

## GEOTERMIKUS ENERGIA HASZNOSÍTHATÓSÁGI LEHETŐSÉGEK MEDDŐ KUTAK FELHASZNÁLÁSÁVAL ÉSZAK-MAGYARORSZÁGON

SZÚCS PÉTER<sup>1,2</sup>–ZÁKÁNYI BALÁZS<sup>1</sup>–FEKETE ZSOMBOR<sup>1</sup>–  
ILYÉS CSABA<sup>1</sup>–KILIK ROLAND<sup>1</sup>–NÁDASI ENDRE<sup>1</sup>–MÓRICZ FERENC<sup>1</sup>–  
NYIRI GÁBOR<sup>1</sup>–SZILVÁSI MARCELL<sup>1</sup>–TÓTH ANIKÓ<sup>1</sup>–  
TURAI ENDRE<sup>1</sup>–VASS PÉTER<sup>1</sup>–ZÁKÁNYINÉ MÉSZÁROS RENÁTA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar

<sup>2</sup>MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport

<sup>3</sup>Miskolci Egyetem, Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet

### 1. BEVEZETÉS

A világon bekövetkezett változások hatására az országok új fejlődési irányokat jelöltek ki az energiapolitikában. Ezek az új globális trendek teremtik meg annak a lehetőségét, hogy az olyan megújuló és nem konvencionális energiaforrások is teret kapjanak, amik eddig nem számítottak gazdaságosnak, viszont a hozzájuk kapcsolódó technológiák fejlesztésével minél inkább versenyképessé válhatnak. Az Európai Unió által meghatározott 2009/28/EK irányelv általános célként tűzi ki, hogy „2020-ig megvalósuljon a megújuló energiaforrásoknak az EU energiafogyasztásában való 20%-os, a közlekedési ágazatban pedig 10%-os részaránya”. Magyarországra nézve a teljes bruttó energiafogyasztás tekintetében 13%. Ennek teljesítését tűzte ki célul a hazánkban indult *MAGYARORSZÁG MEGÚJULÓ ENERGIA HASZNOSÍTÁSI CSELEKVÉSI TERVE 2010–2020* elnevezésű program, illetve hosszabb távon szintén a megújuló energiákat is támogató *Magyarország a Nemzeti Energiastratégia 2030*. A kutatások egyik fő iránya olyan energiaforrások bevonása a termelésbe, amik megfelelnek a következő irányelveknek: versenyképesség, fenntartható fejlődés hosszú távú energiabiztonság és alacsony költségű üzemeltetés.

Mivel jól ismertek olyan adatok, amelyek az ország több területén kedvező geotermikus adottságokra utalnak, így energiatermelés szempontjából ez lehet az egyik fejlesztési irány, amely teljesíti a fent említett feltételeket, továbbá csökkentheti az ország importfüggőségét a fosszilis tüzelők kapcsán.

Kisebbs-nagyobb projektekből már számos példát láthatunk, amelyeknek néha sikerül az elvárásokon felüli hozamot is produkálnia, például a miskolci PannErgy esetében. Annak ellenére, hogy sok sikeres megvalósítást láthatunk itthon is és világszerte, egyértelmű, hogy a geotermikus energia felhasználási ágazat fejlődése igen lassú, akár a többi megújulóhoz, akár az egyéb nem konvencionális energiaforrásokhoz viszonyítva. Ennek okozói lehetnek azok a korlátozó tényezők, mint például:

- a nagy kezdeti befektetési igény, amelynek közel felét a fúrás teszi ki,
- illetve a hosszú tervezési szakasz.

Az utóbbi valamilyen szintig csökkenthető bizonyos folyamatokra létrehozott standardizálással. A költségek csökkentésére pedig a technológiák fejlődése mellett

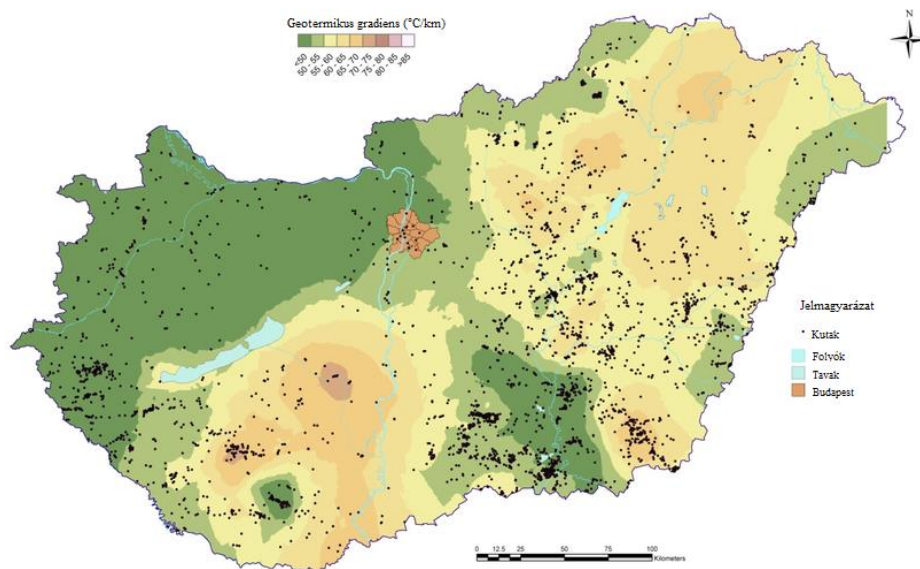
megoldást nyújthat a már meglévő kutak újra felhasználása. Ha a kút megfelelő állapotban, van ez akár 50%-os költségsökkentést is jelenthet és az újrahasznosítással, nemcsak a költségek csökkennek, de megoldódik az a szennyeződési probléma is, amit ezek a kutak potenciálisan magukban hordoznak (WEN-LONG et al. 2014).

Jól ismert tény, hogy a világon megközelítőleg 20–30 millió felhagyott olajkút létezik, ehhez hozzáadva az egyéb célból készült lezárt kutakat, a végső szám jóval nagyobb lehet. Magyarországon a fellelhető felhagyott mélyfúrési kutakat az 1. ábra mutattuk be.

A fenti tényezőket figyelembe véve világszerte egyre több kutatási téma célpontjává válik a felhagyott kutak geotermális céllal történő újrahasznosíthatóságának vizsgálata (KUJAWA et al. 2006).

A Miskolci Egyetem PULSE projektjének kitűzött fontosabb feladatai a földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyságnövelő mérnöki eljárások fejlesztése. Az Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet és Műszaki Földtudományi Kar közös kutatócsoportja újszerű tudományos munkát kíván végezni a hazai természeti energiaforrások fenntartható kiaknázásának témakörében, különös tekintettel a következőre:

1. Kihozatali hatásfok növelését biztosító eljárások kutatása és fejlesztése szénhidrogéntelegekben;
  2. Nagy hatékonyságú hozamnövelő rétegkezelési eljárások kutatása és fejlesztése, valamint
  3. Meddő és használaton kívüli kutak energetikai hasznosíthatósága területeken.
- A következőkben az utóbbi tématerületet mutatjuk be.



1. ábra

Magyarországi használatban lévő és felhagyott kutak elhelyezkedése és ezekben mért hőmérsékletek eloszlása (TULINIUS et al. alapján)

## 2. MEDDŐ ÉS HASZNÁLATON KÍVÜLI OLAJIPARI KUTAK ENERGETIKAI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A projekt keretében tervezett kutatás jelentős szerepet játszhat a geotermikus energia hazai felhasználásának növelésében. A hazai szénhidrogén-kutatás és -termelés szempontjából meddő (és/vagy használaton kívüli) szénhidrogén kutak energetikai célú hasznosíthatóságának témája kiemelt kutatási program (BOBOK és TÓTH 2005). A tervezett kutatások két területre; a kútszintű energetikai értékelés, illetve erőművi/ipari hulladék hő vagy megújulókból származó energia földtani közegben történő tárolásának hatékonyság/hatásfok vizsgálatára irányulnak. A kutatások eredményei hívhatják fel a figyelmet a földtani közeg energetikai célú hasznosításának érzékeny és kritikus területeire. A tárolástechnológiai fejlesztések javíthatják a földtani közegek energetikai célú hasznosításának hatékonyságát.

A négyéves kutatási időszakban a következő pontok alapján kívánjuk elvégezni a munkát:

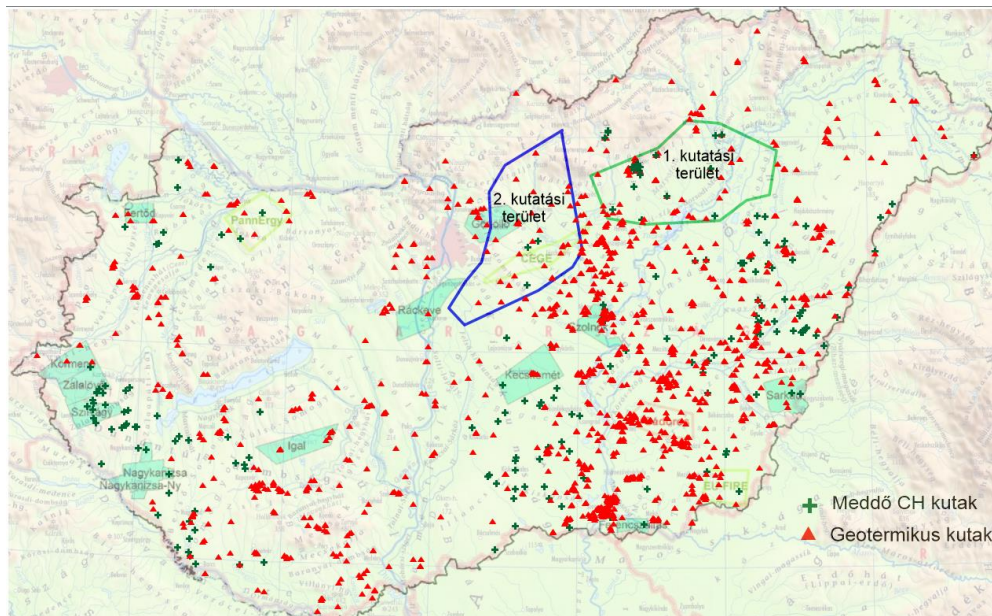
1. Adatgyűjtési metodika kidolgozása. Kútszintű adatgyűjtés, területi adatgyűjtés, a földtani közegekben történő hőtárolással kapcsolatos adatgyűjtés.
2. Adatbázis építés, geotermikus energiahasznosítási célú adatelemzés. Kútszintű adatbázis, területi adatbázis, hőtárolással kapcsolatos adatbázis.
3. Mélyfúrási geofizikai szelvényezések újraértékelése. Kútszintű újraértékelés, területi értékelés, a hőtárolással kapcsolatos újraértelmezés.
4. Terepi kalibrációs mérések és tesztek végrehajtása kutakban. Terepi kalibrációs mérések és tesztek végrehajtása néhány kútban, abból a célból, hogy a korábban elvégzett mérésekből kiszámítható hidrogeofizikai paraméterek (lyukgeofizikai mérésekből meghatározott elődleges és másodlagos porozitások, szaturációs paraméterek, permeabilitás, szivárgási tényező, hőtároló kapacitás stb.) a mérésektől eltelt – sokszor több évtizedes – idő alatt milyen mértékben változtak meg.
5. Hőtárolási célú szimulációs vizsgálatok elvégzése hőtranszport modellezéssel.
6. Az adatbázis pontosítása az elvégzett terepi mérések, tesztek és szimulációs vizsgálatok alapján.
7. A geotermikus energiahasznosítás lehetőségeinek körvonalazása és akcióterv kidolgozása az elvégzett vizsgálatok és kutatómunka alapján.

A projekt jelenlegi szakaszában az adatgyűjtés és az adatbázis elkészült, amelynek pontosítása és kiegészítése természetesen a projekt végéig folytatódni fog. Elkészültek országos térképek, amelyek a geotermikus és használaton kívüli szénhidrogén kutak elhelyezkedését mutatják Magyarország területén (2. ábra). E mellett a hőtárolási célú hőtranszport modellezések is elkezdődtek egy kiválasztott mintaterületen, ahol a beszerzett kútkönyveket is felhasználjuk a pontos földtani közeg felépítésénél.

Emellett megkezdtük a kútszintű és a területi értékelést is, amelynek eredményeképpen kettő területet választottunk ki. Az egyik terület a Mátraalja, Cserhátalja, Gödöllői-dombság (2. ábra 2. kutatási terület), a másik pedig a Bükkalja, Borsodi-Mezőség, Hevesi-sík (2. ábra 1. kutatási terület) által határolt terület.

### 3. MAGYARORSZÁGI GEOTERMÁLIS VISZONYOK

Magyarország, bár nem aktív vulkáni területen található, geotermikus adottságai mégis európai, de nemzetközi viszonylatban is kiemelkedőek. Magas a hőmérséklet mélységgel történő emelkedése,  $\sim 45$  °C/km, szemben az átlagos 20–30 °C/km értékkel (1. ábra). Így 500 m mélységben az átlaghőmérséklet már 35–40 °C, 1000 m-ben 55–60 °C, 2000 m mélységben pedig 100–110 °C, a melegebb területeken akár 120–130 °C lehet. A felszín alatt több km mélyséig megtalálható törmelékeny üledékekből (homok, homokkő) vagy repedezett mészkőből, dolomitból az ország területének több mint 70%-án minimum 30 °C-os termálvíz feltárható. (SZITA & VITAI 2013).



2. ábra

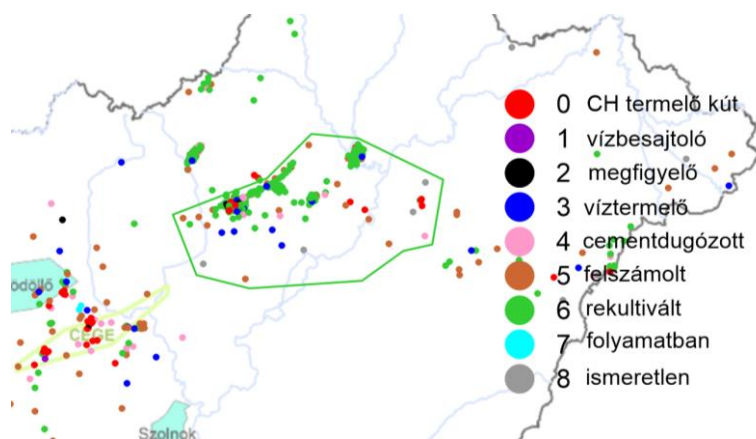
*Magyarország hasznosítható meddő szénhidrogén- és geotermikus kútjainak térképe a két kutatási területtel*

A magyarországi geotermikus kutak többnyire 1000–2000 m mélységből termelnek. A kutak felépítése hasonló és tipikus. A vezető béléscső átmérője mintegy 50 m mélyséig 13 3/8” (349 mm) egy a 17 1/2” (444,5 mm) átmérőjű fúrólukban. Majd az 500–1800 m közötti mélységtartományban egy a 12 1/4” (444,5 mm) átmérőjű fúrólukban 9 5/8” (244,5 mm) béléscsövet építenek ki. Végezetül egy 7” (177,8 mm) cső kerül beépítésre a 8 1/2” (215,9 mm) fúrólukban. A béléscsövek minden esetben cementezve vannak (TÓTH & BOBOK 2013). Ellenálló képességüket és anyagminőségüket tekintve ezeknek a kutaknak igen magas elvárásoknak kell megfelelniük, hiszen a használat során nagy sótartalmú és magas hőmérsékletű

vizek hatásainak vannak kitéve. Jellemzően az átlagosnál vastagabb csőfalazattal és magasabb anyagminőséggel kerülnek kialakításra.

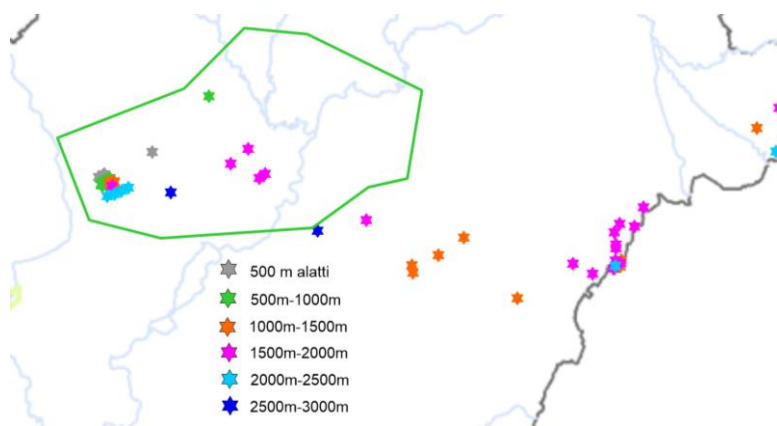
### Geotermikus viszonyok a Bükkalja területén

Jelen fejezetben az adatbázisból készített térképeket fogunk bemutatni az egyik kutatási területen a Bükk-alja térségére. Az 1. kutatási területen már az 1950-es évek előtt is készültek szénhidrogén-kutató fúrások. Napjainkban is vannak fúrások, de ezek már termálvíz kinyerése céljára mélyített kutak fúrásai. A 3. ábra szemlélteti a területen lévő összes fúrást napjainkig, valamint azt, hogy ezek a fúrások milyen funkcióval rendelkeznek jelenleg.



3. ábra

Az 1. kutatási területen mélyített kutak és funkcióik



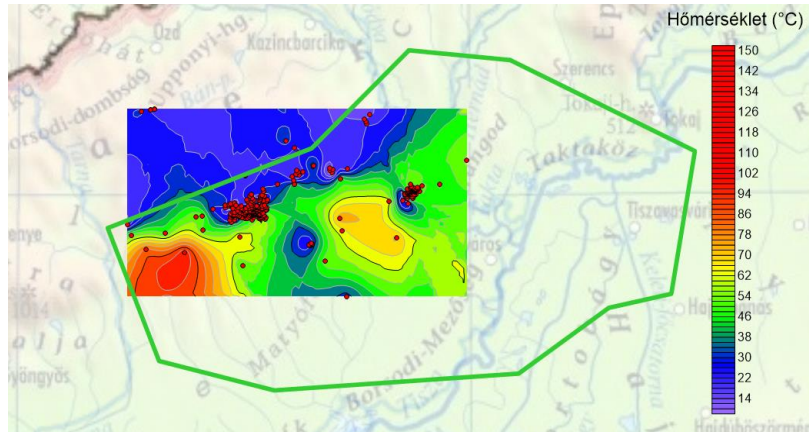
4. ábra

Az 1980 után mélyített fúrások a mélység függvényében

Az 4. ábrán csoportosítottuk az 1980 után fúrt kutakat mélység alapján, amely jól mutatja, hogy a Bükkalja területén a fúrások mélysége jellemzően 500 m és 1500 m

között változik. Azért ezt az időszakot választottuk, mert az ebben az időszakban készült kútkönyvek információi már megbízhatóbbak, mint a régebbiek.

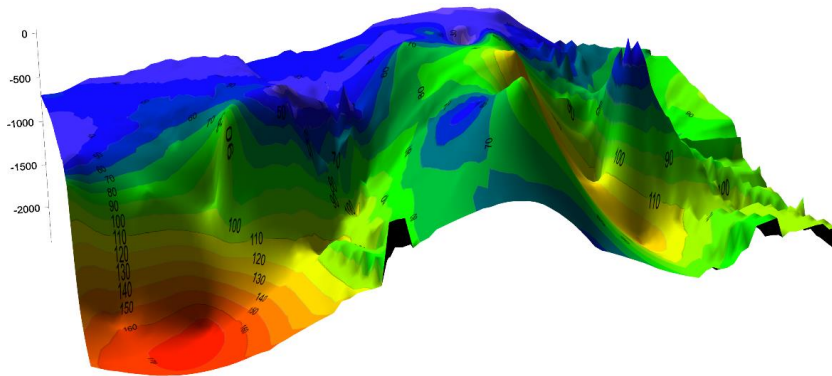
Az jelenlegi adatbázis alapján elkészítettük a Bükkalja területére a maximális hőmérséklet-eloszlás térképet, amelyet az 5. ábra mutat.



5. ábra

*A Bükkalja térségben lévő kutak adatai alapján szerkesztett maximális hőmérséklet-eloszlás térkép*

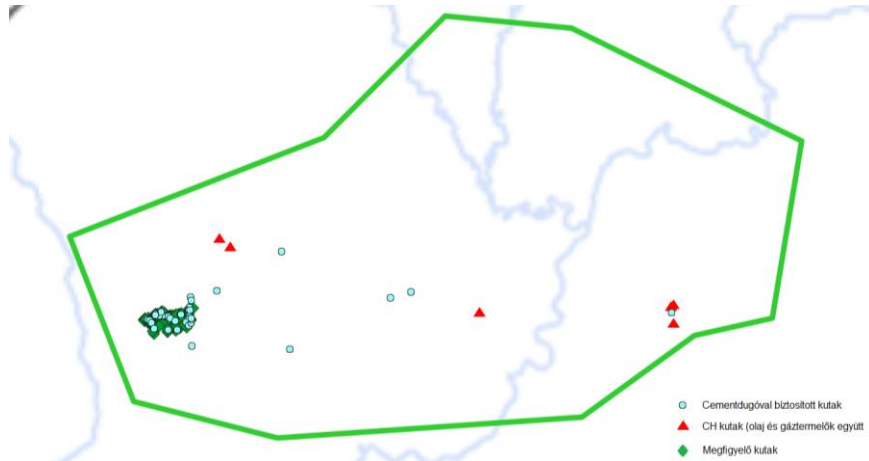
A fúrások talpmélysége alapján elkészítettük a hőmérséklet-eloszlás 3 dimenziós változatát is (6. ábra).



6. ábra

*A maximális hőmérséklet-eloszlás térkép 3D-ben*

Az adatbázis, a bemutatott térképek és az a 2018 júliusában beszerzett kútkönyvek alapján kezdhető meg a kútszintű értékelések készítése. A 7. ábrán bemutatott kutak közül szűrhető lesz, hogy mely kutak alkalmazhatók a jövőben geotermikus rendszerek kialakításánál, akár vizes vagy egyéb rendszerek alkalmazásával termelő vagy visszasajtoló kútként.



7. ábra

*A geotermikus rendszerek kialakításánál használható kutak elhelyezkedése*

#### 4. KUTAK FELHAGYÁSA

Azokat a kutakat és fúrólukakat, amelyeket nem termeltetnek, „felfüggesztett” állományba kell helyezni, amelyekkel a határidőn belül már nem terveznek további műveleteket, „felhagyási” műveleteket kell végezni. Mind az időleges felfüggesztést, mind a végleges felhagyást a bányatörvény, az MBFSz (Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat) és a környezetvédelmi törvények miatt gondosan meg kell tervezni és a jóváhagyott műveleteket szigorú ellenőrzés mellett kell elvégezni.

A tevékenység időleges felfüggesztése lehet:

- rövid idejű – amikor a fúrás befejezése után a kút kivizsgálásra vár, vagy
- hosszú idejű – amikor geológiai megfontolások, újraértelmezések, technológiai fejlesztések miatt kell a munkálatokat szüneteltetni– ennek idejét is meghatározza a bányatörvény, a hosszú időre való felfüggesztés megfogalmazás azonosul a korábban megfogalmazott időleges felhagyás fogalmával, mivel mindkét esetben a kútszerkezet és a csőfej sértetlen marad.
- A végleges felhagyás követelményei a legszigorúbbak, mivel a kút felszíni zárószerelvényeit eltávolítják, továbbá a belső, nem cementezett bélésű rakatok jelentős részét is visszamentik. A végleges felhagyás a környezet teljes rehabilitációját is megköveteli.

Mind az időleges, mind a végleges kútfelhagyást csak akkor lehet végrehajtani, ha:

- a kút felszín alatti része biztonságos körülmények között van,
- nyomásálló,
- továbbá biztosítani kell, hogy a csőfej eltávolítása után sem indulhasson meg áramlás a kútból.

## 5. GEOTERMIKUS RENDSZEREK

A geotermikus rendszereket a működésükhöz szükséges 3 alapelem – tároló, fluidum, hőforrás – jellege, eredete alapján kettő fő csoportba oszthatjuk:

- hagyományos (konvencionális), hidrotermális rendszerek meglévő tárolók termelésével;
- nem hagyományos, mesterséges, javított kizozatalú geotermikus rendszerek:
  - meglévő rezervoár átteresztőképességének javítása (EGS)
  - új, mesterséges rezervoár létrehozása (HDR)
  - egykutas, dupla csöves rendszerek hőcserélő folyadékkal (SZÜCS et al. 2017).

A geotermikus energia hasznosítása általában több hőmérsékletlépcsőben, ún. kaszkád rendszerben történik. A rezervoár és a kutak által biztosított legmagasabb hőmérsékletű hasznosítást a gazdaságosság növelése, a geotermikus energia minél teljesebb kihasználása érdekében lehetőség szerint alacsonyabb hőmérsékletigényű alkalmazások bevonásával egészítik ki (kaszkád rendszer) (TÓTH & BOBOK 2013). A geotermikus energia hasznosítási módjai az alábbi nagy csoportokba sorolhatók: Villamosáram-termelés:

- Száraz, túlhevített tárolóra telepített erőmű;
- Forró vizes tárolóra telepített erőmű;
- Kettősközegű (bináris) erőmű
  - ORC;
  - Kalina.

Közvetlen hőhasznosítás:

- Épületfűtés (egyedi vagy távfűtés), használati melegvíz (HMV) szolgáltatás;
- Ipari hőszolgáltatás;
- Mezőgazdasági alkalmazások (üvegház, fóliasátor-fűtés, terményszárítás stb.);
- Balneológia, wellness;
- Halgazdálkodás, halastavak;
- Jégtelenítés;
- Hőszivattyúval ellátott kis mélységű geotermikus rendszerek (hőszivattyúzás).

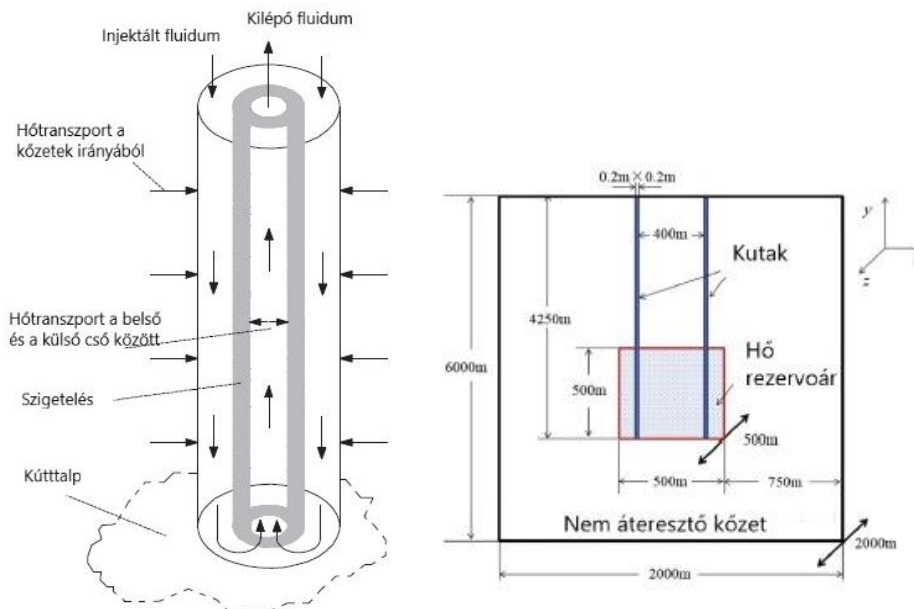
## 6. FELHAGYOTT KUTAK LEHETSÉGES HASZNOSÍTÁSÁNAK FELTÉTELEI

A mélyfúrások kialakítása többféle cézzal is kezdődhet. Amennyiben jól ismert földtani környezetben, konkrét cézzal történik a fúrás mélyítése, az történhet gáz-termelés, olajtermelés, víztermelés (geotermális hasznosítás) vagy pl. egy terület monitorozása céljából stb. A kutak mélyítése során, a kialakítás minden esetben igazodik a felhasználási célhoz.

A felhagyott kút állapotának, és az egyéb viszonyoknak megfelelően egy, illetve többkutas rendszerben is történhet a felhagyott kút újrahhasznosítása. Egykutas hasznosítás esetében, úgynevezett duplacsöves rendszer kerül beépítésre, ekkor a meglévő rendszeren nagyobb mértékű változtatást szükséges eszközölni.

Az egykutas és kétkutas rendszer elméleti felépítését a következő ábra mutatja be.





8. ábra

## Egy- és kétkutas hasznosítási rendszerek elméleti felépítése

Az *egyutas* rendszereknél a termelés zárt láncú dupla csöves hőcserélővel oldható meg, hasonlóan, mint a hőszivattyúk esetében. Van egy bemeneti ág, amin a hideg munkaközeget sajtolják be, majd ez a kút alján felmelegedve szintén ugyanabban a kútban visszatér a felszínre. Vizsgálatok szerint, az hogy a belső vagy a külső csővön keresztül végzik az injektálást, sekély mélységű kutak esetében nem számít, viszont nagyobb mélységben, már érdemesebb erre a belső csövet használni.

A kút alján a hőcserére általában kéttípusú csővezést alkalmaznak. Az U-csöves, illetve koaxiális felépítésű szerkezetet. Inkább az utóbbit kedvelik, mivel nagyobb felületen képes hőt cserélni és a hidraulikai tulajdonságai is kedvezőbbek. A csövek szigetelésénél a könnyítés érdekében kísérleteztek azzal, hogy csak a kút bizonyos részein alkalmaznak, de ez kis mélységben is egyértelműen nem kívánt hőveszteséggel jár, nagyobb mélység esetében, pedig egyértelműen elengedhetetlen a teljes szakaszon (MACENIĆ, M.–KUREVIJA, T. 2018). A modellek és megfigyelések alapján a szigetelés vastagságával egyenesen arányos a kifolyó részen mérhető hőmérséklet nagysága. Az anyaga polisztirol, aminek a hővezető képessége  $0,027 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  és ezt  $0,03 \text{ m}$  vastagsággal használva minimális szintre csökkenthető a hőveszteség a belső és külső folyadékáramok között (WEN-LONG et al. 2014). A munkaközeget illetően több típus is szóba jöhet (R600a, R600, R134a, R290, R245fa, R143a és propilén), de a tesztek után az mutatkozik meg, hogy az R245fa és az R134a a többihez képest is kiemelkedően jó tulajdonságokkal rendelkezik, illetve utóbbi számos tanulmányban alapjául szolgál hőtranszport-model-

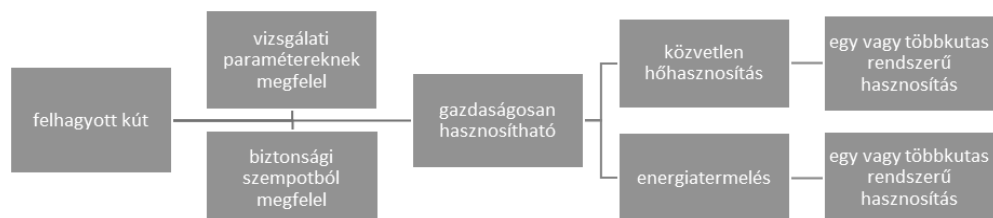
lezéseknek. A víznél, bár kedvezőbb tulajdonságokkal bírnak ezek az anyagok, nagy mennyiségben jelentős lehet az anyagi vonzatuk, ezért a szivárgás elkerülése igen fontos. Ennek érdekében kizárólag acélcső használható, és a kutakat alul le kell szigetelni. Ezeket a megoldásokat figyelembe véve kijelenthető, hogy van potenciál az ilyen felhagyott olajos kutak újra hasznosításában, (kínai tanulmány ZHANG et al. 2008) bár áramtermelésre csak a 3000 m-nél mélyebbek alkalmasak. Ennek az az oka, hogy csak a kút falán keresztül van lehetősége a folyadéknak a hőcserére, így csak a geotermikus gradiens és a folyadék áram határozza meg a kinyerhető hő mennyiségét (MACENIĆ, M.–KUREVIJA, T. 2018).

*Kétkutas* rendszerűen az egyik kút a besajtoló kút, míg a másikon termelik ki a felmelegedett hőszállító közeget.

Gazdasági szempontból megvizsgálhatjuk, hogy lehetséges e megtakarítást eszközölni egy felhagyott kút újrahasznosításával. Ehhez alapul vettük M. Z. LUKAWSKI et al. cikkét (2016), amelyben több geotermikus kút (2400–4600 m mélységig) fűrési költségeit elemzik, amelyeket 2009 és 2013 között létesítettek az Amerikai Egyesült Államokban (USA). Átlagosan elmondható, hogy egy darab termelő kút kialakításának összes költsége kb. 5,7 millió dollárba (kb. 1,5 milliárd forint), míg a visszasajtoló kutak kb. 6,3 millióba (1,6 milliárd forint) kerülnek. Általánosan megállapítható, hogy a fűrési költségek exponenciálisan nőnek a mélységgel, amit nehéz környezeti adottságok eredményeznek. Természetesen egy-egy kút kialakításának nem a teljes költségét lehet megtakarítani egy felhagyott kút újraindításakor, hiszen számos vizsgálatot, esetleg átalakítást kell így elvégezni, de minden bizonnyal a fűrési költség egy jó része megtakarítható, ideális esetben tehát a költségek jó része nem jelenik meg.

## 7. ÖSSZEGRÉS

A magyarországi felhagyott kutak geotermikus céllal történő hasznosíthatósága több paraméter függvényében mérlegelendő. Minden felhagyott kút esetében a specifikus jellemzők jelentős kockázati tényezőt képviselnek. A mérlegelendő paraméterek magukba foglalják a geológiai, geofizikai, hidrogeológiai, hőmérsékleti tényezők mellett a kút kialakítására, lezárására vonatkozó adatok görcső alá vételét, továbbá a környezetvédelmi és humánbiztonsági jellemzők tanulmányozását, és mindezen túl, mint döntő tényező, a gazdaságossági számítások elvégzését (9. ábra).



9. ábra

*Felhagyott kutak hasznosíthatóságának lehetőségei (összegzés)*

A PULSE-projekt keretében létrehoztunk egy adatbázist (tartalmazza a kutak alapadatait, földtani, vízföldtani információkat, valamint hőtárolással kapcsolatos adatokat), amelyben lehetőség nyílik a kútszintű analízisére. A már kijelölt geotermikus koncessziós területek tekintetében van nagy jelentősége ennek az adatbázisnak, hiszen nem csak plusz információkat (földtani, hidrogeológiai stb.) tartalmaz, hanem jobb tervezhetőséget biztosít, illetve a felhagyott kutak esetleges felhasználásának lehetősége egyes jövőbeli projektek költségeit csökkenthetik.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetemen működő Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet GINOP-2.3.2-15-2016-00010 jelű *Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése* projektjének részeként – a Széchenyi 2020 program keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával valósul meg.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- BOBOK E.–TÓTH A. (2005): *Megújuló energiák*. Miskolci Egyetemi Kiadó, 227.
- KUJAWA, T.–NOWAK, W.–STACHEL, A. A. (2006): Utilization of existing deep geological wells for acquisitions of geothermal energy. *Energy*, 31 (5), 650–664. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.05.002>
- LIOR, N. (2008): Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future. In *Energy*, Vol. 33, 842–857). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.09.009>
- LUKAWSKI, M. Z.–SILVERMAN, R. L.–TESTER, J. W. (2016): Uncertainty analysis of geothermal well drilling and completion costs. *Geothermics*, 64, 382–391.
- MACENIC, M.–KUREVIJA, T. (2018): Revitalization of abandoned oil and gas wells for a geothermal heat exploitation by means of closed circulation: Case study of the deep dry well Pčelić-1. *Society of Exploration Geophysicists and American Association of Petroleum Geologist*, Volume 6, Issue 1.
- SZITA, G.–VITAI, Z. (2013): First Geothermal Energy Utilization System Based on Medium Enthalpy Reservoir in Hungary. *European Geothermal Congress 2013*, 3.
- SZŰCS P.–BOBOK E.–TÓTH A.–KOLENCSEKNÉ TÓTH A.–MADARÁSZ T.–ZÁKÁNYI B.–DEBRECZENI Á.–SZILÁGYI J. E. (2017): Geotermikus erőműfejlesztés lehetősége az ásványvizek földjén, Magyarországon. In: *Kárpát-Medence Ásványvizei: XIII. Nemzetközi Tudományos Konferencia*. 181 Hargita Kiadóhivatal, 15–25.
- TÓTH, A.–BOBOK, E. (2013): Possible behavior of CO<sub>2</sub> as EGS fluid in Hungary. *European Geothermal Congress 2013*, 1–4.

TULINIUS, H.–PORBERGSDÓTTIR, I. M.–ÁDÁM, L.–HU, Z.–YU, G. (2010): *Geothermal evaluation in Hungary using integrated interpretation of well, seismic, and MT data*. Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.

WEN-LONG CHENG–TONG-TONG LI–YONG-LE NIAN–KUN XIE (2014): An analysis of insulation of Abandoned Oil Wells reused for Geothermal Power Generation. *Energy Procedia*, Volume 61, Elsevier, 607–610.