

Geotermikus energia hasznosítás a Kárpát-medencében - lehetőségek és kihívások válság idején

Geothermal energy utilization in the Carpathian Basin - opportunities and challenges during crisis

MADARÁSZ Tamás

Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
3515, Miskolc-Egyetemváros; tamas.madarasz@uni-miskolc.hu

Abstract

In this paper I will briefly attempt to outline the main opportunities for geothermal energy exploitation, the global trends in exploitations and expectations for the sector. Despite the well-known potential of Hungary's geothermal resources, its widespread exploitation is still a long way off, although the transition in the energy sector that has given a high priority to the exploitation of renewable energy sources. Technology breakthrough is particularly difficult in the field of electricity generation, where the main obstacles are the lack of risk management practices for investors and the lack of disruptive innovation in a number of inevitable technology

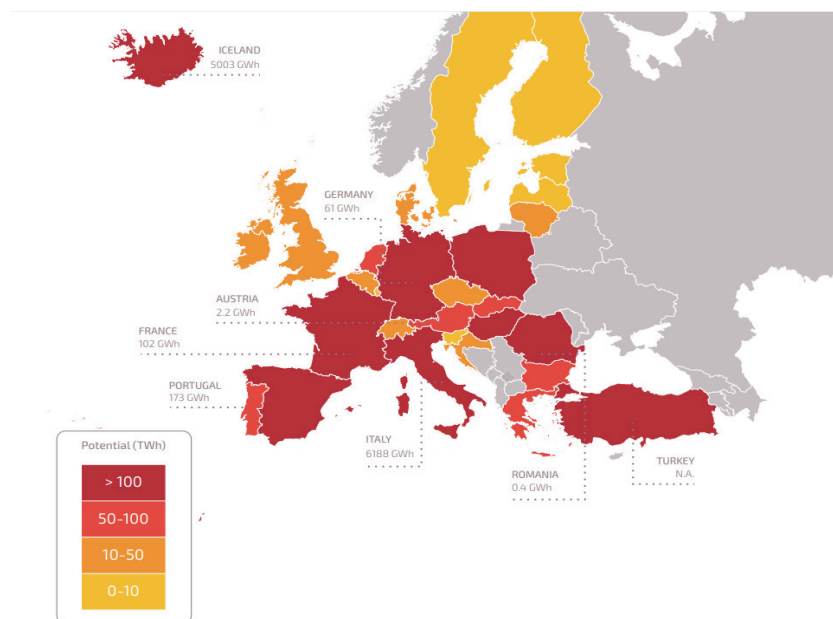
Keywords: Geothermal potential in the Pannonian-basin, geothermal energy utilization, innovation, EGS

Kulcsszavak: Geotermális potenciál a Pannon-medencében, geotermális energia hasznosítás, innováció, EGS

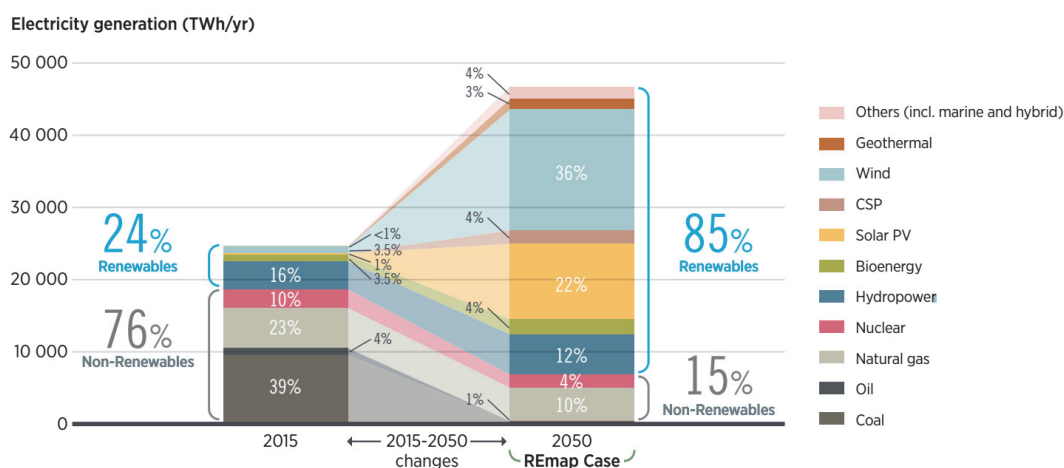
1. BEVEZETÉS

A laikus közvélemény által is általánosan ismert vélemény, hogy Magyarország Európa egyik kiemelkedő geotermikus adottságokkal rendelkező régiója. A Pannon-medencében jellemzően elvékonyodott földkéreg, a medencét kitöltő, helyenként több kilométer vastag porózus réteg összlet, a világ átlag 1,5-2-szeresét elérő geotermikus gradiens érték (5-7°C/100m), és számtalan fürdő, balneológiai létesítmény nagyban hozzájárulnak geotermikus nagyhatalom imázs kialakulásához. A valóság azonban ettől sokkal árnyaltabb, mivel a geotermikus energia hasznosítás összetett, sok tényezős kérdés, amiben a kedvező természeti adottság egy fontos meghatározó kérdés, de nem az egyetlen. A természeti, földtani, hidrogeológiai adottsággal összemérhető súlyú tényezők egyebek mellett a finanszírozási környezet és annak állandósága, a műszaki megvalósíthatóság kérdése, a jogi szabályozók és kockázatkezelés, valamint a társadalmi elfogadottság is.

Ezt az ellentmondásos helyzetet támasztja alá az 1. és 2. ábrán bemutatott két eltérő szemléletű előrejelzés. Az ETIP-DG (European Technology and Innovation Platform, Deep Geothermal) a nagymélységű geotermia hasznosítását támogató innovációs platform tanulmányában 2050-re a geotermikus energiára alapozott villamosenergia termelés potenciálját Magyarország esetében 100TWh-ot meghaladó nagyságrendre prognosztizálja és Európa energia mixében jelentős növekedést vár a geotermikus forrásból. Az ambiciózus előrejelzésnek több tanulmány is némileg ellentmond. Az előrejelzések egyetértenek a RES szektor arányának jelentős növekedésében, de egyik sem számít kiemelkedő növekedésre a geotermikus energiára alapozott villamosenergia termelésben. A 2. ábrán az IRENA vonatkozó elemzését mutatom be.



1. ábra: Európa geotermikus energia alapú villamosenergia potenciálja 2050-re [5].



2. ábra: Villamosenergia termelés ártrendeződése 2050-ig az energia átállás eredményeként (TWh/év) [5].

Bár a geotermikus energia használatához jelentős gazdasági és környezeti előnyök társulnak, mégis nemzetközi szinten is megfigyelhető tendencia, hogy a geotermikus energia szektor növekedése elmarad más megújuló növekedési ütemétől, különös tekintettel a nap és szél energiára [8]. Az előadásban áttekintem, hogy miért nem tud a geotermikus energia jelentős áttörést elérni a globális energia átállás folyamatában és milyen jövőbeli kilátásokkal számolhatunk Európában és Magyarországon.

A geotermikus energia megbízható, időjárás-független, helyben rendelkezésre álló, részlegesen megújuló energiaforrás. A geotermikus energiát a kőzetváz és a fluidum együttesen tartalmazza. Bár a geotermikus energia a kéregben mindenütt jelen van, kitermelése olyan hordozó közeghez kötött, amely könnyen felszínre hozható, nagy fajlagos energia tartalmú, olcsó és nagy mennyiségben rendelkezésre áll [9]. Míg a földhő, mint globális energiaforrás lényegében kimeríthetetlen, de fluxusa területenként eltérő, és az azt felszínre hozó munkaközeg (felszín alatti víz) mennyisége korlátos, ezért a geotermális energia hasznosítás csak körültekintő tervezés és felelős működtetés mellett tekinthető fenntartható, megújuló rendszernek.

2. ELMÉLETI VS. KITERMELHETŐ POTENCIÁL

RYBACH [2] rámutat, hogy a geotermikus potenciál becslése kapcsán fontos megkülönböztetni az elméleti potenciál, a technikai potenciál, gazdasági potenciál, fenntartható potenciál és a kitermelhető potenciál

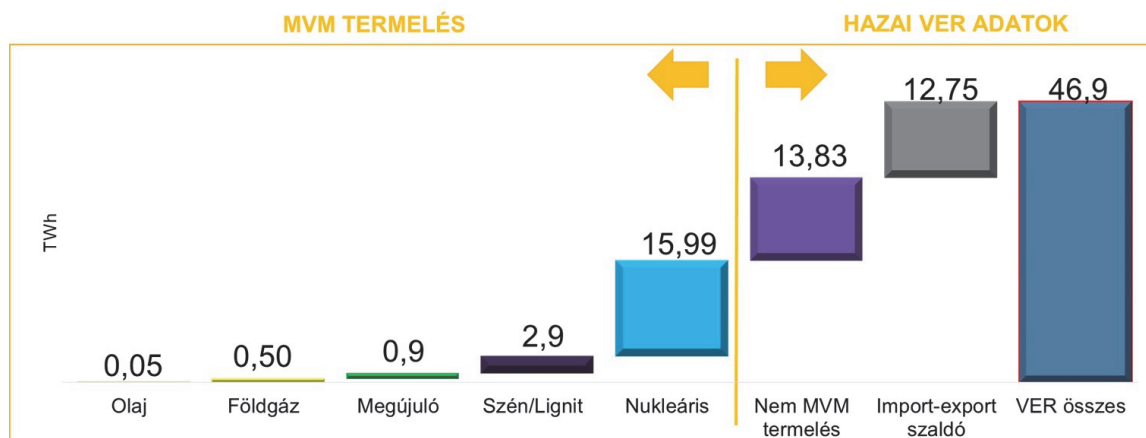
fogalmát. Egy adott területen belül az elméleti és kitermelhető potenciál értéke között jelentős eltérések mutatkoznak, ezért némileg félrevezető csupán a természeti adottságok alapján minősíteni egy terület vagy ország geotermikus adottságait.

A geotermikus erőforrások megcsapolásakor a felszín alatti hőt hasznosíthatjuk épületek fűtésére vagy villamosenergia-termelésre. Ha a munkaközeg hőmérséklete 30 és 150 °C között van (néhány száz méter mélységtől kb. 2 km mélységig), a geotermikus hő felhasználható távhő rendszerek vagy közvetlenül az egyes lakások, épületek fűtésére, mezőgazdasági kultúrák nevelésére és fürdők/gyógyászati létesítmények fűtésére vagy vízellátására. Ideális esetben a különböző hőmérséklet igényű rendszerek sorba kapcsolásával több lépcsős hasznosítás valósulhat meg. A fenntartható módon üzemelő rendszerek fontos eleme a használt termálvizek visszasajtolása, ami egyrészt a felszín alatti rétegnomás fenntartása miatt, másrészt a felszíni befogadók szennyeződésének elkerülése miatt is indokolt. A geotermikus energia direkt hőhasznosításának nyilvánvaló korlátja a helyi hőpiac megléte/hiánya, tekintve, hogy a hő néhány kilométeren túli szállítása nem lehetséges.

A 90°C feletti hőmérsékletű fluidum esetében bővül a hasznosítás lehetősége, mivel a kútból kinyert/előállított gőzt turbinára vezetve villamos energia is előállítható. Ideális esetben az erőművek kapcsoltan is működhetnek, és egyidejűleg termelhetnek villamos energiát és hőt is fűtési rendszerek ellátására. 150 °C felett (250 °C-ig) a több mint 1 500 m mélységből kivont vízgőz formájában jut a felszínre és közvetlenül felhasználható az áramtermelő turbinák meghajtására.

Hazánkban a geotermikus direkt hőhasznosítás terén jelentős fejlődés volt megfigyelhető az elmúlt évtizedekben., 2016-ra az egyedi épületfűtés több mint 40 településen 77,2 MW_{th} összes beépített kapacitással és 83,1 GWh_{th} éves termeléssel volt jellemezhető. 2018-ban geotermikus távfűtés 22 településen volt elérhető, ami összesen kb. 223,36 MW_{th} beépített kapacitást és 635,66 GWh_{th} éves termelést jelentettek [7]. 2020-ra a geotermikus energia részaránya a hazai távhő ellátásban 256,4 MW_{th}-ot ért el, ami az EU tagországai között a negyedik legmagasabb érték. Jelenleg a hasznosított geotermikus energia becsült összeteljesítménye 700 MW_{th} (beépített kapacitás > 1000 MW_{th}), amelynek közel egyharmada mezőgazdasági célú hasznosulás, 40% fürdő és gyógyászati célú felhasználás, 20%-a távhő-használati melegvíz és 7% egyéb (pl. hőszivattyú) alkalmazás, az ezzel együtt járó termálvíz kivétel éves volumene kb. 85 millió m³/év [10].

A villamosenergia termelés terén közel sem ennyire kedvező a hazai kép. Az országban az egyetlen működő erőmű a kevesebb mint 2,5MWe kapacitású turai erőmű, amelynek éves teljesítménye kb. 18GWh, ami a hazai villamosenergia mixben jelentéktelennek mondható (3. ábra).



3. ábra: A magyarországi villamosenergia termelés 2021-ben (Forrás: MVM).

3. GEOTERMIKUS ENERGIA JÖVŐJE

Európában jelenleg figyelemreméltó fejlesztések zajlanak Hollandiában, Franciaországban és Németországban. A Green Deal új európai politika néhány év alatt erőteljes fellendülést hozhat elsősorban direkt hőhasznosítás terén. Európa-szerte megfigyelhető a helyi hatóságok által kezdeményezett megújuló fűtési és hűtési infrastruktúrák kiépítésének preferenciája. Nyugat-Európában a hangsúly az új rendszerek fejlesztésére helyeződik, hogy ösztönözzék a gázhálózatokról való leválást. Kelet-Európában, ahol az elavult városi fűtési hálózatok széles körben elterjedtek, az infrastruktúra korszerűsítésére és a földgáztól való piaci részesedés átvételére helyezik a hangsúlyt. Az EREC szerint a "Fit for 55% csomag" új jogszabályi rendelkezései, a megújuló fűtésre és hűtésre vonatkozó célok megerősítése döntő fontosságú lesz a geotermikus ágazat jövője szempontjából. Ezzel párhuzamosan az ukrajnai orosz invázióra válaszul az Európai Unió számos országa

bejelentette a megújuló energiaforrások kiépítésének felgyorsítására vonatkozó terveit, amelyek célja az orosz földgázimporttól való függőségük csökkentése. Németország, Hollandia és Portugália vagy megemelte megújulóenergia-célkitűzéseit, vagy korábbi időpontra helyezte át eredeti célkitűzéseit. [2].

A 2023-ban kialakult energiaellátási válság Magyarországon is jogszabályi változást eredményezett. A napokban hatályba lépett 61/2023. (II. 28.) Korm. Rendelet és az SZTFH elnökének 6/2023. (II. 28.) SZTFH rendelete a bányafelügyelet hatáskörébe rendeli a geotermikus energia kutatásával, kinyerésével, hasznosításával és a geotermikus védőidom megállapításával kapcsolatos feladatokat. A sokak által vitatott új szabályozás célja - a szakmapolitikai tájékoztatás szerint -, hogy „lehetővé tegye a gyors és hatékony ügyintézkedést, egyúttal kiszámítható beruházások indítását ösztönözze országszerte.” Egyes piaci szakértők elvárása szerint a geotermikus kutatás és beruházás ösztönzése 2030-ig akár másfél milliárd köbméternyi földgáz kiváltását teheti lehetővé, nagymértékben szolgálva hazánk energiaszuverenitását.

A villamosenergia termelést célzó hasznosítás elterjedésének akadályai elsősorban nem a szabályozói környezetben keresendők. A nagy entalpiájú rendszerek kiaknázása magas hőmérsékletű és magas nyomású kutak kiképzését teszik szükségessé, amelyek nem konvencionális fűrészi és kútkiképzési technikák meglétét igénylik. A nagy mélységű geotermális rendszerek széleskörű elterjedésének fontos előfeltétele tehát a fűrészi eljárások termelékenységének növelése, a HTHP környezetre felkészített monitoring eszközök fejlesztése és új kútkiképzési technikák megjelenése.

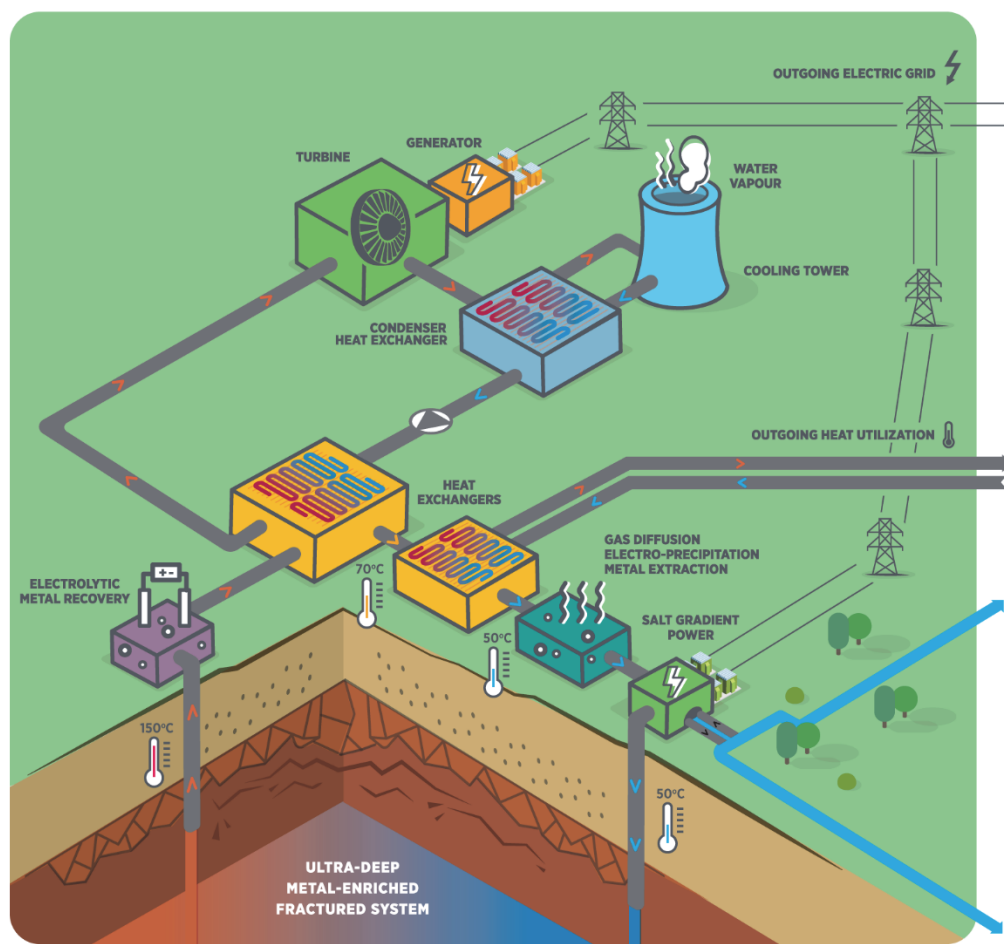
4. AZ INNOVÁCIÓ SZEREPE

Az European Technology Platform for Deep Geothermal (ETIP-DG) szakmai szervezet meghatározó szerepet tulajdonít a kutatás-fejlesztésnek és a jövő szempontjából kulcsfontosságú eredményeket vár az innovációs projektektől [3], [4]. A 2019-ben publikált Strategic Research and Innovation Agenda dokumentumban (ETIP- 2019) releváns kutatási fókuszterületként az alábbi témákat jelöli ki [4]:

1. A nagy mélységű, komplex földtani rendszerek jobb megismerése nagy felbontású és költséghatékony feltárási módszerek/eszközök segítségével
2. A hőkihozatal növelése a fűrészi technológiák termelékenységének, a kútkiképzés, szenzor-, és monitoring technikák korszerűsítése által, azok magas hőmérsékleti és nyomás viszonyokra alkalmas megoldásainak kifejlesztése által
3. A hőkinyerés és villamosenergia termelés optimalizálása, hálózatba integrálása, hibrid rendszerekbe történő integráció
4. A K+F eredményeken túlmutató környezeti, szabályozói és társadalmi akadályok lebontása európai és globális léptékben
5. Tudásmegosztás (adatharmonizáció, koordinált adat és információ áramlás, megosztott infrastruktúra kiépítése).

Nemzetközi geotermikus szakmai fórumok általános vélekedése, hogy a geotermikus energiahasznosítás jövőbeli sikerét az EGS (Enhanced Geothermal System) technológia tökéletesítése jelentheti [8], [12]. A nagy mélységű, magas hőmérsékletű EGS rendszerek elterjedését azonban jelenleg még számos kihívás nehezíti. A technológiával szemben fel-fel lángoló – gyakran megalapozatlan – társadalmi ellenállást leszámítva is komoly gazdasági, befektetői kockázatot jelent az EGS rendszerek telepítése és üzemeltetése. A rendkívül magas kezdeti beruházási költségek és a földtani, műszaki kockázatok jelentősen visszafogják a beruházási kedvet, még akkor is, ha a sikeres beruházás esetén a megtérülés garantálható [11].

A közelmúltban zajlott innovációs projektek közül említést érdemel az Európai Bizottság Horizon 2020 programja által finanszírozott a Miskolci Egyetem Föld- és Környezettudományi Kara vezetésével és a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani Geokémiai és Közöttani Tanszéke közreműködésével megvalósított CHPM2030 (*Combined Heat, Power and Metal Extraction – Kombinált hő-, elektromos áram-, fém-kinyerés*) kutatás-fejlesztési projekt, ami a geotermia, a fémkinyerés, hidrometallurgia határterületein kutatva újra értelmezi azt az ősrégi tudást, mely szerint a geotermikus erőforrások nem ritkán értékes ásványi-nyersanyag dúsulásokhoz kapcsolódnak (4. ábra). A technológia fejlesztési projekt a nagy mélységű, hagyományos bányászati eljárásokkal nem művelhető ércdúsulásokat kívánja speciális EGS-rendszerre fejleszteni (orebody-EGS). Az elképzelés lényege, hogy a geotermikus adottságainál fogva villamosenergia termelésre alkalmas létesítmény gazdaságossági mutatói jelentősen növelhetők, ha a villamosenergia termelés és a hőkinyerés mellett pl. kritikus ásványi nyersanyagok, ritka földfémek felszínre hozatalával és felszíni leválasztásával javítjuk a beruházási költségek gyorsabb megtérülését [6]. A CHPM2030 koncepció utódprojekteiben (REFLECT, CRM-Geothermal) jelenleg is aktívan részt vesz a Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Kara.



4. ábra: A CHPM2030 projekt technológiai vázlatja (Madarász et al, 2019).

A jövőbeli geotermikus projektek számának növekedése szempontjából ugyancsak meghatározó a geotermikus energia kutatási és kitermelési kockázatainak csökkentése, illetve a fennmaradó kockázatok kezelése. A több kockázati elem (földtani, fűrástechnikai, környezeti, jogi stb.) közül is a legjelentősebb a földtani kockázat, amely a felszín alatti tér ismertségének bizonytalanságából adódik [11]. Ezen felismerés alapján Európa több országában már sikeresen működnek geotermikus kockázatkezelő garancia-alapok [1].

5. Összefoglalás

Jelen cikkben és a kapcsolódó előadásban kísérletet teszek arra, hogy röviden bemutassam a geotermikus energiahasznosítás főbb lehetőségeit, a hasznosítás globális trendjeit és a szektorral szemben megfogalmazott elvárásokat. A közismerten kiemelkedő hazai geotermikus adottságok ellenére annak széleskörű hasznosítása még várat magára, annak ellenére, hogy a energia szektorban tapasztalható átállás kiemelt szerepet szán a megújuló energia források kiaknázásának. Az áttörés különösen nehézkes az elektromos áram termelést célzó hasznosítás terén, ahol legfőbb akadály a kimagaslóan magas befektetői kockázatok megnyugtató kezelésének hiánya és számos megkerülhetetlen technológia elemet érintő diszruptív innováció elmaradása.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.

Irodalomjegyzék

1. BOISSAVY, C., 2020: *Report reviewing existing insurance schemes for geothermal*. GeoRISK project. https://www.georisk-project.eu/wp-content/uploads/2020/02/D3.1_Report-reviewing-geothermal-risk-mitigation-schemes-v2.pdf.
2. EurObserv'ER, 2021: *The state of renewable energies in Europe*, Edition 2021, 20th EurObserv'ER report, The European Commission.

3. European Technology and Innovation Platform on Deep Geothermal (ETIP-DG), 2018: *Vision for deep geothermal*, ISBN 9788879580359.
4. European Technology and Innovation Platform on Deep Geothermal (ETIP-DG), 2019: *Strategic research and innovation agenda Brussels*, April 2019 - http://www.etip-dg.eu/front/wp-content/uploads/SRIA_ETIP-DG_web-1.pdf.
5. International Renewable Energy Agency (IRENA): *Global Energy Transformation, a Roadmap to 2050*. www.irena.org.
6. MADARÁSZ, T., HARTAI, É., KOLENCSEKNÉ TÓTH, A., SZÜCS, P., FÖLDESSY, J., NÉMETH, N., SZANYI, J., OSVALD, M., MEDGYES, T. KÓBOR, B., 2019: CHPM2030 - Novel concept of combined heat, power and metal extraction from geothermal brines, *Extended abstracts, Proceedings, European Geothermal Congress*; Den Haag, Hollandia, 329/7.
7. NÁDOR, A., KUJBUS, A., TÓTH, A., 2019: Geothermal energy use, country update for Hungary. *Extended abstracts, Proceedings, European Geothermal Congress 2019*, Den Haag, Hollandia, 11–14.
8. RYBACH L., 2010: The future of geothermal energy and its challenges, *Proceedings World Geothermal Congress*, Bali, Indonesia 2010, 1–4.
9. SZANYI J., 2019: *Geotermikus energia komplex hasznosítása*, Habilitációs Dolgozat, 20 p, SZTE.
10. SZANYI J., 2022: *A geotermikus energia szerepe az energiamixben*, in: Kovács H. et al (szerk) Fókuszban a hazai felszín alatti természeti erőforrások: Nyersanyagok, energia és technológiák nexusa Miskolc-Egyetemváros, 370 p. ISBN: 9789633582770, Miskolci Egyetem
11. SZANYI J., NÁDOR A., MADARÁSZ T., 2021: A geotermikus energia kutatása és hasznosítása Magyarországon az elmúlt 150 év tükrében, *Földtani Közöny*, **151**, 79–102.
12. TESTER, J. W., ANDERSON, B. J., BATCHELOR, A. S., BLACKWELL, D. D., DIPIPPO, R., DRAKE, E. M., GARNISH, J., LIVESAY, B., MOORE, M. C., NICHOLS, K., PETTY, S., TOKSOZ M. N., VEATCH, R. W., 2006: *The future of geothermal energy: impact of enhanced geothermal systems (EGS) on the United States in the 21st Century*, Cambridge, MA, INL/EXT-06-11746.