár modell segítségével egy fiktív, nagy entalpiájú hőhasznosítás (doublet – kétkutas rendszer) esetét szimuláltam Pitvaros térségében. Bemutattam, szivárgási tényező és hozam változatokon keresztül, a kivehető hőmennyiség értékek eloszlását, majd összevettem a UNFC-2009 metódusú volumetrikus készletszámítással.

A regionális léptékű hőtranszporttal kiegészített numerikus modell paraméterezését elsősorban szakirodalmi adatokra és saját, a vízbázisvédelmi program feladatainak megoldása kapcsán szerzett gyakorlati tapasztalatokra alapoztam. Az általam alkalmazott modellvizsgálatban a nagy bizonytalanságot hordozó konkrét repedésrendszert ekvivalens porózus közegként közelítettem. A beágyazott rezervoár-modellezés módszerével kiküszöbölhetők a lokális modellvizsgálatokra jellemző peremfeltételi problémák. Ez elsősorban a nagy volumenű, hosszú áramlási pályával és jelentős anizotrópiával jellemezhető porózus medenceüledékek esetében releváns, mely érintkezik az aljzat fellazult-mállott zónájával.

A modellfuttatások során a kalibráció szimulált vízszint és hőmérséklet értékekre történt, mely a területen mélyült termálkutak létesítéskori vízszintjén és szénhidrogénfúrások talphőmérsékleti adatai segítségével végeztem.

A kétkutas hőhasznosítás scenáriói elsősorban szivárgási tényező variánsokon alapulnak, ahol a repedezettség fokát a szivárgási tényező nagyságrendje hordozza. A hasznosítás célrétege tetszőleges geometriájú szivárgási tényező eloszlással definiáltam három fő kategóriát meghatározva: az intakt, repedésmentes kifejlődés (*mátrix*) illetve kevésbé és jobban fellazult térségek (*köztes zóna és zseb*). A mátrix szivárgási tényezője változatlan maradt az összes scenárióban; míg a zsebek és a köztes zónák minimum (P90), medián (P50) és maximum (P10) értékei kombinálódtak, három termelési hozamvariáns (2000–3000–5000 m<sup>3</sup>/nap) mellett az összes lehetséges (27 db) esetben.

Az eredmények értékelése egyrészt a visszasajtoló kút nyomásemelkedésének, másrészt a termelőkút depressziójának és hűlésének a mértékén alapult. Maximum 200 méteres (20 bar) vízszintváltozás (mind a termelő, mind a visszasajtoló kútban), illetve a termelőkútban a még ideálisnak tekinthető 25 °C hőmérséklet csökkenés volt az üzemelési és termikus végállapot kritérium. A modellvizsgálatok eredményeképpen 35 és 50 év alatt kivehető hőmennyiség értékek összevethetők a statikus készletbecsléssel, illetve a hőhasznosításhoz időbeli faktor is hozzárendelhető, mely meghatározó jelentőségű a korai tervezési szakaszban.

## **EREDMÉNYEK TÉZISSZERŰ ÖSSZEFOGLALÁSA**

**1. Hidrodinamikai modellszimulációval igazoltam, hogy a Makói-árok és a Békési-süllyedék üledékes medencék túlnyomása következtében átréselődő hozam megjelenik a Battonyai–Pusztaföldvári-hát fellazult zónájában. Ez a többlet hozam hőanomáliát okoz és jelentősen növeli az aljzati tároló geotermikus hasznosítható potenciálját.**

A Battonya–Pusztaföldvári-hát, mint aljzati kiemelkedés és az azt körülvevő árokrendszer (Makói-árok, Békési-süllyedék) mintegy 5000 méter magasság-különbsége, azaz orográfiai anomáliája jelentős hidrodinamikai és geotermikus hatást okoz a környezetében.

**2. Hőtranszport szimulációval igazoltam, hogy az aljzati mállott zóna (és esetlegesen a belső repedésrendszer) által biztosított gyorsított útvonalon az áramló fluidum a többlet hőmérsékletet a felsőbb rétegek felé továbbítja, mindaddig, amíg a meteorikus vizek hűtő hatása ezt fölül nem írja.**

A modellvizsgálatomban alapul vett metamorf, kristályos, illetve mészköves–dolomitos kőzettestekre jellemző a medencekitöltő porózus üledékeknél jobb hővezető képességük miatt nagyobb hőáramot közvetítenek. Az aljzati hátság a környezetéhez képest felfűtöttebb állapotban van és a felette települő üledékösszletek szigetelő hatása is ráerősít erre, továbbá jelentős szerepe van a fluidum áramlásnak is. Az aljzati kiemelkedés domináns geometriai kifejlődése és az alaphegység mállott fellazult zónájának magasabb permeabilitása biztosítja ezt a gyorsított útvonalat diszkrét vetők alkalmazása nélkül is.

**3. Modellszámításaim alapján megállapítottam, hogy a medenceüledék és a kristályos aljzat együttes hidrodinamikai szimulációja igazolja két fő áramlási rendszer közötti interakciót.**

Modellvizsgálattal igazoltam, hogy az aljzat–üledékrendszer áramlási mechanizmusához is közelebb juthatunk, ha az összegyűjtött ismereteket numerikus modellbe integráljuk, felhasználva annak logikáját. Különböző forgatókönyvek szimulálásával mélyebb összefüggések is levonhatók, pl. elégséges rezervoár térfogat alapján a gazdaságos geotermikus üzemeltetés használati idejét is meghatározhatjuk. A regionális térrészbe ágyazott lokális modellezés nagy mértékben eltérő hálófelbontással egyaránt eleget tesz a rezervoár részletgazdag kidolgozásának és az alföldi porózus üledékek nagy áramlási rendszere leképzésének.

**4. Számításokkal igazoltam, hogy a numerikus modellezéssel alátámasztott készletbecslés kiegészíti, pontosítja a volumetrikus készletbecslést, valamint a kitermelhető energiamennyiséghez dinamikus, időbeli lefolyást is képes hozzá rendelni, mely fontos információ a gazdaságosság megítélésére.**

A UNFC-2009 módszer statikus készletszámítási módszere alapján a teljes kőzet-térfogatból kitermelhető hőmennyiség P90:  $7,82E+14$  J; P50:  $1,45E+15$  J; P10:  $2,55E+15$  J.

A modellezésvizsgálat során hozzávetőleg fél nagyságrenddel nagyobb értékek jöttek ki. Ennek oka, hogy a rezervoár környezetében tárolt hő egy része is kinyerésre került, miután onnan is van hő-utánpótlódás. A háttérből származó vízkészlet a mélységnek megfelelő hőmérsékletű, ami jelentősen lassítja is a rezervoár lehülését.

**5. Modellszámítással igazoltam, hogy egy repedezett geotermikus rezervoár termelő–visszasajtoló kútpárral hasznosítva a gazdaságossági idő előtt kimerülhet, ha nem tud rácsatlakozni egy folyamatos hőszállítás biztosító vetőrendszerre.**

Jelen tanulmányban egy hozzávetőleg  $400 \times 400 \times 200$  m-es, azaz  $0,032$  km<sup>3</sup> repedezett térfogat kétkutas hasznosításának a szimulációs modellfuttatását végeztem el (ami megfelel  $1000 \times 1000 \times 32$  m kiterjedésű rezervoárnak) 27 változatban. A lefuttatott modellverziók eredményadataiból megállapítom, ha a termelt zóna szivárgási tényezője nem éri el legalább az E-05 (m/s) nagyságrendet, akkor a minimum  $2000$  m<sup>3</sup>/napos ( $23$  l/s) termelés mellett is irreálisan magas depresszió értékeket adódnak, azaz a kútpár üzemeltetése nem fenntartható.

A számított hőmérsékleti eredményekből megállapítható, hogy nagyságrendileg egy 0,032 km<sup>3</sup> méretű rezervoár egy pár termelő–visszasajtoló kúttal kb. 35 év után kimerül, míg a négyszeresére növelt térfogatban az 50 éves (igaz az utolsó időszakban meredeken csökkenő hőmérséklettel) élettartam is megvalósul. A négyszeres térfogat megfeleltethető egy nagyobb rendszerhez való csatlakozásnak is, mint amilyenek legismertebb áramtermelő geotermikus hőhasznosítások körülményei: vulkanikus terület, lemezszegélyek, vagy mélységi kiterjedt repedésrendszerek melyek folyamatos hőszállítást biztosítanak.

**6. Felismertem, hogy a Peclet szám térbeli eloszlása alkalmas a geotermikus védőidom meghatározására és pontosítására, valamint egy megadott hőtermelési rátához tartozó fenntarthatóan termelhető rezervoárméret meghatározásához.**

Bizonyos szoftverek alkalmasak a Peclet szám megjelenítésére, és ezt megjelenítve egyértelműen visszatükrözi a hőtermeléssel ténylegesen érintett térfogatot és megmutatja az áramlással érintett térrészt. A Peclet szám megmutatja, hogy adott idejű termelés és rezervoárméret mellett hányadrésze jön a kitermelt hőmennyiségnek a rezervoár térfogatán kívülről és ez hozzájárul a megfelelő védőidom tervezéséhez.

**7. A Battonyai gránithoz hasonló hidrotermális és petrotermális rezervoárok lehűlésük után az üzemelési idejükkel megegyező időtartam alatt nem érik el teljes regenerálódási állapotot.**

A modelleredmények numerikus extrapolálása (függvényillesztés) alapján ugyanannyi hőtermelési ráta mellett a kisebb méretű rezervoárok regenerálódási ideje nagyságrendekkel hosszabb lehet, mert a hőtermeléssel ténylegesen érintett térrész jóval nagyobb hányada csak kondukciós hővezetéssel bír.

Egy hozzávetőleg 400×400×200 m-es, azaz 0,032 km<sup>3</sup> repedezett térfogat kétkutas geotermikus hasznosításakor a lehűlt rezervoár regenerálódása (95%-os visszamelegedése) egyre lassuló ütemben, nagyságrendileg 15 000 év alatt megy végbe. Megegyező hidraulikai helyzetben, de négyszeres rezervoártérfogat esetében, megközelítőleg ~ 220 év alatt (az üzemelési idő 4,5-szerese) történik meg, és ez 68-szoros különbség az eredeti mérethez képest. A regenerálódási folyamatot a teljes leállástól alakilag az  $a \times (1 - e^{-bx}) + c$  jellegű korlátos függvénnyel írhatjuk le.

## SUMMARY

In this study, I carried out a model analysis of a hydrothermal (with sufficient fluid for heat production) but rather isolated system with a natural fractured system in 27 scenarios. The objective was to model the relevant flow and heat transport processes in the SE-Alföld region, taking into account the hydrodynamic properties of the basin sediments linked to high regional flow, the specificities of the basin formations and the potential heat recovery potential. The modelled area includes the Battonya-Pusztaföldvár ridge and the sub-areas up to the axis of the Makói Trough and the Békés Basin on both sides, both in Hungary and Romania.

The parameterisation of the numerical model, supplemented with a regional scale heat transport, was based mainly on literature data and my own practical experience in solving the tasks of the aquifer protection programme. In order to achieve this objective, regional scale hydrodynamic and heat transport modelling was carried out using the finite element method in FEFLOW® modelling software. In my model study, I approximated the concrete fractured system with high uncertainty as an equivalent porous medium. The model runs were calibrated to simulated water level and temperature values using water levels at the time of establishment of the deepened thermal wells in the area and bottom temperature data from hydrocarbon wells.

I have described the hydrogeological and thermal conditions of the anomalously heated sub-basement elevation, such as the Battonya-Pusztaföldvár High and its surroundings. Subsequently, I simulated a fictitious high enthalpy heat recovery (doublet) case in the Pitvaros area using a high grid density embedded reservoir model. I have presented the distribution of the extracted heat values through variations of hydraulic conductivity and value of water production and compared them with the volumetric reserve calculation using the UNFC-2009 method.

To predict the negative effects of pore space utilization on each other of existing and future utilizations, a useful tool for the production to be protected is the geothermal protection zone delineation. The Peclet number obtained as an output from simulation studies provides a good indication of the area involved in the recharge, and can thus complement the geothermal protective boundary definition.

As illustrated by the model simulation series, investments in thermal mining of basement rocks in Hungary carry a high economic risk if there is no indirect knowledge of a fracture system with natural permeability that the planned system can connect to. If such isolated pockets can be artificially connected (e.g. by mechanical stimulation), i.e. the reservoir can be enlarged, or hydraulically connected to the base conglomerate, possibly with a well-conducting

carbonate formation, close to the bedrock surface, then the heat extraction rate can be significantly better than calculated, as illustrated by the example of an enlarged (four times) reservoir volume.

The model results, for the parameter ranges presented, do not promise a potentially profitable geothermal recovery, and the modelled project is classified as a high-risk pilot project according to the UNFC-2009 code. The modelling test series demonstrates that, compared to static volumetric estimation, the heat quantity calculation based on numerical simulation significantly aids and complements the early design phase, and adds a time-horizon, i.e. a dynamic factor.

In addition to the geological conditions, the return on investment, social acceptance (socio-economic factors) and technical potential should be taken into account, i.e. all three pillars of the UNFC-2009 classification.

For example, a pilot site in Hungary, located in the Battonya-Pusztaföldvár-High area, could be considered as a European example of *Soult-Sous- Forêts geothermal project*, could give a big boost to geothermal research in Hungary, verifying the parameters, defining the geological risks more precisely and finding optimal solutions.



## TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK / PUBLICATIONS

- GONDÁRNÉ SÓREGI K., GONDÁR K., KUN É. & SZÉKVÖLGYI K. 2004: A DNy-Bükk felszín alatti vízrendszerének modellezése. – „*A felszín alatti víz, mint földtani tényező.*” *Földtani Társulat Vándorgyűlés. Egerszalók, 2004, október 1–3, absztraktkötet p. 5.*
- KUN É., M. TÓTH T., FÖLDES T. & VISZKOK J. 2011: Geotermális vízáram- és hőtranszport-modellezés repedezett kőzetekben a Mezősas–Nyugat metamorf rezervoár példáján. – *Projekt jelentés*,  
[https://www.researchgate.net/publication/286923181\\_Geotermalis\\_vizaram\\_es\\_hottranszport\\_modellez\\_es\\_repedezett\\_kozetekben\\_a\\_Mezosas-Nyugat\\_metamorf\\_rezervoar\\_peldajan](https://www.researchgate.net/publication/286923181_Geotermalis_vizaram_es_hottranszport_modellez_es_repedezett_kozetekben_a_Mezosas-Nyugat_metamorf_rezervoar_peldajan)
- KUN, É., SZÉKVÖLGYI, K., GONDÁRNÉ SÓREGI, K. & GONDÁR K 2013: Inferences from 3D modelling of thermalkarstic reservoir (SW Bükk Mountain) – *Poster session. IAH CEG* (Mórahalom, 2013. május 7-10.) [http://real.mtak.hu/9013/1/CEG\\_BOOK.pdf](http://real.mtak.hu/9013/1/CEG_BOOK.pdf) p.14
- KUN, É., SZANYI, J., VRANJEŠ, A., OLÁH, S., SZŐCS, T., GÁL, N., ... ÉZSIÁS, T. 2019. The Hungarian–Romanian–Serbian pilot area. *In: Nádor, A. (ed.): Cascades and Calories* ISBN 978-86-7352-355-2 -2019, pp. 79–97.  
[https://www.researchgate.net/publication/342260537\\_Cascades\\_and\\_Calories\\_Geothermal\\_Energy\\_in\\_the\\_Pannonian\\_Basin\\_for\\_the\\_21st\\_Century\\_-\\_cap\\_71\\_-\\_The\\_Hungarian-Romanian\\_Serbian\\_pilot\\_area\\_p79-97\\_ISBN\\_978-86-7352-355-2\\_-2019](https://www.researchgate.net/publication/342260537_Cascades_and_Calories_Geothermal_Energy_in_the_Pannonian_Basin_for_the_21st_Century_-_cap_71_-_The_Hungarian-Romanian_Serbian_pilot_area_p79-97_ISBN_978-86-7352-355-2_-2019)
- KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022a. Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszport modell (The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya-Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model) – *Földtani Közlöny* (in press)
- KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022b. A Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (II. rész): kúppárral történő hasznosítás UNFC-2009 kód szerinti osztályozása (The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya–Pusztaföldvár High (Part II): UNFC-2009 code classification in case of well-doublet utilization) – *Földtani Közlöny* (in press)
- RMAN, N., KUN, É., SAMARDŽIĆ, N., ŠRAM, D., ATANACKOV, J., MARKIČ, M., LAPANJE, A., RAJVER, D., SELMECZI, I. S., MAROS, GY., MARKOVIĆ, T., BUDAI, T., BABINSZKI, E. (2021) A joint report on geomanifestations in the Pannonian basin, /Deliverable 4.2/  
[https://geoera.eu/wp-content/uploads/2021/07/GeoConnect3d\\_D4.2\\_Joint-report-on-geomanifestations-in-the-Pannonian-Basin.pdf](https://geoera.eu/wp-content/uploads/2021/07/GeoConnect3d_D4.2_Joint-report-on-geomanifestations-in-the-Pannonian-Basin.pdf)
- ROTÁR-SZALKAI, Á., MAROS, GY., BEREZKI, L., MARKOS, L., BABINSZKI, E., ZILAHÍ-SEBESS, L., GULYÁS, Á., KUN, É., SZŐCS, T., KERÉKGYÁRTÓ, T., NÁDOR, A., RAJVER, D., LAPANJE, A., ŠRAM, D., MARKOVIĆ, T., VRANJEŠ, A., FARNOAGA, R., SAMARDŽIĆ, N., HRVATOVIĆ, H., SKOPLJAK, F. & JOLOVIĆ, B. 2018: Identification, ranking and characterization of potential geothermal reservoirs. – Report of the DARLINGE project: 82 p. <https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/darlinge/outputs>
- SZABÓ-KRAUSZ, ZS., GÁL, N., KUN, É., SZŐCS, T. & FALUS, GY. 2017: Geochemical modeling possibilities of CO<sub>2</sub> and brine inflow to freshwater aquifers. – *Central European Geology* **60**, 289–298. <https://doi.org/10.1556/24.60.2017.014>

SZABÓ-KRAUSZ, ZS., GÁL, N., KUN, É., SZŐCS, T. & FALUS, GY. 2018: Assessing effects and signals of leakage from a CO<sub>2</sub> reservoir to a shallow freshwater aquifer by reactive transport modelling. – *Environmental Earth Sciences* **77/12**, p. 460  
<https://doi.org/10.1007/s12665-018-7637-6>

TARI CS. & KUN É. 2010: Hő terjedésének törvényszerűségei porózus közegben: Bevezetés a numerikus hőtranszport modellezés elméletébe és gyakorlatába. –In: *Szemelvények a geotermikus energia hasznosítás hidrogeológiai alkalmazásaiból*, InnoGeo Kft, Szeged.

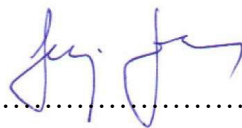
## Társszerzői nyilatkozat

Alulírott **Dr. Szanyi János** hozzájárulok, hogy **Kun Éva** az alább felsorolt publikációkban foglalt eredményeinket a Szegedi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskola keretében a PhD fokozat eléréséért benyújtott dolgozatában fölhasználja, és egyúttal kijelentem, hogy ezeket az eredményeket nem használtam fel tudományos fokozat megszerzésekor, s ezt a jövőben sem teszem. Egyúttal kijelentem, hogy az alábbi publikációban a jelölt szerepe meghatározó fontosságú.

A publikációk adatai:

1. KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022a. Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszport modell (*The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya-Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model*) – *Földtani Közöny* (in press)
2. KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022b. A Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (II. rész): kútpárral történő hasznosítás UNFC-2009 kód szerinti osztályozása (*The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya-Pusztaföldvár High (Part II): UNFC-2009 code classification in case of well-doublet utilization*) – *Földtani Közöny* (in press)

Szeged, 2021.09.06.



.....

**Dr. Szanyi János**

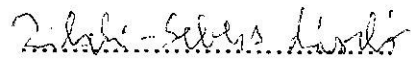
## Társszerzői nyilatkozat

Alulírott **Dr. Zilahi-Sebess László** hozzájárulok, hogy **Kun Éva** az alább felsorolt publikációmban foglalt eredményeinket a Szegedi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskola keretében a PhD fokozat eléréseért benyújtott dolgozatában fölhasználja, és egyúttal kijelentem, hogy ezeket az eredményeket nem használtam fel tudományos fokozat megszerzésekor, s ezt a jövőben sem teszem. Egyúttal kijelentem, hogy az alábbi publikációban a jelölt szerepe meghatározó fontosságú.

A publikációk adatai:

1. KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022a. Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (I. rész): hidrodinamikai és hőtranszport modell (*The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya-Pusztaföldvár High (Part I): hydrodynamic and heat transport model*) – *Földtani Közlöny* (in press)
2. KUN É., ZILAHÍ-SEBESS L., SZANYI J. 2022b. A Battonya–Pusztaföldvári-hát térségének nagy entalpiájú geotermikus energia vagyona (II. rész): kútpárral történő hasznosítás UNFC-2009 kód szerinti osztályozása (*The high enthalpy geothermal energy resource of the Battonya-Pusztaföldvár High (Part II): UNFC-2009 code classification in case of well-doublet utilization*) – *Földtani Közlöny* (in press)

Szeged, 2021.09.06.



**Dr. Zilahi-Sebess László**