

A geotermikus energiavagyon nemzetközi osztályozási és jelentési rendszerei és a hazai adaptáció első lépései

NÁDOR Annamária

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14., e-mail: nador.annamaria@mfgi.hu

An overview of the international classification and reporting systems for geothermal energy and the first attempts to bring Hungarian practice in line with these systems

Abstract

In the present paper an overview is provided of the most important international classification systems of geothermal energy. This involves a demonstration of the applicability of the UNFC-2009 classification framework to renewable energy resources, especially with respect to geothermal energy. Here an attempt is also made to classify some typical Hungarian geothermal projects which are in accord with the UNFC-2009 scheme, and then to illustrate this harmonization with a Monte-Carlo based resource estimation for the Hódmezővásárhely geothermal district heating project.

Keywords: geothermal energy, classification systems

Összefoglalás

A cikkben áttekintést nyújtunk a geotermikus energiavagyon legfőbb nemzetközi osztályozási és jelentési rendszereiről, illetve bemutatjuk a UNFC-2009 osztályozási rendszer megújuló energiaforrásokra, ezen belül is geotermikus energiára vonatkozó alkalmazhatóságát. A cikkben kísérletet tettünk néhány tipikus, hazai geotermikus projekt UNFC-2009 szerinti osztályozására, illetve a Hódmezővásárhelyi geotermikus távfűtés projekt Monte-Carlo szimulációval végzett valószínűségi alapú vagyonebecslésére.

Tárgyszavak: geotermikus energia, vagyon osztályozás, megbízhatóság, UNFC-2009, valószínűségi alapú vagyonebecslés, Monte-Carlo szimuláció

Bevezetés

A megbízható, likvid és hatékony piacok működésének alapja a befektetők hiteles, átlátható és összehasonlítható információkkal történő ellátása (SEC 2000). Az ásványvagyonok vonatkozásában a vagyon- és készletadatok jelentéstételi rendszerének egyik fő célja az adatok megbízhatóságának növelése az adatgazda és az adatfelhasználó/adatvásárló között. A közös alapokon működő jelentéstételi rendszerek lehetővé teszik a projektek összehasonlíthatóságát, egy szélesebb portfólióval működő vállalat esetén akár a különböző típusú projekteket is (pl. szénhidrogén és geotermia).

A különböző jelentéstételi rendszerek képezik az alapját az adott ásványi nyersanyag osztályozásának és nyilván tartásának. Egy osztályozási rendszer hatásköre nagyban függ attól, hogy az abban megfogalmazottak jelentési szab-

ványok, szabályok, útmutatók, kódok, vagy egyszerűen ajánlások. Ezek a különböző lehetőségek egyben a becsült vagyon nagyságának bizonyosságát (és egyben kockázatát) is jelzik a befektető számára.

Noha a geotermikus energiavagyon osztályozásának számos rendszere ismert és alkalmazott a világban, mind a mai napig nem létezik erre vonatkozó egységes, globálisan elfogadott és alkalmazott szabvány. Ez hosszútávon a geotermikus energiahasznosítás növekedésének egyik gátló tényezője lehet, hiszen a jövőbeli energetikai projektek megvalósíthatóságának mérlegelése során szükséges lenne a geotermikus projektek mutatóinak objektív összehasonlíthatósága más megújuló vagy fosszilis energiaforráson alapuló projektek paramétereivel.

Globális, de regionális szinten is az egyes térségek geotermikus energiapotenciáljának értékelését és összehasonlíthatóságát jelenleg több tényező is akadályozza. A világ

számos részén a geotermikus energiavagyon nyilvántartásáért felelős nemzeti hatóságok gyakran nem rendelkeznek megfelelően részletes ismeretekkel a geotermikus energia potenciáljának felmérésével, illetve a becslt vagyonadatok értelmezésével és osztályozásával kapcsolatban. Ez sok esetben a geotermikus energiavagyon nagyságának túlértékeléséhez, illetve az ezzel kapcsolatban megfogalmazott túlzott elvárásokhoz vezet, ami sokszor ellentétben áll a reális kitermelhetőségi lehetőségekkel. Ugyanakkor ennek ellenkezőjére is vannak példák, amikor egy eredetileg alulértékelt területen a kiaknázott geotermikus energiavagyon jelentős új projekteket generálhat. Nem ritka az az eset sem, hogy nagy szakmai gyakorlattal és tapasztalatokkal rendelkező szakértők jelentősen eltérő becsléseket adnak meg ugyanazon terület geotermikusenergia-potenciáljával kapcsolatban. Ennek az is gyakori oka, hogy a becslt vagyonadat megbízhatóságának a jellemzésére nincsenek általánosan elfogadott szabványok. Egy magas megbízhatósággal becslt alacsony értékű geotermikus energiavagyon számszerűleg közel megegyezhet egy alacsony megbízhatósággal becslt magas értékű geotermikus energiavagyonnal. Ugyanakkor, ha a becslés megbízhatóságának mértéke nem tisztázott, akkor a magas potenciálérték nem feltétlenül realizálható. Összességében tehát egy adott terület geotermikusenergia-potenciáljának nagyságára vonatkozó eltérő szakértői becslések jelentősen ronthatják a geotermikus energia, mint potenciális befektetési lehetőség megbízhatóságának megítélését.

A kiterjedt értékelést, összehasonlítást akadályozó további tényező, hogy a nemzeti nyilvántartásokat vezető intézmények rendszerint a saját rendszereikben, egyedileg kifejlesztett módszerek alapján dolgoznak, sokszor egyéni nevezéktant alkalmazva, amelyek így egymással nehezen-, vagy egyáltalán nem összevethetőek.

A fosszilis és megújuló (így geotermikus) energiaforrásokon alapuló projektek globális értékelhetőségére teremt lehetőséget a fosszilis energiahordozókra és ásványi nyersanyag-vagyonra és -készletekre vonatkozó ENSZ osztályozási keretrendszer (UNFC-2009) kiterjesztésére. A cikkben a főbb nemzetközi geotermikus vagyon- és készletosztályozási, illetve jelentési rendszerek ismertetését követően bemutatjuk a geotermikusenergia-vagyon UNFC-2009 szerinti osztályozásának lehetőségét, tárgyaljuk annak speciális vonatkozásait, illetve bemutatjuk a magyarországi alkalmazhatóság első kísérleti lépéseit. Az eredmények jelentősen hozzájárulnak a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) kezdeményezésre 2013-ban megkezdődött, a hazai ásványvagyony-nyilvántartási rendszer korszerűsítését, illetve a nemzetközi szabványokkal harmonizáló rendszer kialakítását célzó feladatok végzéséhez.

A geotermikus vagyon főbb nemzetközi osztályozási rendszerei

A geotermikus vagyon nagyságának számszerűsítésére néhány jól definiált és széleskörűen alkalmazott módszer létezik: pl. felszíni hőáram módszer (SUYAMA et al. 1975),

helyben tárolt hő / térfogati módszer (MUFFLER & CATALDI 1978, MUFLER 1979). Ugyanakkor az így meghatározott energiamegnyiség nagyságának osztályozására számos lehetőség van, azaz annak eldöntése, hogy a becslt (számszerűsített) vagyonadat melyik osztályba helyezzük, már nem egyértelmű. Ennek azért is van különös jelentősége, mert egy-egy osztályozási rendszer vagyon- vagy készletkategóriái eltérő módon utalnak az abban található energiamegnyiség feltárhatóságára, ismeretességének mértékére és bizonyosságára.

A vagyon- és készletbecslés megbízhatóságának megadása kulcsfontosságú szempont, amely jelentősen eltérhet a geotermikus projektfejlesztések különböző fázisaiban. A kutatás korai fázisában általában a helyben tárolt hő számítását alkalmazzák a vagyon jellemzésére, amelyet a rendelkezésre álló kevés konkrét adat miatt inkább determinisztikus számításokkal határoznak meg. A kutatás előrehaladásával egyre több konkrét adat áll rendelkezésre, amely már lehetővé teszi numerikus rezervoármódellek készítését, ahol a különböző paraméterek lehetséges intervallumának meghatározása és statisztikai módszerekkel történő elemzése (Monte-Carlo szimuláció) már valószínűségi alapú vagyon-és készletbecslést tesz lehetővé, amelyhez a becslés megbízhatósága is hozzárendelhető (magas, legjobb, alacsony valószínűségű becslés).

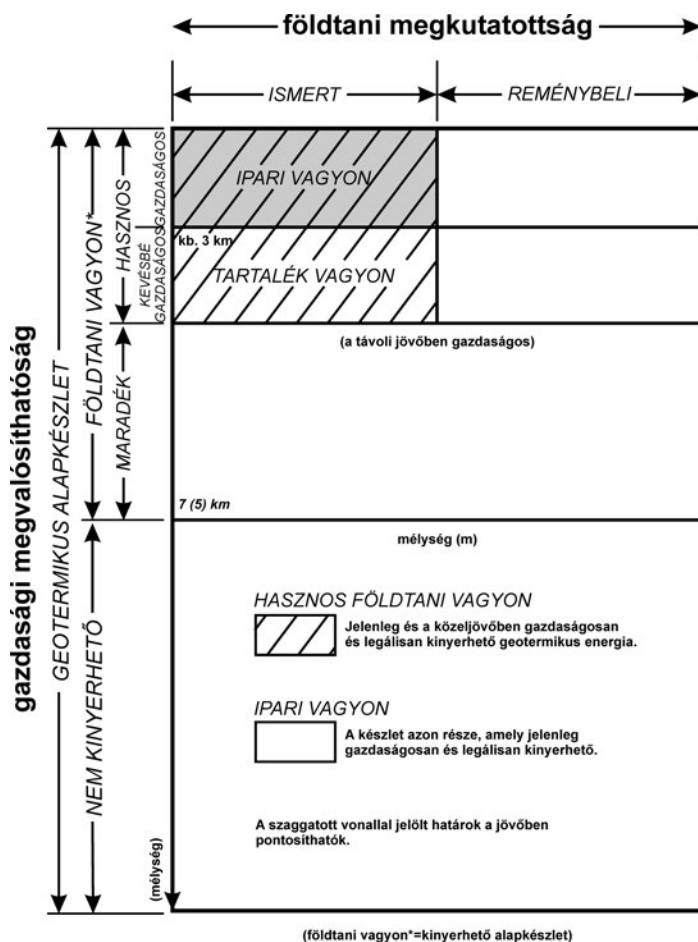
Mindezek figyelembevételével a geotermikus vagyon- és készletosztályozási rendszereket számos megközelítés szerint lehet elemezni (FALCONE et al. 2013, FALCONE & BEARDSMORE 2015).

Hozzáférhetőség, megkutatottság

A geotermikus vagyon- és készletosztályok alapvető fogalmait MUFLER & CATALDI (1978) fektették le a földtani megkutatottság, illetve a gazdaság megvalósíthatóság szempontjai alapján (1. ábra). Értelmezésük szerint a geotermikus alapkészletnek* (*geothermal resource base*) csak töredéke termelhető ki, ahol az elsődleges korlátot a fűréssal feltárható mélység jelenti (5–7 km). A kinyerhető alapkészletre hazánkban a *földtani vagyon** megnevezést használják (REZESSY et al. 2005). A földtani vagyonon belül a hasznos földtani vagyon az elkövetkező száz évben gazdaságosan és legálisan kitermelhető vagyonhányad, míg a maradék kinyerhető földtani vagyon a fokozatosan fejlődő technológia és kedvezőbb gazdasági körülmények ellenére sem termelhető ki gazdaságosan a közeljövőben. A földtani ismeretesség függvényében az *ismert vagyon* a különböző földtani-geofizikai vizsgálatokkal igazoltan meglévő része a földtani vagyonnak, míg a *reménybeli vagyonra* csak átfogó földtani modellek alapján következtethetünk. A hasznos kinyerhető vagyonon belül elkülönítik az ismert, de jelenleg gazdaságosan nem kinyerhető *tartalék vagyont*, illetve a hatályos jogszabályok betartásával gazdaságosan kitermelhető *ipari vagyont* (MÁDLNÉ SZŐNYI 2006).

Hőmérséklet, a hasznosítás típusa

A geotermikus forrás hőmérséklete alapvetően meghatározza a felhasználás módját, amint azt a jól ismert Lindall



1. ábra. A rendelkezésre álló geotermikus energiamennyiség kategóriái a megkutatottság és a hozzáférhetőség szempontjából (MUFLER & CATALDI 1978, valamint REZESSY et al. 2005 alapján)

Figure 1. Categories of the available geothermal energy based on the rate of exploration and availability (after MUFLER & CATALDI 1978 and REZESSY et al. 2005)

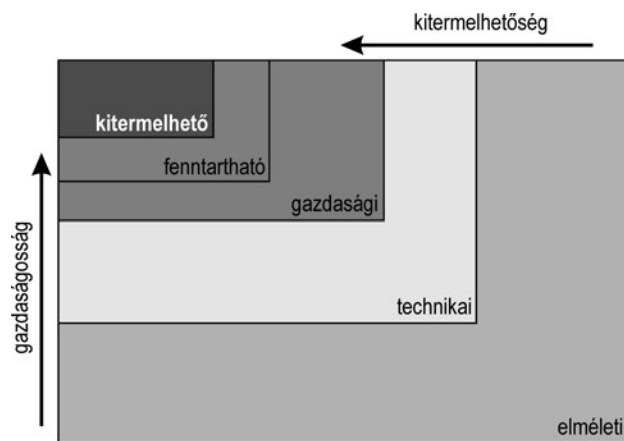
diagram is szemléltet. Noha fizikailag lehetséges magas hőmérsékletű erőforrás közvetlen célú hőhasznosítása, gazdasági szempontok alapján azonban ezek elektromos áramtermelésbe történő állítása célszerű inkább. Az alacsonyabb hőmérsékletű geotermikus erőforrások hasznosíthatóak ugyan áramtermelésre (segédközegees erőművek), mégis ezek közvetlen hőhasznosítása a gazdaságos megoldás. Ezen megfontolások alapján néhány osztályozási rendszer kísérletet tett arra, hogy a különböző hasznosítási kategóriákhoz meghatározza azok gazdaságos kitermeléséhez szükséges minimum hőmérsékletét* (cut-off temperature) és ez alapján osztályozza a geotermikus erőforrásokat (RICHARDS et al. 2008). BROMLEY (2009) a geotermikus erőforrások mátrix-rendszerű osztályozásában az alábbi paramétereket vette figyelembe: hőmérséklet (magas/alacsony), hasznosítás típusa (áramtermelés/hőhasznosítás és ezen belül a vonatkozó alkategóriák), a hasznosítás jelenlegi státusza (létező, tervezett, potenciális). Ugyanakkor ezek a megközelítések nem tartalmazzák a geotermikus erőforrás jellemzéséhez szükséges sokkal informatívabb fizikai paramétereket, mint pl. porozitás, permeabilitás, hővezető képesség, nyomásvi-szonyok, tárolt fluidum geokémiája stb. Ugyancsak itt kell

megjegyezni, hogy az „alacsony”, „közepes” és „magas” hőmérsékletű geotermikus erőforrások hőmérsékleti határai is jelentős mértékben eltérnek az egyes szerzők értelmezésében (pl. ROWLEY 1982, SANYAL 2005).

Potenciál

RYBACH (2010) rendszerében (2. ábra) az „elméleti potenciál” fogalma a rendelkezésre álló energiaforrás nagyságát jelenti, geotermia vonatkozásában ez a helyben tárolt hőnek felel meg. A kitermelés adott időpontjában fennálló műszaki–technológiai korlátok miatt ennek az elméleti potenciálnak azonban csak egy része termelhető ki, ez a „technikai potenciál”. A „gazdasági potenciál” a technikai potenciál azon része, amely adott helyen és időben gazdaságosan kitermelhető. Mivel a kitermelés gazdaságosságát számos gyorsan változó és sokszor nehezen előrejelezhető tényező befolyásolja (pl. olajár, adószabályok, változó támogatási rendszerek), így a gazdasági potenciál értéke sokkal érzékenyebben ingadozhat, mint a technikai potenciálé (ahol a technológiai fejlődés üteme lassabb és egyenletesebb). A „fenntartható potenciál” a gazdasági potenciálnak azon része, amely biztosítja a hosszútávú — 100–300 év — kitermelés lehetőségét a rezervoár túltermelése/lemerülése nélkül (RYBACH 2003, AXELSSON et al. 2005). Meg kell jegyezni, hogy a fenntartható termelési szintet jelentő hő- és fluidumkivétel mértéke gyakran a gazdaságos kitermeléshez szükséges szint alatt van. Legvégül a „kitermelhető” potenciál a gazdasági-, vagy a fenntartható potenciálnak azon része, amely az adott szabályozási környezetben (beleértve a környezetvédelmi megfontolásokat is) kitermelhető.

A „potenciál” kifejezés ugyan beépült a köztudatba, azonban fennáll a veszélye, hogy ha nem adják meg ennek pontosítását (pl. elméleti, technikai, gazdasági, fenntartható, kitermelhető), akkor a reálisan kitermelhető energia-



2. ábra. RYBACH (2010) osztályozási rendszere
Figure 2. Classification system of RYBACH (2010)

mennyiségre vonatkozó elvárások félrevezetőek lehetnek a befektetők számára.

Ugyanakkor a kitermelhetőségi tényező* (*recovery factor*) az egyik legbizonytalanabb faktor, és nagyságára a termelési tapasztalatok alapján szélesen szóró értékeket adnak. A korai munkákban (MUFLER 1979) a hidrotermális rendszerekre a kitermelhetőségi tényezőt 25%-ra becsülte, de a későbbi vizsgálatok (pl. WILLIAMS et al. 2008) ezt túlzónak találták és porózus rendszerekre (a permeabilitás függvényében) a 10–25%, míg repedezett tárolók esetében a 8–20%-ot tekintették reális értéktartománynak. Ezzel összhangban LAVIGNE (1978) szerint kétutas rendszer esetén, amikor is a termelő kut(ak) mellett visszatápláló kut(ak)at is használunk, a kitermelési tényező az alábbi képlettel számolható:

$$R_0 = 0,33 \frac{T_1 - T_r}{T_r - T_c}$$

ahol T_1 a tározó, T_r a visszatáplált víz, T_0 a felszíni hőmérséklet [°C]

Visszatáplálás nélküli esetben (GRINGARTEN 1978) a kitermelési tényező (R_0) 0,1.

Földtani ismeretesség és módosító tényezők

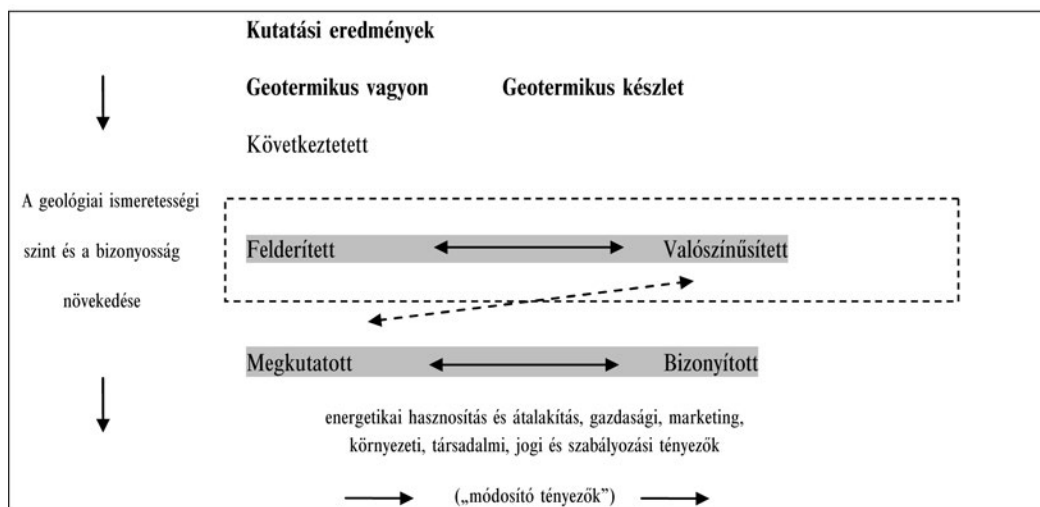
Az egyik legismertebb és legszéleskörűbben alkalmazott osztályozási séma az ún. „ausztrál” rendszer, amelynek alapját az AGRCC** által 2008-ban kidolgozott „Geotermikus Jelentési Rendszer” és az ehhez szervesen kapcsolódó „Geotermikus Lexikon a vagyon- és készlet kategóriák meghatározásához és jelentéséhez” c. dokumentumok alkotják, amelyek hivatalos formában 2010-ben jelentek meg (AGRCC 2010a, b). A jelentési rendszer és a lexikon célja az volt, hogy egységes módszertant dolgozzon ki a geotermikus vagyon és készlet becslésére és osztályozására. A világon ez volt az első olyan útmutató, amely egységes elveket tartalmazott a piac (tőzsde) számára történő geotermikus ener-

giavagyon (készlet) jelentéséről. A jelentési rendszer logikája a szilárd ásványi nyersanyagokra és ércekre kidolgozott ausztrál JORC rendszer (JORC 2012) felépítését követi.

A rendszer fontos eleme, hogy a helyben tárolt hőt nem tekinti vagyon kategóriának, sőt kifejezetten „tiltja” ennek vagyonelemként történő jelentését. Értelmezése szerint a geotermikus előfordulás (*play*) a földkéreg alatt felhalmozódó hőenergia-mennyiség általános megjelölésére szolgál, amely magába foglalja a kőzetvázban és a fluidumban tárolt hőmennyiséget is. Ez a mennyiség azonban nincs összefüggésben a permeabilitással, vagy a kitermelhetőséggel, azaz a geotermikus előfordulás nem feltétlenül jelenti a geotermikus vagyon vagy készlet meglétét. Az ausztrál jelentési rendszer meghatározása szerint a vagyon kizárólag a kitermelhető geotermikus energiára vonatkozik a gazdaságos energia-előállításához szükséges referenciahőmérséklet* (*base temperature*) és a gazdaságos kitermeléséhez szükséges minimum rezervoárhőmérséklet* (*cut-off temperature*) függvényében. A kitermelhetőség kapcsán az ausztrál rendszer sem tesz egyértelmű állásfoglalást a kitermelhetőségi tényezőről (1. a Potenciál c. fejezet vége), noha a meghatározás tartalma egyértelművé teszi, hogy a vagyon becslésekor ezt figyelembe veszi.

A jelentési rendszer a geotermikus vagyonnak három kategóriáját különíti el: következtetett* (*inferred*), felderített* (*indicated*) és megkutatott* (*measured*). Ez a három kategória a földtani ismeretesség (megkutatottság) mértékére utal. A geotermikus készleteknek két kategóriája van e rendszer szerint: a valószínűsített* (*probable*) és a bizonyított* (*proven*). A készlet kategóriák a megfelelő vagyon kategóriákból származtathatóak az ún. módosító tényezők* (*modifying factors*) figyelembevételével (3. ábra).

Amennyiben a geotermikus energiát elektromos áram előállítására használják, úgy a vagyon- és készletbecslések és kategóriák mellett fel kell tüntetni az elektromos áram átalakításának hatékonyságát jellemző konverziós faktort* (*conversion factor*) is (illetve mind hő- mind áramtermelés esetén külön fel kell tüntetni a kitermelési tényezőt is).



3. ábra. A kutatási eredmények, a geotermikus vagyon és geotermikus készlet közti általános összefüggések az ausztrál jelentési rendszerben (AGRCC 2010a, b)

Figure 3. Relationships among geothermal resources, reserves and rate of exploration in the Australian reporting system (AGRCC 2010a, b)

Az ausztrál rendszerben az egyes vagyon (illetve készlet) kategóriákhoz tartozó ismeretességi szint és annak bizonyossága tág teret ad a szubjektív értelmezésnek (nagy bizonytalanság, magasabb megbízhatósági szint, elegendő számú fúrás stb., l. Fogalomtár a cikk végén).

A fenti rendszerrel szinte teljesen azonos a CGCC** által 2010-ben publikált „Kanadai Geotermikus Jelentési Rendszer” (CGCC 2010).

Egyéb osztályozási rendszerek

Az Amerikai Geotermális Egyesület rendszere

A GEA** 2010-ben publikálta (GEA 2010) a geotermikus fogalmak meghatározások rendszerét, amely a geotermikus energiahasznosítók számára útmutatóként szolgál éves nyilvános jelentések elkészítéséhez. Ez a dokumentum útmutató, és nem szabvány. Célja sokkal inkább a projekt előrehaladásának bemutatása és az adatok frissítése. Alapja a geotermikus erőforrás típusának azonosítása az alábbi típusok szerint: konvencionális-hidrotermális / termelés alatt álló / fejlesztés alatt álló / kutatás alatt álló, geotermikus energia és szénhidrogén együttes termelése, túlnyomásos rendszerek, növelt hatékonyságú rendszerek (EGS). A rendszerben pontosan megadják a projekt adott évben esedékes fázisát (előkutatás, vagyonazonosítás, felderítés, fúrásos kutatás, termelés stb.), ugyanakkor nem

foglalkoznak a vagyon nagyságával, annak becslési módszerével.

Az Egyesült Államok Energiahivatalának rendszere

Az U.S DoE* által kidolgozott és alkalmazott rendszer célja elsősorban megfelelő információk háttér biztosítása a felhasznált K+F források hatékonyságának értékelésére és a programok eredményeinek igazolása a Kongresszus számára, valamint az új támogatások elosztásának megítélésére. A rendszer valamennyi energiahordozóra vonatkozik (szénhidrogének, szén) és a közelmúltban jelentős erőfeszítéseket tettek a geotermikus energia integrálására is (YOUNG et al. 2015).

A rendszer két fő részből áll: az első a vagyon ismeretességére (a projektek előrehaladási fokozatára), a második a vagyon minőségére (földtani jellemzés) vonatkozik. Ez utóbbi egyben segíti a hivatalt a geotermikus potenciál felmérésében és újabb fejlesztések kijelölésében is. A vagyon ismeretességi fokára javasolt kategóriákat és azok kapcsolatát a szénhidrogénekre alkalmazott PRMS-, valamint az ausztrál–kanadai rendszerrel, továbbá az egyes kategóriák feltételrendszerét az *I. táblázat* foglalja össze.

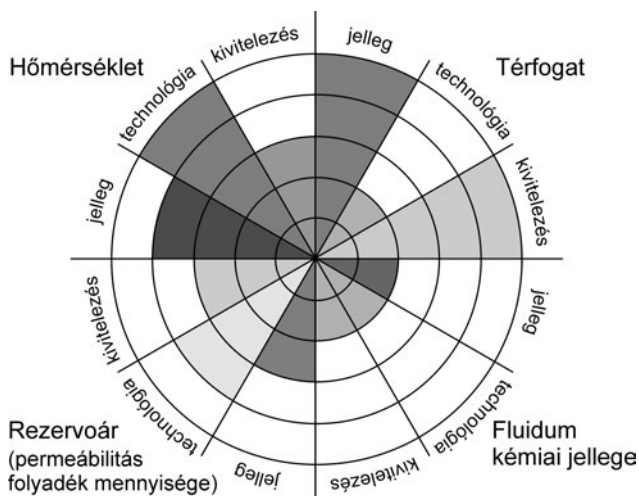
A vagyon jellemzésével kapcsolatban négy szempontot vesznek figyelembe: a rezervoár hőmérséklete, térfogata, a rezervoár fizikai jellemzői (permeabilitás, tárolt folyadék

I. táblázat. A különböző vagyon- és készletkategóriák és kritériumaik összehasonlítása az U.S. DoE, PRMS és AGCC osztályozási rendszerekben

Table I. Comparison of the various resource and reserve categories in the U.S. DoE, PRMS and AGCC classification systems

U.S. DoE	Kritérium	PRMS	Kritérium	AGCC	Kritérium
bizonyított (proven)	kiépített és működő geotermikus mező	bizonyított készlet (proved reserve)	termelési adatokkal igazoltan a rezervoár gazdaságos termelése magas megbízhatósággal előrejelezhető	bizonyított készlet (proven reserve)	A megkutatott vagyon azon kútesztekkel igazolt része, melynek gazdaságos művelése és a projekt élettartama magas valószínűségű becsléssel előre jelezhető
igazolt (confirmed)	több kút			megkutatott vagyon (measured resource)	A geotermikus vagyon kútesztekkel közvetlen mérésekkel felderített része: amely alapján igazolható a geotermikus tároló térfogata, hőmérséklete és a fluidum kémiai összetétele.
megalapozott (demonstrated)	első teljes átmérővel lefúrt kút	feltárt (discovered)	egy vagy több felhalmozódás utal a jelentős mobilis szénhidrogén előfordulás meglétére	felderített vagyon (indicated resource)	A geotermikus vagyon fúrásokkal és közvetlen mérésekkel felderített része, amelyből következtethetünk a tároló kiterjedésére, hőmérsékletére és a fluidum összetételre és legjobban valószínűségű becsléssel tehetünk előrejelzéseket a kitermelhető geotermikus energia mennyiségére
potenciális (potential)	slim hole	reménybeli vagyon (prospect)	potenciális felhalmozódás, amelynek ismerete elegendő a fúrásos kutatás megtervezéséhez		
következtetett (inferred)	terepi mérések és mintázások	felhalmozódás (play)	további adatok és értékelések szükségessége a reménybeli vagyon meghatározásához	következtetett vagyon (inferred resource)	A geotermikus vagyon azon része, amelyre vonatkozóan a kitermelhető termálenergia mennyiségét alacsony valószínűségű becsléssel lehet meghatározni. Főleg extrapolációk alapján következtethetünk a tároló meglétére, annak kiterjedésére és hőmérsékletére

menyisége), valamint a tárolt fluidum kémiai jellege. Ezen szempontok mindegyikét három aspektusból elemzik (indexek), amelyet 1–5-ig pontoznak: jelleg, technológia és kivitelezés, így az egyes szempontokat egymástól függetlenül értékelik. Ebben a mátrix rendszerben például a rezervoár hőmérséklete szempont „jelleg-indexe” a különböző hőmérséklet kategóriákra vonatkozik (1: 90 °C alatt, 5: 300 °C fölött), „technológiai-indexe” a hőmérsékletmérés módszerére (1: becslés regionális hőárammérésekből, 5: fúrólukban végzett hőmérséklet mérés), míg „kivitelezés-indexe” az adott mérési módszer megbízhatóságára és hibahatárára (1: legalacsonyabb, 5: legmagasabb megbízhatósági mutatók az adott mérésre). Az indexek alapján pontozott szempontokat rózsadiagrammon ábrázolják, ahol mind a négy szempont (a rezervoár hőmérséklete, térfogata, a rezervoár fizikai jellemzői, valamint a tárolt fluidum kémiai jellege) egy-egy negyedet foglal el, és mindegyik negyedben a megfelelő szempont 3 index szerinti bontását adják, amely gyors vizuális összehasonlítást tesz lehetővé (4. ábra). Természetesen a szempontok pontozása a felhasználás típusa szerint változhatnak, pl. egy adott projekt célozhatja egy közepes hőmérsékletű



4. ábra. Egy elvi projekt szempontjainak és indexeinek ábrázolása a U.S. DoE által javasolt rendszerben (YOUNG et al. 2015)

Figure 4. Aspects and indexes of a hypothetical project in the U.S. DoE system (YOUNG et al. 2015)

rezervoár feltárását (ahol a hőmérséklet szempont jellegindex értéke 3), amely ugyanakkor magas oldottanyag-tartalommal rendelkezik (fluidum kémiai jellegindex értéke 1–2), mivel a projekt másodlagos ásványi anyag kinyerését is tervezi. Azaz ez a rendszer a projekt jellemzését, nem pedig minősítését szolgálja.

A Geoelec projekt által kidolgozott rendszer

Az elsősorban EGS alapú geotermikus áramtermelés elősegítését célzó Geoelec projekt által kidolgozott geotermikus energiavagyon értékelésére vonatkozó protokoll (VAN WEES et al. 2013) alapvetően a BEARDSMORE et al (2010) által megalapozott EGS potenciálfelmérés módszertanára alapul, ötvözve azt az ausztrál–kanadai rendszer (AGRCC 2010a, b, CGCC 2010) és a RYBACH (2010) által meghatá-

rozott potenciál kategóriákkal (elméleti, technikai, gazdasági). Mindemellett a szénhidrogéniparban alkalmazott megközelítéseket és gazdasági elemeket is beleépítettek a rendszerbe (pl. nettó jelenérték számítás).

A UNFC-2009 osztályozási rendszer és geotermikus alkalmazásai

A UNFC-2009 rendszer

A fosszilis energiaforrásokra és ásványi nyersanyagvagyongra és -készletekre vonatkozó ENSZ osztályozási keretrendszert (UNFC-2009) részletesen a HORVÁTH et al. (2016. jelen kötet) ismerteti, ezért az alábbiakban annak csak a megújulók, illetve azon belül is a geotermikus energia szempontjából releváns részeit ismertetjük.

A UNFC-2009 és a megújulók

Az UNECE-EGRC* 2013. évi ülésén Genfben elfogadta egy munkacsoport alakítását a UNFC-2009 osztályozási rendszer megújuló energiaforrásokra történő kiterjeszhetőségének vizsgálatára. A SE4ALL (2013) megújuló energiaforrásokra vonatkozó meghatározására alapozva (megújuló az az energiaforrás, amely természetes folyamatokból [pl. napsugárzás, szél] származik, és amely utánpótlódási üteme meghaladja felhasználásának mértékét), így módon a jövőbeli energiahasznosítási projektek — legyenek azok megújuló vagy fosszilis alapúak — hasonló technikai–kitermelhetőségi, illetve gazdasági–társadalmi keretek között értelmezhetők. Ennek tükrében egy megújuló energiaforrást felhasználó projekt termelési potenciálja hasonló elvek mentén határozható meg, mint egy fosszilis energiaforrást alkalmazó projekté, azaz a UNFC-2009 osztályozási rendszer meghatározásai és filozófiája kiterjeszthetők a megújulóakra is. A kiterjesztés célja, hogy a készülő különböző típusú projekttervek összevethetőek legyenek és a kategorizálás segítse a döntéshozókat az optimális energiaforrás kiválasztásában.

A megújulóakra vonatkozó előírások általános alapidokumentuma 2014-ben elkészült (EGRC 2014), amely a megújulók speciális sajátosságait figyelembe véve tesz kiegészítéseket a UNFC-2009 meghatározásaival kapcsolatban (E, F, G kategóriák tartalma és azok kiegészítő magyarázata), illetve egyéb alapfogalmak kapcsán (pl. megújuló energiaforrás és ebből származó termék fogalma, projekt és annak élettartama stb.)

A geotermikus energia speciális vonatkozásai a UNFC-2009 rendszerben

2014 őszén az UNECE-EGRC és az IGA* egy együttműködési megállapodást írt alá a geotermikus energiavagyon UNFC-2009 szerinti osztályozása speciális meghatározásainak (*geothermal specifications*) és útmutatóinak (*guidelines*) kidolgozására. A feladat elvégzésére egy nemzetközi munkacsoportot hoztak létre, amelynek a szerző is tagja. A munkacsoport tevékenysége és eredményei az IGA

honlapján is elérhetőek www.geothermal-energy.org/reserves_and_resources.html. Az alábbiakban a munkacsoport eddigi eredményeit is felhasználva tárgyaljuk a geotermikus energiavagyon, egyes geotermikus projektek UNFC-2009 szerinti osztályozásának lehetőségét, annak speciális vonatkozásait.

A hagyományos geotermikus energiaforrások kinyerése jellegénél fogva leginkább a fluidum kitermeléshez áll közel, ezért alapvetően a szénhidrogénekre kidolgozott (és a UNFC-2009-hez áthidaló dokumentum segítségével illesztett) PRMS rendszer szempontjai kerültek alkalmazásra, különösen a G kategória tekintetében (II. táblázat).

Az E-kategóriák vonatkozásában a legnagyobb problé-

mát az jelenti (ami nem geotermikusenergia-specifikus), hogy itt számos olyan szempontot kellene elvileg figyelembe venni egy projekt besorolásakor, amelyek együttes értékelése szinte lehetetlen. Geotermikus energia vonatkozásában (a teljesség igénye nélkül) az adott projekt típusától (pl. közvetlen hőhasznosítás, áramtermelés) függően ezek az alábbiak lennének:

— környezetvédelmi szempontok: visszasajtolás vs. felszíni elhelyezés, zaj, légköri emisszió, felszín megsüllyedése, rétegrepszítés környezeti vonatkozásai (indukált szeizmicitás, felszín alatti vizekkel való esetleges kommunikáció)

— terület kizárási szempontok: védett területek (Natura

II. táblázat. A UNFC-2009 osztályozási rendszerének megújulóakra és geotermikus energiára vonatkozó kiegészítései (a UNFC-2009 kategóriák leírását HORVÁTH et al. jelen kötetben található cikkének II. táblázata tartalmazza, a táblázat az ott meghatározott alapfogalmakkal együtt értelmezendő)

Table II. Renewable and geothermal energy-related supplementary definitions of the UNFC-2009 classes. (Description of the UNFC-2009 classes are in Table II of HORVÁTH et al in the present volume, supplementary definitions should be interpreted together with those basic descriptions)

Definíció	Leírás	Megújulóakra vonatkozó definíció	Geotermikus értelmezés
Ismert telepekhez kötődő nyersanyagmennyiségek, amelyek magas szintű bizonyossággal becsülhetők.	Az in situ földtani vagyon, és a szilárd formában kitermelt fosszilis energiahordozók és nyersanyagok esetén a nyersanyagmennyiségek olyan diszkrét kategorizálása jellemző, ahol minden diszkrét becslés tükrözi a földtani ismeretesség és a telep adott részével kapcsolatos bizonytalanság szintjét. A becslések a G1, G2 és/vagy G3 kategóriákba kerülnek. A fluidum formában kitermelt fosszilis energiahordozók és nyersanyagok esetén mobilis természetük általában kizárja, hogy a felhalmozódás diszkrét részeire meghatározható legyen a kitermelhető mennyiség. A kitermelhető nyersanyagmennyiséget a teljes felhalmozódásra vonatkozó fejlesztési terv hatásai alapján kellene értékelni, és általában három forgatókönyv vagy eredmény alapján kategorizálják, amelyek megegyeznek a G1, G1+G2 és G1+G2+G3 kategóriákkal	The G-axis represents the level of confidence in estimates of the quantities of extractable, or potentially extractable, Renewable Energy Resources associated with the Project. These could be considered as reflecting uncertainties impacting the Project and typically would cover areas such as meteorology, climatology, topography and other branches of geography, ecology, and geology (for Geothermal Projects). Typically the various uncertainties will combine to provide a full range of possible outcomes, comparable to the extraction of fluids in the petroleum sector. In such cases, categorization should reflect three scenarios or outcomes that are equivalent to G1, G1+G2 and G1+G2+G3.	1P (Proved: bizonyított), magas valószínűségű becslés (P90) (G1) 2P (Proved + Probable: bizonyított + valószínű), legjobb valószínűségű becslés (P50) (G1 + G2) 3P (Proved + Probable + Possible: bizonyított + valószínű + lehetséges), legacsonyabb valószínűségű becslés (P10) (G1 + G2 + G3)
Ismert telepekhez kötődő nyersanyagmennyiségek, amelyek mérsékelt szintű bizonyossággal becsülhetők.			
Ismert telepekhez kötődő nyersanyagmennyiségek, amelyek alacsony szintű bizonyossággal becsülhetők			
Elsősorban közvetett bizonyítékon alapuló, lehetséges telepekhez kötődő becsült nyersanyagmennyiségek	Azok a nyersanyagmennyiségek, amelyeket a kutatási fázisban becsültek fel, sok bizonytalanságot hordoznak, ill. annak kockázatát, hogy nem fog megvalósulni a becsült nyersanyagmennyiséget kitermelő fejlesztési projekt vagy bányaművelés. Egyedi becslés esetén a becslés a várható eredmény legyen, de ha lehet, a lehetséges telep kiterjedésében a bizonytalanság teljes tartományát dokumentálni kell (pl. valószínűségi eloszlás formájában). Továbbá ajánlott dokumentálni annak a valószínűségét, hogy a lehetséges telep kereskedelmi jelentőségű teleppé válik.	Category G4 (Exploration Projects) is equally applicable to Renewable Energy quantities, based on the definition "Estimated quantities associated with a potential Project, based primarily on indirect evidence". G4 could be used to classify Renewable Energy from resource mapping studies (indirect evidence) that generally require more detailed and further (on-site) data acquisitions and evaluation to confirm the (economic) potential of the Renewable Energy Source (the "Deposit") at location.	Fúrással nem feltárt, felszíni kutatási eredményekből (pl. geofizikai, regionális tanulmányok) következtetett geotermikus vagyon

2000, nemzeti parkok stb.), régészeti feltárások, katonai területek, egyéb felszíni, vagy felszín alatti bányaművelés stb.,

— szükséges engedélyek (vízjogi, fűrészi, hőhasznosítási, elektromos hálózathoz történő hozzáférés stb.),

— gazdasági szempontok: hőpiac megléte, átvételi megállapodások, infrastruktúra közelsége,

— társadalmi elfogadottság,

— pénzügyi feltételek (támogatottság — pl. kötelező átvételi ár, adókedvezmények, beruházási kölcsönök).

Mind ezt felismerve az E-kategória pontosítására az EGRC-ben külön munkacsoportot hoztak létre. A munkacsoportban bemutatásra került a hazai koncesszióhoz kapcsolódó érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálatok szempontrendszere, amit figyelemreméltónak találtak.

Az F-tengely vonatkozásában elsősorban a projekt megvalósíthatóságát alátámasztó tanulmányok képezik az osztályozás alapját, amelyek egy projekt kutatási fázisában elsősorban a geotermikus energia kutatásával kapcsolatos módszerek kivitelezésére, részletességére, megbízhatóságára és az ezek eredményeit összegző kutatási jelentések elfogadottságának a mértékére utalnak, míg a már energiatermelésbe állított működő projektek esetében a kitermeléssel kapcsolatos termelési műszaki–technikai problémák (korrózió, vízkőkiválás, gáztartalom) kezelésére.

A G-kategóriában a kitermelhető geotermikus energiamentiség becslésének bizonytalanságát (a szénhidrogénekre alkalmazott PRMS rendszerhez hasonlóan) három kategóriával fejezik ki: alacsony, legjobb és magas becslési bizonytalanság (*II. táblázat*). Ugyanakkor a szénhidrogénektől eltérő módon a geotermikus energiavagyon *számszerűsítése* során (amely nem közvetlen része az osztályozási rendszernek) figyelembe kell venni annak dinamikusan utánpótlódó jellegét is (mind hő, mind fluidum vonatkozásban). Ennek ellenére a vagyon számszerűsítése során általában mégis a legerőteljesebb, ámde statikus szemléletű térfogati módszert alkalmazzák (MUFFLER & CATALDI 1978, MUFLER 1979), és a kitermelhető geotermikus energiavagyon számszerűsítéséhez a térfogati módszerrel meghatározott mennyiséget beszorozzák a kitermelhetőségi tényezővel (I. a Potenciál és a Földtani ismeretesség c. fejezeteket). Ugyancsak fontos a referenciapont meghatározása, azaz annak eldöntése, hogy a hőlépcsőt milyen hőmérsékleti ponthoz (T_0) viszonyítva számoljuk. A térfogati módszer eredeti meghatározása szerint (MUFFLER & CATALDI 1978) a T_0 a felszíni éves középhőmérsékletre vonatkozik, azonban ez jelentős hőenergia túlbecslésekhez vezet, ezért ma már inkább a visszasajtolási / vagy a hőcserélő kimeneti pontján mért hőmérsékletet tekintik referenciapontnak (WILLIAMS et al. 2008), noha ez nincs hivatalosan elfogadva.

A UNFC-2009 osztályozási rendszer hazai alkalmazhatósága a geotermikus energia vonatkozásában

Amikor megkíséreltük a UNFC-2009 osztályozási rendszert alkalmazni a hazai geotermikus előfordulásokra, a legelső és egyben legnagyobb nehézséget a megfelelő adatok összegyűjtése jelentette. A UNFC-2009 adott nyersanyag-

kitermelési *projekteket* értékelt (akár annak kutatási fázisában is). Egy geotermikus projekt általában több kútból (kútpárból) áll. A magyar termálkutak egységes nyilvántartásának hiányáról és annak problémáiról már számos hazai szakmai fórumon szó esett (különböző szempontú és tartalmú nyilvántartási rendszerek a vízügyi hatóságoknál, a MBFH-nál, egyes tudományos kutatóintézetekben, cégeknél, egyetemeken stb.). Az egyes részadatbázisok harmonizálatlansága mellett azonban további problémát jelent, hogy valamennyi nyilvántartás alapvetően objektum (kút)–alapú. Az MBFH által kezelt nyilvántartások ugyan tartalmazzák a termálvíz hasznosító nevét, amely alapján elvileg egyedileg összegyűjthetők az egy-egy hasznosítóhoz tartozó kutak, de a hasznosítások pontos típusának hiányában (pl. mezőgazdaságban üvegházfűtés, talajfűtés, állattartás, terményszárítás, öntözés stb.) sok esetben ez sem egyértelmű, különösen annak tekintetében, hogy egy-egy nagyobb hasznosító, akár többféle célból is felhasználhatja a kitermelt termálvizet (pl. Szentesi Agrár Zrt.). Ezzel szorosan összefügg egy-egy kút többcélú hasznosítása is (pl. távfűtés és használati melegvíz biztosítása, pl. Hódmezővásárhely), amely ugyancsak nehezíti a UNFC-2009 szerinti „projekt-alapú” értékelést. Szintén nehezen értelmezhető a UNFC-2009 keretében a kaszkád-rendszerű hasznosítás is, amikor pl. egy adott kút egy település termálvízzel történő fűtése mellett esetleg ipari felhasználókat is kiszolgál és termálfürdőket, uszodákat is ellát, amelyeket nem feltétlen mind ugyanaz a cég üzemeltet (pl. Veresegyház). Ezekben az esetekben nehéz definiálni, hogy pontosan mi is egy „geotermikus projekt”.

Az UNECE-EGRC–IGA munkacsoportban Magyarországról néhány közvetlen hőhasznosításra vonatkozó projektek besorolását kíséreltük meg (NÁDOR 2015; *III. táblázat*). A projektek kiválasztásának fő szempontja az volt, hogy a hasznosítás típusa, földtani környezete eltérő legyen, illetve hogy az E és F kategóriák értékeléséhez szükséges legfontosabb szempontok ismertek legyenek. Ez utóbbiak csak egyedileg gyűjthetők össze (előadások, cégközlemények, interjúk stb.) ezért nem is teljes körűek, így az értékeléshez csak néhány releváns, általában elérhető információt vettünk figyelembe:

E-kategória: projekt finanszírozottsága (kapott-e KEOP támogatást, ha igen milyen mértékben), visszasajtolás és annak mértéke (teljes, részleges, visszasajtolás nélküli), szükséges engedélyek (termeléshez szükséges összes engedély, elvi vízjogi engedély, engedélyeztetés folyamatban) hőpiac megléte.

F-kategória: Mivel a közvetlen hőhasznosítási projektek általában már régóta alkalmazott „érett” technológiák alapján történnek, így itt elsősorban a felhasználás hatékonyságát elemeztük (alkalmazott hőlépcső, kaszkádszerű hasznosítás, esetleges termelési problémák és azok kezelése (kísérő gáztartalom, vízkőképződés).

A G-kategória vonatkozásában a legnagyobb nehézséget az adott „projekthez” történő rezervoárrész lehatárolása jelentette, amely alapvető feltétele a projekt számára „rendelkezésre álló” geotermikus energiavagyon becsléséhez. Hazai vonatkozásban a geotermikus vagyon szám-

III. táblázat. Néhány hazai geotermikus projekt UNFC-2009 szerinti besorolása

Table III. Classification of some Hungarian geothermal project according to the UNFC-2009 scheme

Név	Rövid jellemzés	E	F	G
Hódmezővásárhely távfűtés	<ul style="list-style-type: none"> – önkormányzati tulajdonú geotermikus távfűtés: 2725 lakás és 130 egyéb fogyasztó ellátása (jelentős hőpiac), –kapcsolódó kaszkád felhasználások – 8 termelő és 2 visszasajtoló kút (részleges visszasajtolás), porózus medencebeli (felső-pannóniai) vízadó – jó hőhatékonyság (80–90 °C kifolyó víz hőm. és 35 °C visszasajtolási hőm.) – többfázisú, KEOP által részfinanszírozott beruházás termelési problémák nem jelentősek. – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés (forrás: ÁDÓK 2012)	1.2.	1.1.	G1= 93 PJ G2=117 PJ G3= 156 PJ
Miskolc	<ul style="list-style-type: none"> – 90% magántulajdonú – 10% önkormányzati tulajdonú geotermikus távfűtés jelentős hőpiaccal, kapcsolódó ipari és mezőgazdasági felhasználók – 2 termelő és 3 visszasajtoló kút (teljes visszasajtolás), karbonátos aljzati vízadó – közepes hőhatékonyság (90–100 °C kifolyó víz hőm. és 56 °C visszasajtolási hőm.) – KEOP által részfinanszírozott beruházás – termelési problémák nem jelentősek, illetve kezeltek (gáz-szeparátor) – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: www.pannergy.com	1.2.	1.1.	G1 G2 G3
Bóly	<ul style="list-style-type: none"> – önkormányzati tulajdonú termálvizes városfűtés – 1 termelő és 1 visszasajtoló kút (teljes visszasajtolás), karbonátos aljzati vízadó – jó hőhatékonyság (72 °C kifolyó víz hőm. és 35 °C visszasajtolási hőm.), a fogyasztók energia-igényeiknek megfelelően sorban kapcsolva, épület-energetikai felújítások – KEOP által rész-finanszírozott beruházás – termelési problémák nem jelentősek, – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: SZITA (2010)	1.2.	1.1.	G1 G2 G3
Veresegyház	<ul style="list-style-type: none"> – folyamatosan bővülő termálvizes városfűtés, növekvő hőpiac – 2 termelő és 1 visszasajtoló kút visszasajtolás, karbonátos aljzati vízadó – jó hőhatékonyság (65 °C kifolyó víz hőm. és 35 °C visszasajtolási hőm.), kaszkád rendszer (ipari felhasználó, uszoda), – KEOP által részfinanszírozott beruházás – termelési problémák nem jelentősek, – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: SZITA (2015)	1.2.	1.1.	G1 G2 G3
Győr	<ul style="list-style-type: none"> – ipari park és távfűtést célzó beruházás projekt-fejlesztési fázisban (3 fúrás sikeres lemélyítése karbonátos aljzati vízadóra) – KEOP támogatás forrás: www.pannergy.com	2.1	2.1	G1 G2 G3
Gyopáros-fürdő-Orosháza	<ul style="list-style-type: none"> – korábban gázzal fűtött fürdő- és csatlakozó épületek geotermikus energiával történő épületfűtése – 1 termelő és 2 visszasajtoló kút (teljes visszasajtolás), porózus medencebeli (felső-pannóniai) vízadó – közepes hőhatékonyság (88 °C kifolyó víz hőm. és 55 °C visszasajtolási hőm.) – KEOP által részfinanszírozott beruházás – termelési problémák nem jelentősek. – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: SZÖLLŐSI (2012)	1.2.	1.1.	G1 G2 G3
Árpád-Agrár Zrt.	<ul style="list-style-type: none"> – agrár- és ipari vállalat, széleskörű mezőgazdasági felhasználással és hosszú termeléstörténettel – 20 kút (ebből 14 termelő) visszasajtolás nélkül, porózus medencebeli vízadó – a hőhatékonyság megítéléséhez nem állnak adatok rendelkezésre (80–90 °C -os kifolyó víz hőm. hőcserélő kimenet, vagy elfolyó víz hőmérséklete nem ismert) – használt meleg víz felszíni tárolása – termelési problémák nem jelentősek. – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: BÁLINT et al. (2010), BARCZA et al. (2011), SZANYI et al. (2010)	2.2.	2.1.	G1 G2 G3
Kurucs kertészet	<ul style="list-style-type: none"> – családi üvegház mezőgazdasági vállalkozás, korábbi gáz-alapú fűtés kiváltása geotermiával – 1 termelő-visszasajtoló kútpár, porózus medencebeli vízadó – jó hőhatékonyság (62 °C kifolyó víz hőm. és 34 °C visszasajtolási hőm.), – bankkölcsön és saját tőke bevonásával megvalósult projekt – termelési problémák nem jelentősek. – jelentős gázkiváltás és CO₂ kibocsátás csökkenés forrás: KULCSÁR (2012)	1.1.	1.1.	G1 G2 G3

szerűsítése országos léptékben, vagy legfeljebb részmedence szerinti bontásban, illetve főbb rezervoártípusonként (aljazati, alsó-, felső-pannóniai) áll rendelkezésre (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012), de ezek is determinisztikus számításokon alapulnak. Ugyanakkor egy-egy projekthez tartozó rezervoártérész lehatárolása olyan részmedencén belül, ahol számos hasznosító egymással „versengve” használja ugyanazt a termálföldöt (pl. Dél-Alföld, felső-pannóniai rezervoár), igencsak nehéz feladat és erre eddig nem is igen történt kísérlet. Korábbi szakértői becslésekre alapozva (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012) a felső-pannóniai porózus vízadókra mélyített kutak „megcsapolási körzete” durva becsléssel az alábbi képlettel számolható:

$$R = 0,8 \times Q$$

ahol R a megcsapolási terület sugara a kút körül, Q pedig a kút maximális termelési hozama.

Első kísérleti számításunkban a „Hódmezővásárhelyi távfűtés projekt” rezervoárlehatárolását és az ebből a térrészből a szabad vízzel kitermelhető hőenergia valószínűségi alapú számítását végeztük el Monte Carlo szimulációval a helyben tárolt hőenergia számításának alapképlete segítségével. A rezervoár kiterjedéséhez a legnagyobb kifolyó víz hőmérsékletű (80–90 °C) és hozamú (750–1500 l/p) termelőkutak „vízgyűjtő területének” sugarát határoztuk meg a fenti képlettel, majd az így meghatározott területek közös burkoló határfelületét tekintettük a projekt által érintett „rezervoár” területének, míg vastagságának a felső-pannóniai vízadó átlagos területre jellemző öszvastagságát vettük. A Monte-Carlo szimuláció során mind a számított terület, mind a vízadó vastagságának $\pm 15\%$ -os értékeit tekintettük peremfeltételeknek. Változónak tekintettük még a rezervoár számított hőmérsékletét, valamint a porozitást (amely a teljes rezervoártérfogatból a mozgatható vízzel kitermelt hőmennyiség meghatározásához szükséges), valamint a kitermelési tényezőt. A számításokban a hőlépcsőt a felszíni átlaghőmérsékletéhez (11 °C) viszonyítottuk. A bemenő paraméterek intervallumát, valamint a Monte-Carlo szimulációval kapott vagyonértékeket és azok megbízhatósági kategóriáit a IV. táblázat foglalja össze.

A „Hódmezővásárhelyi távfűtési projekt” közel 20 éve üzemel (növekvő kútszámmal), a termeléstörténet szerint 1994 óta átlagosan évi 110 GJ mennyiségű hőenergiát értékesít (az adott évi hőigény függvényében). Összehasonlítva ezt a még rendelkezésre álló kitermelhető geotermikus energiavagyonnal (93–117–156 PJ), jól látszik, hogy a projekt élettartamát nem a földtani adottságok, hanem sok-

kal inkább a műszaki–technikai paraméterek korlátozhatják a jövőben (pl. kutak, berendezések előregedése, a csökkenő vízszint miatt szükségessé váló szivattyúk mélyebbre helyezésének technikai akadályai stb.).

A számítások idő- és adatigényessége miatt a Monte-Carlo szimulációval végzett vagyonbecslést egyelőre csak Hódmezővásárhely esetére végeztük el, ezért a III. táblázatban a G-kategóriában konkrét számadatokat csak itt tüntetünk fel. A többi „projekt” esetében inkább a UNFC-2009 osztályozási módszertan egészének a tesztelése volt a cél. Nyilvánvaló, hogy ilyen típusú rezervoár-lehatárolások és ehhez tartozó vagyon- és készletbecslések elkészítése elsősorban a projektoperátorok feladata, akik egy-egy új jelentős beruházás előtt (pl. miskolci geotermikus távfűtés) nyilván ezt meg is teszik a projekt gazdaságosságának és élettartamának meghatározásához, azonban ezek a számítások nem nyilvánosak. Az is egyértelmű, hogy egy-egy több évtizede működő projekt (pl. az alföldi nagy mezőgazdasági hasznosítások zöme) nem készít ilyen rezervoár-szemléletű becslést, hanem termelési tapasztalataik függvényében értékelik tevékenységük jövőbeli életképességét.

Következtetések

A UNFC-2009 keretrendszer kategóriáit sikerült a megújuló energiaforrásokra, illetve ezen belül is a geotermikus energiára értelmezni (II. táblázat). Ugyanakkor a hazai geotermikus projektek e rendszer szerinti osztályozása számos nehézséget rejt. A legalapvetőbb probléma egy-egy „projekt” definiálása, és az ehhez tartozó adatok összegyűjtése. Ez roppant időigényes feladat, és pusztán a nyilvánosan elérhető adatok alapján akár téves értelmezésekhez is vezethet. Ezért véleményünk szerint a UNFC-2009 rendszer esetleges jövőbeli hazai alkalmazása a geotermiára csak abban az esetben reális célkitűzés, ha kidolgozásra kerül egy olyan jelentési rendszer, amely az osztályozáshoz szükséges kritériumokat tartalmazza.

A III. táblázat rámutat arra a problémára is, hogy az E (és részben az F) tengely olyan széleskörű kritériumrendszer tartalmaz, amely jelenleg nem teszi lehetővé a projektek árnyaltabb értékelését. Általánosságban a jelenleg működő projektek az E.1. és F.1. kategóriába esnek szinte függetlenül azok lényegi tulajdonságaitól (pl. teljes vagy részleges visszasajtolás). A táblázat arra is rávilágít, hogy a jelentősebb geotermikus projektek KEOP-általi támo-

IV. táblázat. A hódmezővásárhelyi távfűtés „rezervoárjának” Monte Carlo szimulációval végzett valószínűségi alapú vagyonbecsléséhez felhasznált bemenő adatok intervalluma és a becsült vagyon nagysága és osztályozása

Table IV. Input data and their intervals used for the Monte Carlo simulation based geothermal resource estimation of the Hódmezővásárhely geothermal district heating project

Rezervoár kiterjedés (m ²)		Rezervoár vastagság (m)		Rezervoár hőmérséklet (°C)		Porozitás (%)		Kitermelési tényező		Becsült geotermikus vagyon (PJ)	G kategória
min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	93 (P90)	G1=93 PJ
12 500	15 500	600	900	58	108	6	18	0,10	0,20	210 (P50)	G2=210-93=117 PJ
										366 (P10)	G3=366-210=156 PJ

gatottsága miatt a „legmagasabb” elérhető E-kategória az E1.2 (I. II. táblázat kritériumrendszere).

Amennyiben a hazai geotermikus vagyoni egészét (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012) kívánjuk a UNFC-2009 három dimenziós rendszerében elhelyezni, az a kritériumok alapján (II. táblázat) értelemszerűen csak a legalacsonyabb E3, F3, G4 kategóriába sorolhatóak be. Ugyanakkor egyértelmű, hogy a UNFC-2009 rendszer elsődleges célja konkrét projektek értékelése és összehasonlíthatósága, szerkezete és koncepciója nem teszi igazán alkalmassá országos léptékű vagyoni- és készletadatokat nyilvántartására.

Felmerül ugyanakkor ismételt az a kérdés, hogy az állami geotermikus energiavagyon nyilvántartásának korszerűsítése céljából melyik nemzetközi osztályozási rendszer szolgálhatna „jó gyakorlatként”? A hazai geotermikus-energia-nyilvántartási rendszer a Bányatörvény 2014. évi módosításnak megfelelően új szerkezetben került kialakításra az MBFH-nál, amely négy, logikailag egymásra épülő táblázatból áll:

- (1) vagyonyilvántartás,
- (2) védőidom-nyilvántartás,
- (3) létesítmény-nyilvántartás (kút, szonda),
- (4) kitermelt, hasznosított hőmennyiség-nyilvántartás.

E rendszerben a „vagyon” (első szint) esetében szükséges lenne eldönteni az alkalmazandó vagyoni kategóriákat. Példaképp a legfrissebb országos „potenciál-becslésben” (Cselekvési Terv; ZILÁHI-SEBESS et al. 2012) alkalmazott, alapvetően a Bányatörvényben használatos vagyoni- és készletkategóriákat összevetettük az „ausztrál–kanadai” jelentési rendszerrel (Földtani ismeretesség... c. fejezet). Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy a Cselekvési Tervben tisztán földtani megfontolások és becslések alapján közölt számadatok alapvetően „vagyon” kategóriáknak feleltethetőek meg, mivel egyik esetben sem történtek konkrét „módosító tényező” figyelembevételével való átszámítások („készlet” kategória alapfeltétele az ausztrál–kanadai rendszerben). A Cselekvési Tervben a „földtani vagyon” kategóriában (mély geotermiára) megállapított 0–10 km mélységtartományra megadott 375 000 EJ (helyben tárolt hő), illetve a 0–5 km mélységtartományra reménybeli vagyoniaként megadott 105 500 EJ leginkább a ausztrál–kanadai rendszer „geotermikus előfordulás” kategóriájának feleltethető meg. A Cselekvési Tervben reálisan kitermelhető vagyoniaként megadott 60 PJ/év (a pannóniai porózus rétegekből vízzel kitermelhető), illetve 130 PJ/év (a prepannóniai rétegekből vízzel kitermelhető) energiameennyiség a ausztrál–kanadai rendszer „következtetett”, illetve részben a „felderített vagyon” kategóriájának feleltethető meg leginkább.

A nyilvántartás második szintjén elhelyezkedő „védőidom-nyilvántartás”-ban csak a koncesszióköteles, 2500 m alatti geotermikus hasznosításokra kijelölt (illetve jövőben kijelölendő) védőidomok vannak nyilvántartva. Ugyanakkor ezen hasznosítások száma elenyésző a 2500 m feletti közvetlen hőhasznosításokhoz képest, amelyek „hatásterületére” nemhogy nyilvántartás, de még elemző tanulmány sem áll gyakorlatilag rendelkezésre. Ugyanakkor ennek kulcsfontosságú szerepe lenne, hiszen egy-egy intenzíven

termelt térségben (pl. Dél-Alföld) a hasznosítások egymáshoz viszonyított, a konkurens vízhasználatok már most jól ismertek és újabb vízjogi engedélyeknél a még rendelkezésre álló szabad vízkészlet csak ennek ismeretében lenne meghatározható. Gyakorlatilag ez lenne a nyilvántartásnak az a szintje, ahol a UNFC-2009 rendszerben egy-egy projekt „vagyoni” helyet foglalhatna.

A hazai nyilvántartás harmadik és negyedik szintjén elhelyezkedő létesítmény, és ehhez kapcsolható kitermelt és hasznosított hőenergia-nyilvántartás az objektum (kút)-alapú egyedi építőeleme a rendszernek. Itt értelemszerűen a minél teljesebb és pontosabb adatnyilvántartás a cél, amelyben az elmúlt két évben jelentős előrelépések történtek. Ehhez mindenképp célszerű lenne a jelenlegi jelentési rendszer kiegészíteni a hasznosítás pontos módjának nyilvántartásával is, amely pl. a UNFC-2009 jelentési rendszerhez mindenképp szükséges lenne (de egyéb, a nyilvántartástól független értelmezési–feldolgozási munkákat is nagyban megkönnyítene.)

A jelenlegi geotermikus energiavagyon nyilvántartási rendszer a Bányatörvényben foglalt kívánalmakat teljesíti. Amennyiben ezt tovább kívánják fejleszteni egy korszerű és nemzetközi osztályozási rendszerekkel konform rendszerre, első lépéseként mindenképp szükséges lenne annak koncepciójának (célja, tartalmi elemei [esetleges nem kimondottan „földtani tematikájú” adatok szisztematikus rendszerezése is — I. UNFC-2009 E és F kategóriák], szerkezete, a jelentéstételi kötelezettség / adatszolgáltatás, adatok frissítése, felhasználói jogosultságok stb.) kidolgozása. Ehhez nyújthat jó kiindulási alapot a nemzetközi osztályozási rendszerek, azok előnyeinek és hiányosságainak áttekintése, amelyre ez a cikk kísérletet tett.

Köszönetnyilvánítás

A szerző kitüntetett köszönettel tartozik UNFC-2009 osztályozási rendszer geotermikus energiára vonatkozó alkalmazhatóságot vizsgáló munkacsoportja vezetőjének, Gioia FALCONE-nak, és a munkacsoport valamennyi tagjának (Robert HOGARTH, Harmen MIJNLIEFF, Kate YOUNG, Egill JULIUSSON, Greg USHER, Malcolm GRANT, Larry BAYRANTE, Paolo CONTI, Roy BARIA) a konstruktív közös gondolkodásért, előremutató szakmai megbeszélésekért. A magyar geotermikus energiavagyon nyilvántartásával kapcsolatos kérdésekben LESTÁK Ferenc és GAÁL Gergely (MBFH) nyújtottak jelentős segítséget, amelyért külön köszönet jár. A hazai geotermikus potenciál felméréssel, annak meghatározásaival kapcsolatban ZILÁHI-SEBESS László gondolatai jelentősen segítettek az értelmezést, és ugyancsak ő végezte el az első kísérleti jellegű, a cikkben bemutatott Monte-Carlo szimulációkat, amiért külön köszönet illeti. A szerző köszönettel tartozik továbbá GULYÁS Ágnesnek és JOBBIK Anitának a geotermikus energiavagyon osztályozási rendszerekkel, illetve KOVÁCS Zsoltnak a valószínűségű alapú készletszámítás módszertanával kapcsolatos megbeszélésekért, amelyek hozzájárultak a fogal-

mak pontosításához. Végül, de nem utolsósorban a szerző Jánosnak a kézirat gondos lektorálásáért és előremutató köszönétét szeretné kifejezni RYBACH Lászlónak és SZANYI észrevételeiért.

Irodalom — References

- AXELSSON, G., STEFÁNSSON, V., BJÖRNSSON, G. & LIU, J. 2005: Sustainable management of geothermal resources and utilization for 100–300 years. — *Proceedings, World geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24–29, April, 2005.*, 8 p., <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0507.pdf>
- ÁDÓK J. 2012: Geotermikus fűtési rendszerek – egy működő rendszer tapasztalatai. — *Presentation at the national workshop of the Geo-DH (Promote Geothermal District Heating Systems in Europe) project, December 3, 2012, Budapest.*, https://www.mfgi.hu/sites/default/files/files/geoDH/hodmezovasarhely_adok.pdf
- AGRCC (Australian Geothermal Reporting Code Committee) 2010a: *The Geothermal Reporting Code, Edition 2.* — http://www.geothermal.statedevelopment.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/147875/The_Geothermal_Reporting_Code_Ed_2.pdf
- AGRCC (Australian Geothermal Reporting Code Committee) 2010b: *Geothermal Lexicon for Resources and Reserves Definition and Reporting, Edition 2.* — http://www.pir.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/147876/Geothermal_Lexicon_2010.pdf
- BÁLINT, A., BARCZA, M., SZANYI, J., KOVÁCS, B., KÓBOR, B. & MEDGYES, T. 2010: Investigation of thermal water injection into porous aquifers. — *Proceedings, 1st Knowbridge Conference on Renewables. Miskolc, Hungary.*
- BARCZA, M., BÁLINT, A., KISS, S., SZANYI, J. & KOVÁCS, B. 2011: A Szentés térségi hévíztározó képződmények hidrodinamikai viszonyai szivattyú tesztek kiértékelése alapján. — *A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat* **81**, 245–254.
- BEARDSMORE, G., RYBACH, L., BLACKWELL, D. & BARON, C. 2010: *A Protocol for Estimating and Mapping Global EGS Potential.* — Australian Geothermal Energy Conference, https://www.academia.edu/19937894/A_Protocol_for_Estimating_and_Mapping_Global_EGS_Potential
- BROMLEY, C. 2009: Geothermal Resource Potential: categories and definitions. — GIA-IGA Workshop, Madrid, 5–6 May.
- CGCC (The Canadian Geothermal Code Committee) 2010: *The Canadian Geothermal Code for Public Reporting.* — Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and Geothermal Reserves, <http://www.cangea.ca/geothermal-code-for-public-reporting.html>
- ECE (Economic Commission for Europe) 2013: *United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 incorporating Specifications for its Application.* — United Nations Publication, ECE Energy Series No. 42, ISBN 978-92-1-117073-3, 2013.
- EGRC 2014: Specifications for the Application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Renewable Energy Resources. — http://www.unece.org/energy/se/unfc_2009.html
- FALCONE, G. & BEARDSMORE, G. 2015: Including Geothermal Energy within a Consistent Framework Classification for Renewable and Non-Renewable Energy Resources, Proceedings. — World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.
- FALCONE, G., GNONI, A., HARRISON, B. & ALIMONTI, C. 2013: Classification and Reporting Requirements for Geothermal Resources. — *European Geothermal Congress 2013, Pisa, Italy, 3–7 June 2013*, 9 p. <http://www.unionegeotermica.it/pdf/files/ClassifRequirementsGeothResour.pdf>
- GEA (Geothermal Energy Association) 2010: *New Geothermal Terms and Definitions — A Guide to Reporting Resource Development Progress and Results to the Geothermal Energy Association.* — http://geo-energy.org/pdf/NewGeothermalTermsandDefinitions_January2011.pdf
- GRINGARTEN, A. C. 1978: Reservoir lifetime and heat recovery factor in geothermal aquifer used for urban heating. — *Pageo* **117**, 298–308.
- JORC (Australasian Joint Ore Reserves Committee) 2012: *The Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves.* — http://www.jorc.org/docs/jorc_code2012.pdf, 44 p.
- LAVIGNE, J. 1978: Les ressources géothermiques françaises. Possibilités de mise en valeur. — *Annales des Mines* **4**, 57–72.
- KULCSÁR B. 2012: Geotermikus energiahasznosítás az Észak-alföldi régió agrárgazdaságában. — *Kézirat*, <http://docplayer.hu/2989824-Geotermikus-energiahasznositas-az-eszak-alfoldi-regio-agragazdasagaban-dr-kulcsar-balazs-debreceni-egyetem-muszaki-kar.html>
- MÁDLNÉ SZÓNYI J. 2006: *A geotermikus energia, készletek, kutatás, hasznosítás.* — Grafon Kiadó, Nagykovácsi, 144 p.
- MUFFLER, L. P. J. (ed.) 1979: Assessment of geothermal resources of the United States. — USGS circular 790, 164 p.
- MUFFLER, P. & CATALDI, R. 1978: Methods for regional assessment of geothermal resources. — *Geothermics* **7**, 53–89.
- NÁDOR, A. 2015: Direct use case studies. — UNFC-2009 Geothermal Specifications Working Group meeting, September 22–24, 2015, Reno.
- REZESSY, G., SZANYI, J. & HÁMOR, T. 2005: A geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának előkészítéséről. — *Kézirat*, Magyar Bányászati Hivatal, Budapest.
- RICHARDS, M., ERDLAC, R. J. JR. & ABBOTT, J. 2008: Geothermal Energy (Chapter 7). In: Texas Renewable Energy Resource Assessment. — Report for the Texas State Energy Conservation Office. <http://www.seco.cpa.state.tx.us/publications/renewenergy/pdf/c07-geothermalenergy.pdf>
- ROWLEY J. C. 1982: Worldwide geothermal resources. — In: EDWARDS L. M., CHILINGAR G. V., REIKE III H. H. & FERTL W. H. (eds): *Handbook of geothermal energy.* Gulf Publ. Co., Houston, 44–176.
- RYBACH, L. 2003: Geothermal energy: sustainability and the environment. — *Geothermics* **32**, 463–470.

- RYBACH, L. 2010: "The Future of Geothermal Energy", and Its Challenges. — *Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–29 April 2010*, <http://globalatlas.irena.org/UserFiles/Publication/The%20future%20of%20Geothermal%20Energy%20and%20Challenges.pdf>
- SANYAL, S. K. 2005: Classification of Geothermal Systems — A Possible Scheme. *Proceedings, Thirtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA, SGP-TR-176*, 8 p.
- SEC (Securities Exchange Commission) 2000: "International Accounting Standards". — <http://www.sec.gov/rules/concept/34-42430.htm>.
- SE4ALL (Sustainable Energy for All) 2013: Renewable Energy. — http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2013/09/9-gtf_ch4.pdf, accessed on May 26, 2014.
- SUYAMA, J., SUMI, K., BABA, K. & TAKASHIMA, I. 1975: Assessment of geothermal resources of Japan. *Proceedings United States. — Japan Geological Survey Panel Discussion on the assessment of geothermal resources, Geological Survey of Japan, Tokyo*, 63–119.
- SZANYI, J. & KOVÁCS, B. 2010: Utilization of geothermal systems in South-East Hungary. — *Geothermics* **39**, 357–364.
- SZITA, G. 2010: High Efficient Cascaded Use of Geothermal Energy in Reality. — *Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–29 April 2010*, 4 p., <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/3423.pdf>
- SZITA, G. 2015: Geotermikus energiahasznosítás Magyarországon. A veresegyházi példa. — *Kézirat, A geotermikus energia hasznosítása Németországban és Magyarországon Trendek és gyakorlati példák 2015. február 10.*, http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/ahk_ungarn/Dokumente/Bereich_HF/Dienstleistungen/Kooperationsboersen/2015-02-10_EE2015/9_Szita_Gabor.pdf
- SZÖLLÖSI, Á. 2012: Nulla kibocsátású geotermikus energiahasznosítás Gyopárosfürdőn. — *Magyar Geotermális Egyesület Szakmai Napok, Orosháza-Gyopárosfürdő, 2012. április 19–20.*, <http://mgte.hu/dok/napok/0708.pdf>
- VAN WEES, J. D., BOXEM, T., CALCAGNO, P., DEZAYES, C., LACASSE, C., & MANZELLA, A. 2013: A Methodology for Resource Assessment and Application to Core Countries. *Geo-Elec Deliverable 2.1*. — <http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D-2.1-GEOELEC-report-on-resource-assessment.pdf>.
- WILLIAMS, C. F., REED, M. J., & MARINER, R. H. 2008: A review of methods applied by the U.S. Geological Survey in the assessment of identified geothermal resources. — *U.S. Geological Survey Open-File Report 1296*, 27 p. <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1296/>
- WILLIAMSON, K. H. 1992: Development of a reservoir model for The Geysers geothermal field. — *Geothermal Resources Council Special Report* **17**, 179–188.
- YOUNG, K. R., WALL, A. M., DOBSON, P. F., BENNETT, M. & SEGNERI, B. 2015: Measuring impact of U. S. DOE Geothermal Technologies Office Funding: Considerations for development of a geothermal resource reporting metric. — *Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015*, 15 p.
- ZILÁHI-SEBESS L., MERÉNYI L., PASZERA Gy., TÓTH Gy., BODA E. & BUDAI T. 2012: Nyersanyag készletek, A hazai ásványi nyersanyag-potenciál, 5. Geotermikus energia, (Háttér tanulmány), — *Kézirat, Nemzeti Energiastratégia, Készletgazdálkodási és hasznosítási cselekvési terv*, 84 p.

Kézirat beérkezett: 2015. 09. 28.

Fogalomtár

Rövidítések és angol megfelelőik

- AGRCC — Australian Geothermal Reporting Code Committee (Ausztrál Geotermikus Jelentéstételi Bizottság)
- CGCC — Canadian Geothermal Code Committee (Kanadai Geotermikus Szabvány Bizottság)
- GEA — Geothermal Energy Association (Geotermális Egyesület, Egyesült Államok)
- IGA — International Geothermal Association (Nemzetközi Geotermális Egyesület)
- UNECE-EGRC — United Nations Economic Commission for Europe — Expert Group on Resource Classification (Egyesült Nemzetek Szervezet Európai Gazdasági Bizottsága — Ásványvagyron Osztályozási Szakértői Csoport)
- U.S. DoE — United States, Department of Energy (Egyesült Államok Energetikai Hivatal)

Geotermikus energiára vonatkozó definíciók (AGRCC 2010 a,b)

- Bizonyított készlet** (*proven reserve*): A megkutatott vagyon azon része, melynek gazdaságos művelése és élettartama nagy megbízhatósággal előrejelezhető.
- Gazdaságos energia-előállításához szükséges referencia-hőmérséklet** (*base temperature*): a referencia ponton (bármely, projekt-specifikusan meghatározott pont a kitermelési láncban, pl kútfej, hőcserélő bemeneti pont) mért hőmérséklet, amelyre vonatkoztatva a hasznosítandó geotermikus energiamennyiség számítását elvégzik.
- Gazdaságos kitermeléshez szükséges minimum rezervoár hőmérséklet** (*cut-off temperature*): meghatározott geotermikus hasznosítás függvényében az adott hasznosítási módhoz szükséges minimum rezervoár hőmérséklet, amelyre a geotermikus vagyonbecslés vonatkozik.
- Geotermikus alapkészlet** (*geothermal resource base*): adott területen a földkéregben tárolt teljes hőenergia az éves középhőmérsékletre viszonyítva.
- Felderített vagyon** (*indicated resource*): A geotermikus vagyon már közvetlen mérésekkel felderített része, amelyből következtethetünk a tároló kiterjedésére, hőmérsékletére és a fluidum összetételre. Elegendő számú és megfelelő sűrűségű fúrás mélyült, ahonnan a rendelkezésre álló adatok minősége, mennyisége és eloszlása lehetővé teszi a földtani környezet megbízható értelmezését és a geotermikus előfordulás kiterjedésének körvonalazását és folytonosságának igazolását.

Földtani vagyon (*kinyerhető alapkészlet*): a geotermikus alapkészlet fúrással feltárható mélységtartományában a kőzetvázban és a folyadékokban tárolt geotermikus energia összessége.

Kitermelhetőségi tényező (*recovery factor*): mindazon földtani, fúrási műszaki–technikai tényezők összessége, amelyek megszabják, hogy a helyben tárolt hőnek mekkora hányada termelhető ki gazdaságosan a kútfejen.

Konverziós faktor (*conversion factor*): hőenergiából villamosáram előállításához szükséges energiaátalakítás hatékonyságát mutató mérőszám.

Következtetett vagyon (*inferred resource*): A geotermikus vagyon azon része, amelyre vonatkozóan a kitermelhető termálenergia mennyiségét csak nagy bizonytalansággal lehet megbecsülni, ezért nincs megfelelő készlet kategóriája sem. A rendelkezésre álló általános földtani, geofizikai, geokémiai információkból (főleg extrapolációk) következtethetünk a geotermikus tároló meglétére, melynek kiterjedése és hőmérséklete tájékoztató jelleggel becsülhető.

Megkutatott vagyon (*measured resource*): A geotermikus vagyonnak közvetlen mérésekkel felderített része: a rezervoár kiterjedése, hőmérsékleti viszonyai és a kutak teljesítménye ismert. Kúttesztek alapján igazolható a geotermikus tároló térfogata, hőmérséklete és a fluidum kémiai összetétele.

Módosító tényezők (*modifying factors*): pontosabban nem definiált gazdaságossági, környezetvédelmi, politikai–társadalmi tényezők, amelyek befolyásolják a kitermelhetőség gazdaságosságát.

Valószínűsített készlet (*probable reserve*): A felderített vagyon azon része, melynek gazdaságos kitermelése a projekt élettartamára több mint 50%-os biztonsággal előrejelezhető, VAGY a megkutatott vagyon azon része, melynek gazdaságos kitermelése a projekt élettartamára több mint 50%-os biztonsággal előrejelezhető, de az előrejelzés bizonyossága nem elégséges ahhoz ($\leq 90\%$), hogy az bizonyított geotermikus készletkategóriába sorolható legyen.