

Geotermikus koncessziós területek értékelésének hazai gyakorlata és a nyilvántartási rendszerekhez való viszonya

ZILÁHI-SEBESS László¹, BODA Erika², GULYÁS Ágnes¹

¹Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, H-1145 Budapest Columbus utca 17–23.

zilahi.sebess.laszlo@mbfsz.gov.hu, gulyas.agnes@mbfsz.gov.hu

²bodaeri@gmail.com

The practice of evaluation of recommended areas for geothermal concessions in Hungary and its relation with the register systems

Abstract

This study briefly describes the recently used Hungarian registration system for geothermal energy and the currently used assessment system for proposed areas for geothermal concessions. With the help of a practical example, a presentation is given of the methodology needed to develop the compliance with an international geothermal evaluation system. For the prioritisation of prospective areas of geothermal research — alongside geological and hydrogeological circumstances — the exploitation feasibility and the socio-economic viability of geothermal energy also need to be considered. Consequently, this becomes more complicated than a simple estimation of reserves based on geoscience. At present, geothermal assets and stock records have no officially accepted international standard; in fact, the “Australian/Canadian standard for research findings, and the reporting of the assets of geothermal stocks” is usually employed in place of an international standard. Even though the development of a Hungarian system similar to the “Australian/Canadian standard” could be aimed at, it would still not be possible to bring about the harmonization between the systems merely by carrying out a direct transfer of existing data. In the Hungarian practice, the terms of calculation and classification of geothermal assets are mixed together. To put it more precisely, it turned out that the current Hungarian classification system is not compatible with any international classification system. A volumetric method is usually used for the prognosis of a geothermal reserve, but the idea of exploitability is not included in the calculation. This study applies the ratio of thermal energy exploitable from hot water and the total heat content of volume in order to calculate exploitable reserves. Geothermal reserves can be established only where a geothermal protective area around the well has been designated and geothermal power generation has started. The inventory calculation data here is based on the data referring to the reserves of an accepted research final report. (This is due to the fact that no identified geothermal protective area is available.) Given that the size of the territory of the protected area is controlled by the desired production quantity, the level of geological knowledge may increase or decrease the calculated value of an area.

Keywords: geothermal energy, registration system, practical example, methodology, Hungary

Összefoglalás

A tanulmányban röviden ismertetjük a hazai geotermikusenergia-nyilvántartási rendszert és a jelenleg a geotermikus koncesszióra javasolt területek értékelési rendszerét. Gyakorlati példán keresztül mutatjuk be, milyen jellegű módszertani háttér kidolgozása szükséges a nemzetközi geotermikus értékelési rendszerekhez való csatlakozáshoz, amelyre vonatkozóan javaslatot tettünk. A geotermikus kutatás szempontjából perspektivikus területek értéksorrendjének megállapításához a földtani, hidrogeológiai viszonyok mellett figyelembe kell venni a geotermikus energia kinyerésének megvalósíthatóságát és a gazdasági-társadalmi életképességet is, mely messze túlmutat a hazánkban elterjedt földtudományokon alapuló készletbecslésen. Geotermikus vagyon- és készletnyilvántartásra jelenleg nincs hivatalosan elfogadott nemzetközi szabvány, de általánosan elfogadott és használt az „Ausztrál/Kanadai Szabvány a kutatási eredmények, geotermikus vagyonok és geotermikus készletek jelentéséhez”. Bár célként megjelölhető a kanadai–ausztrál szemléletű vagyon- és készletnyilvántartáshoz közelítő hazai nyilvántartási rendszer kialakítása, a rendszerek közti harmonizáció nem oldható meg egyszerűen a meglévő nyilvántartási adatok átszámításával. A hazai gyakorlatban összemosisódik a geotermikus vagyonszámítás és a geotermikus vagyonosztályozás. Megállapítottuk, hogy a jelenlegi hazai osztályozás nem feleltethető meg egyik nemzetközi rendszernek sem. A hazai geotermikus prognózisokban általában volumetrikus készletbecslési módszert használnak, ezekben nem jelenik meg a kitermelhetőség fogalma. Tanulmányunkban a koncesszióra javasolt területek geotermikus ásványvagyon értékelésében a vízzel kitermelhető hőmennyiség és teljes hőmennyiség hányadosaként jelenítettük meg a kitermelhető készlet arányát, amivel a hagyományosan kitermelhetőség-

ket jellemezhetjük. Geotermikus készleteket csak ott lehet megállapítani, ahol geotermikus védőidom kijelölésre került, és abból megkezdődött a geotermikus energiatermelés. Jelenleg a készletszámítási adatok az elfogadott kutatási zárójelentés vagyonaadatai alapján számszerűsíthetők, mivel geotermikus védőidom nem került még kijelölésre. Ahogy a védőidom területének nagysága a kívánt termelési mennyiségtől függ, hasonlóképpen a feltártság mértéke befolyással van egy terület értékére.

Tárgyszavak: geotermikus energia, készletnyilvántartás, gyakorlati példa, módszertan, Magyarország

Bevezetés

Geotermikus vagyon- és készletnyilvántartásra jelenleg nincs hivatalosan elfogadott nemzetközi szabvány, de általánosan elfogadott és használt az „Ausztrál/Kanadai Szabvány a kutatási eredmények, geotermikus vagyonok és geotermikus készletek jelentéséhez” (AGRCC 2010a, b; CGCC 2010). Ettől eltérő alapon működik a szilárd hasznos ásványi nyersanyagokra és a szénhidrogén-kutatásra kidolgozott projektalapú UNFC-rendszer (DOLLE & FALCONE 2009).

Az elemzésünk során megvizsgáltuk a hazai geotermikus nyilvántartást, illetve a geotermikus energiával kapcsolatos nemzetközi osztályozási rendszereket, majd elemeztük a hazai és nemzetközi geotermikus nyilvántartási rendszerek harmonizációjának lehetőségeit. Meg kell jegyezzük, hogy a nyilvántartási rendszerek általában a kivett víz és energia mennyiségén alapulnak, viszont a területek értéksorrendjéhez szükséges vagyonbecslés kialakításánál a rendelkezésre álló földtani ismeretek részletesebb jellemzését célszerű felhasználni. A területek értéksorrendjének megállapítása túlmutat a készletbecslésen ezért a tanulmányban javasoltunk egy olyan szempontrendszert, amely megjeleníti a kitermelhetőséget és gazdaságosságot befolyásoló tényezőket is.

A nemzetközi ásványvagyon-értékelésről jó áttekintést adott NÁDOR (2016), jelen tanulmány az említett cikkhez kapcsolódik.

A hazai geotermikus nyilvántartási rendszer

A hazai osztályozás nem konform egyik nemzetközi rendszerrel sem, mert gyakorlatilag csak a termelési adatokon alapul, és nincs szétválasztva a készlet és a vagyon. Ez természetesen a geotermikus energia azon sajátosságából adódik, hogy az mindenütt jelen van, nem csak a térfogat egy részében.

A hazai geotermikus energia nyilvántartási rendszer a Bányatörvény 2014. évi módosításnak megfelelően új szerkezetben került kialakításra, amely négy, logikailag egymásra épülő táblázatból áll (NÁDOR 2016). A hőmennyiség-nyilvántartás a geotermikus energiát hasznosítók önbevallása alapján történik.

1. A *vagyonnyilvántartás* az alábbi elemeket tartalmazza:

- A) Név,
- B) Koordináták,
- C) Terület nagysága,

- D) Tárgyvet megelőző évi vagyon (GJ),
- E) Kutatás (Vagyonváltozás tárgyévi kutatás miatt),
- F) Átszámítás (Vagyonváltozás tárgyévi átszámítás miatt),
- G) Korrekció (Vagyonváltozás adatszolgáltatási korrekció miatt),
- H) Utánpótlódás (GJ) (terület \times hőáram),
- I) Kitermelt energia (Tárgyévben kitermelt energia),
- J) Vagyon (GJ) = C+D+E+F+G+H.

A geotermikus vagyonnyilvántartás elemeiből a koordinátákkal a terület nagysága és a kitermelt energia értéke mérhető, a többi elem becsült vagy származtatott értéknek tekinthető. Ennek okán a vagyon nagyságára vonatkozó paraméterek bizonytalanok tekintendők. Amennyiben a térfogat által képviselt teljes, egyben a felszíni hőmérséklethez számított hőtartalmat tekintjük, az *csak reménybeli vagyonnak* számít, mert valójában nem lehet kitermelni. Ennek oka elsősorban a kőzetek rossz hővezető-képessége.

2. A *védőidom-nyilvántartás* az alábbi elemeket tartalmazza:

„A geotermikus védőidom-nyilvántartás tartalmazza a védőidom alakjának egyértelmű meghatározásához szükséges mennyiségű térbeli pontok x, y és z koordinátáit, a kijelöléshez felhasznált műszaki és földtani alapadatokat, valamint módszereket és számításokat.” (Bányajog)

3. A *geotermikus védőidom nyilvántartás*:

A létesítmény-nyilvántartás csak az azonosításhoz szükséges adatokat tartalmazza (koordináták, tulajdonosra és engedélyre vonatkozó adatok).

4. A *termelésre vonatkozó nyilvántartás* a következő paramétereket tartalmazza:

- MBFH kútaazonosító;
- kút jele.

A geotermikus energiataralom becslése nem azonos a potenciál becsléseivel, éppen ezért idézzük a geotermikus potenciál és a geotermikus energia definícióját:

A *geotermikus potenciál* – az International Geothermal Association (IGA) ajánlása alapján – az egy év alatt megtermelhető geotermikus energiamentiség.

Az ide vonatkozó meghatározó hazai jogszabály, a Bányatörvény (Bt. 1993. évi XLVIII. törvény 49. § 11.) alapján a geotermikus energia a földkéreg belső hőenergiája. Ez azonban nem tekinthető potenciálnak, helyette inkább csak egy a felszínhez viszonyított relatív értéket ad, egyfajta reménybeli vagyont, amelyben nincs utalás a kitermelhetőségre.

Számos más nyersanyaggal ellentétben hazánkban a geotermikus energia vagyon-/készletkategóriákba sorolása nem valósult meg. A termelésre vonatkozó nyilvántartás és a vagyonnyilvántartás nem helyettesíti a készletkategóriákba sorolást. A készletkategóriákba sorolást viszont megállá-

pított geotermikus védőidomok nélkül nem lehet megtenni. Ettől függetlenül a geotermikus energia nagysága becsülhető, ha egy nagyobb területre és mélységközre végezzük a becslést, és öröklött hőként kezeljük. Számos becslés készült a geotermikus energia magyarországi mennyiségére vonatkozóan (I. táblázat). A becsült mennyiségek közül a teljes belső energiátartalom egy a felszíni átlaghőmérséklethez képest számított mennyiség, amely a reménybeli vagyon kategóriát jelenti, viszont kiszámítása kevés szubjektív elemet tartalmaz. Ezért ez az egyetlen biztos, kis hibahatárral meghatározható szám. (A kéreg felső 5000 m vastagságú részére minden szakértő néhány százalékos eltéréssel 10^{23} Joule, azaz százezer EJ energiátartalmat ad meg.

mely részben magyarázható a számításba vont eltérő mélységtartományokkal. De a fő ok az, hogy nem mindig teljes térfogatról, hanem annak egy részéről van szó, ahonnan mozgatható vízzel ki lehet termelni hőenergiát.

További körülmény, hogy a geotermikus potenciál az IGA definíció alapján is egy szabvány paraméterekkel rendelkező eszközt feltételez, ami akár az egész belső energia is lehet. Ha az egységesszök (ami részben technikai, részben közgazdaságtani fogalom) definiálásától eltekintünk, akkor a továbbiakban a reménybeli vagyon különböző szempontok szerinti felosztásáról beszélhetünk. Ez elsősorban hidrogeológiai és hőtani paraméterek becslését jelenti, amelynek alapján becsüljük egy adott térfogat hőenergia-tartalmát

I. táblázat. Magyarország geotermikus készletbecsléseinek összehasonlítása (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)

Table I. Comparison of the geothermal evaluation systems in Hungary (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)

Földtani vagyon = Kezdeti földtani készlet	Hozzáférhető geotermikus készlet nagysága
0-10 km-es mélységtartományban lineárisan extrapolált hőmérsékletváltozás feltételezésével (BOLDIZSÁR 1967)	$5,53 \times 10^8$ PJ ^a
0-10 km-es mélységtartományban nem-lineáris hőmérsékletváltozás feltételezésével (BOBOK 1987, BOBOK, TÓTH 2010)	$3,25 \times 10^8$ PJ
0-10 km-es mélységtartományban nem-lineáris hőmérsékletváltozás feltételezésével (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)	$3,75 \times 10^8$ PJ
Reménybeli geotermikus vagyon (prognosztikus vagyon)	
0-4 km-es mélységtartomány (BOBOK 1987, BOBOK, TÓTH 2010a)	$0,855 \times 10^8$ PJ ^b
0-5 km-es mélységtartományban a kőzetvázban és a vízben tárolt teljes hőmennyiség (REZESSY et al. 2005)	$1,02 \times 10^8$ PJ
0-5 km-es mélységtartományban a kőzetvázban és a vízben tárolt teljes hőmennyiség (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)	$1,055 \times 10^8$ PJ
0-2400 méter mélységközben tárolt termálvízből kitermelhető geotermikus energiavagyont (fluidum) (LIEBE et al. 1982, LORBERER 2004)	$5,73 \times 10^8$ PJ
0-2400 méter mélységközben tárolt termálvízből és a porózus tárolóból kitermelhető geotermikus energiavagyont (kőzetváz + fluidum) (LIEBE et al. 1982, LORBERER 2004)	$1,49 \times 10^9$ PJ
0-2400 méter mélységközben tárolt termálvízből és a porózus tárolóból (kőzetváz + fluidum) 25 °C hőmérsékletű vízvisszatáplálást feltételezve kitermelhető geotermikus energiavagyont (LIEBE 1982, LORBERER 2004)	$3,43 \times 10^9$ PJ
Felső-pannóniai összetben tárolt hőmennyiség (kőzetváz + fluidum) (REZESSY et al. 2005)	$4,66 \times 10^8$ PJ
Hőszivattyúzással + pannóniai összetből + karbonátos aljzattól hévízzel kitermelhető (BOBOK 1987, BOBOK, TÓTH 2010a)	$4,54 \times 10^8$ PJ
A teljes felső-pannóniai üledéksorra becsült érték, az effektív porozitásban tárolt teljes kitermelhető vízkészlettel elvileg kivehető hőmennyiség (fluidum) - a kitermelési technológia figyelembevétele nélkül (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)	$1,637 \times 10^9$ PJ
A teljes negyedidőszak+pannóniai üledéksorra becsült érték, az effektív porozitásban tárolt teljes kitermelhető vízkészlet (fluidum) búvárszivattyúval ténylegesen kitermelhető (kb. 10%-ában tárolt) hőmennyiség (ZILÁHI-SEBESS et al. 2012)	$3,07 \times 10^8$ PJ

^a BOLDIZSÁR becslése csak a lineárisan extrapolált hőmérséklet miatt nagyobb a másik kettőnél.

^b Ha feltételezzük, hogy 5000 m-ig a felszínhez képest számított átlaghőmérséklet 20-25%-t emelkedik akkor $1,026-1,068 \times 10^8$ PJ tartományba esik az 5000 m-ig számított becslés, azaz majdnem ugyanaz, mint a REZESSY (2005), illetve a ZILÁHI-SEBESS et al (2012) -féle becslés.

A többi nyersanyag esetében a reménybeli kategória számít a leginkább bizonytalanak, mivel a teljes keletkezett nyersanyag mennyisége nagyon nehezen becsülhető még nagyságrendileg is.)

A hozzáférhető geotermikus készlet² nagyságát illetően a becslések némely esetben több nagyságrenddel szórnak,

amely lehet például az effektív porozitás hőenergia-tartalma 30 °C feletti része.

Földtudományi szempontból a potenciál helyett a készletbecslés és egy jól definiált egységesszökkel való kitermelhetőség fogalma tűnik eredményes megoldásnak. Meg kell említeni, ha nem definiáljuk, hogy milyen eszközzel akarunk termelni, nem értelmezhető maga a potenciál, sőt a készlet fogalma sem.

Az I. táblázat értékeinek kategóriánkénti jelentős eltérése több esetben a mélységi értelmezési tartomány különbözőségére vezethető vissza, illetve szemléletbeli különb-

¹Az energiátartalmat, amennyiben termál energiáról van szó, szokás a 30 °C feletti hőmérsékletű energiaként definiálni.

²A hozzáférhető geotermikus készlet az 5 kilométer mélységig kitermelhető hőmennyiségre vonatkozik. Ez nagyjából a mélyfúrásokkal elérhető tartomány. Noha léteznek ennél mélyebb fúrások is, azonban egy készletszámításnál, különösen Magyarországon, nem jelentenek reális lehetőséget a kitermelésre.

ségeket tükröz (és nem a számolási módszerek különbözőségére vezethető vissza). Lényeges, hogy a táblázat adatai nem tekinthetők valójában potenciálnak, hanem vagyoni kategóriáknak.

A hazai geotermikus prognózisok mindegyikében volumetrikus készletbecslési módszert használtak a szerzők, ezért azokban valójában nem jelenik meg a kitermelhetőség fogalma. Lényegében mindegyik becslés helyben tárolt hőt jelent. A volumetrikus becslés a teljes térfogat egyes elemeinek, (porozitás, kőzetmátrix) mélységintervallum vagy földtani egységenkénti statikus hőtartalmát jelenti.

Geotermikus területek értéksorrendjének megállapítása

A területek geotermikus potenciál szerinti rangsorolását megelőzően az összehasonlíthatóság érdekében célszerű egy etalonterületet kiválasztani, melynek segítségével elvégezhető a további területek alábbi értékelése. A terület értékelés szempontjai messze túlmutatnak a földtudományokon alapuló készletbecslésen.

Első közelítésben az alábbi három szempont szerint lehet jellemezni egy területet:

- Földtani megkutatottság.
- Természetvédelmi területekkel való lefedettség.
- CH-termeléssel való interferencia.

Ez a szempontrendszer elég egyszerű összehasonlítást enged meg a területek között, így nem ad megfelelő támpontot a területek relatív értéksorrendbe állításához. Ezért több terület minősítése esetén javasoljuk az alábbi tényezők figyelembevételét is:

1. Terület nagysága,
2. Ismeretesség (fúrás, szeizmikus szelvény száma stb.),
3. Vagyon nagysága,
4. Kitermelhetőség (a hidrogeológiai tulajdonságok mellett technológiafüggő is),
5. Korlátozások területi kiterjedése (pl. természetvédelmi területek, utak, városok stb.),
6. A korlátozások általános jellege,
7. Hőpiac nagysága,
8. Más nyersanyagokkal (pl. olaj, gáz, víz, egyéb) való interferencia,
9. A szabadon maradó terület nagysága.

A geotermikus energia vagyonba vagy készletbe sorolását csak védőidommal lehatárolt konkrét területek esetén lehet meghatározni. Ezért a koncessziós területek kijelölése után megkezdődött a területek minősítése, egységes szempontrendszer szerinti pontozása és rangsorolása. Ez azonban még nem egyenértékű a területek nemzetközi osztályozási rendszerekbe sorolásával, csak területek egymáshoz viszonyított értékének megállapítása volt a cél.

A geotermikus koncessziós területek értéksorrendjének megállapításához a (készlet nagyságát meghatározó) földtani ismeretek mellett figyelembe kell venni a geotermikus energia kinyerésének megvalósíthatóságát és a gazdasági-társadalmi életképességet is. A földtani-gazdasági-meg-

valósíthatósági tényezők alkotta keretrendszer alapján a *II. táblázatban* felsorolt információk együttes felhasználásával soroltuk csoportba a geotermikus energia kinyerésére alkalmas területeket. Az egyes tényezők számításait az *I. számú elektronikus melléklet* tartalmazza.

II. táblázat. A geotermikus energia kinyerésére alkalmas területek csoportba sorolásának szempontjai

Table II. Criteria of the classification of the areas available for geothermal energy extraction

- a) Terület
 - b) Ismertség (megkutatottság)
 - c) Hagyományos vagyon
 - d) Vagyon (mátrix+porozitás)
 - e) Kitermelhetőség (áramló vízzel kitermelhető hányad)
 - f) Korlátozások területe
 - g) Szigorú korlátozások jellege^a
 - h) Ipari faktor
 - i) Lakosság
 - j) Hőpiac nagysága faktor
 - k) Interferencia (CH-termeléssel)
 - l) Szabadon maradó terület hányada
 - m) Teljesen zavartalan terület hányada
 - n) Hozzáférhetőségi index^b
 - o) Területre normált hozzáférhetőségi index
 - p) Megbízhatóan hozzáférhetőségi
 - q) Megtalálhatósági faktor^c
- Származtatott értékek*
- r) Területarányos értékszorzat
 - s) Területarányos értékfaktor
 - t) Fajlagos értékszorzat
 - u) Fajlagos értékfaktor
 - v) Fajlagos értékfaktor szerinti sorrend.

^a A szigorú korlátozások területén (pl. Natura 2000) nem végezhető felszíni bányászati tevékenység, míg a többi nem jelent teljes tilalmat

^b Hozzáférhetőségi index = (Hagyományos vagyon × Kitermelhetőség), ahol a kitermelhetőség a vízzel kitermelhető mennyiség és a teljes hőmennyiség aránya a kitermelhetőség, azaz egyszerűsítve a hagyományos vagyon a négyzetten osztva a teljes hőmennyiséggel. A hozzáférhetőség névben az van benne, hogy nem egyszerűen a teljes hőmennyiséghez viszonyítjuk a vízzel kitermelhető, hanem formálisan figyelembe vesszük azt is, hogy minél kisebb a hézagterefogat-arány, annál kisebb a szivárgási tényező, azaz annál nehezebben férünk hozzá a hőtartalomhoz. Ez valódi eseteket vizsgálva nem feltétlenül igaz, hiszen kis hézagterefogathoz is tartozhat nagy átteresztőképesség.

^c A megtalálhatósági faktor (területarányos megbízhatóan hozzáférhetőség) = terület(b) × Ismeretesség (c) × Hagyományos vagyon (d) × Kitermelhetőség (f) / terület (b) = c×d×f. Azaz a megtalálás esélye arányos a területtel.

Az a)-tól o)-ig felsorolt szempontokból származnak az r)-tól v)-ig felsorolt mutatók.

A fenti szempontok szerinti értékelésre a *III. táblázat* mutat be egy példát.

A területi értékelés során meghatározásra került ismertségi (megkutatottsági) értékek segítségével (*IV. táblázat*) az egyes koncessziós területek megfeleltethetők az ausztrál-kanadai rendszer kategóriáinak.

Ehhez figyelembe kell venni, hogy az egyes geofizikai mérésfajtáknak különböző az információs értéke. Például nem mindegy, hogy rendelkezésre áll-e 3D szeizmika a területen, vagy olyan nagymélységű fúrás, amiben történt digitális mélyfúrás-geofizikai szelvényezés. Ezért az összeített statisztikában minden megjelölt mérésfajtaéhoz egy-egy súlyfaktort rendeltünk, ami kifejezi a terület feltárá-

III. táblázat. Javasolt területértékelési táblázat

Table III. Table of recommended criteria for estimation of relative value of the areas

a) Koncesszióra javasolt terület neve	Me	Etalonterület	A terület	B terület	C terület	D terület
b) Terület nagysága	km ²	250	525	419	400	394.58
c) Ismeretesség (Mégkutatottság)		1	0.5	2	2,5	2,5
d) Hagyományos vagyon	PJ	156	108	233	27	112
e) Vagyon (Mátrix+porozitás)	PJ	18 423	1865	9160	780	20 280
f) Áramló vízzel kitermelhető hányad (2,5–5 km közt)		0,01	0,06	0,03	0,03	0,01
g) Korlátozások területe	km ²	254	131	84	111	117
h) Szigorú korlátozások jellege		Natura2000				
i) Ipar faktor		5	100	5	5	25
j) Lakosság	fő	20 000	113 000	3700	30 000	27 000
k) Hőpiac nagysága faktor		1	20	1	1	5
l) Interferencia (CH-termeléssel)		1	0,5	0,5	2	2
m) Szabadon maradó területhányad		0,3	1,0	0,9	0,7	0,9
n) Teljesen zavartalan területhányad		0,2	0,8	0,8	0,7	0,7
o) Hozzáférhetőségi index		1,3	6,3	5,9	0,9	0,6
p) Területre normált hozzáférhetőségi index		0,004	0,012	0,014	0,003	0,002
q) Megbízhatóan hozzáférhetőség		0,004	0,006	0,028	0,006	0,004
r) Megtalálhatósági faktor		1,3	3,1	11,8	2,3	1,5
s) Területarányos értékszorzat		25	46808	6751	204	947
t) Területarányos értékfaktor		1,4	4,7	3,8	2,3	3,0
u) Fajlagos értékszorzat		0,1	89,1	16,1	0,6	2,4
v) Fajlagos értékfaktor		0,9	3,9	3,2	1,8	2,4
w) Fajlagos értékfaktor szerinti sorrend		15	1	8	11	10
x) Területarányos értékfaktor szerinti sorrend		15	1	7	11	10

Me = mértékegység.

IV. táblázat. Geofizikai megkutatottsági indexek³

Table IV. Geophysical research indexes

Mérés megnevezése	Súlyfaktor	Darab	Érték	Területre normált érték (a terület nagysága 525 km ²)
2500 m-nél mélyebb fúrás	250	1	250	0,48
Digitális karotázs	250	1	250	0,48
Geotermikus adat	100	43	4300	8,19
VSP, szeizmokarotázs	100	2+5	700	1,33
2D szeizmika	250	57	14 250	27,13
3D szeizmika	1000	0	0	0
Gravitációs	1	2648	2648	5,04
Mágneses ΔZ , ΔT	1	271	271	0,51
Mágneses légi ΔT	25	0	0	0,00
Tellurika (TE)	10	20	200	0,38
Magnetotellurika (MT)	50	21	1050	2
VESZ (nagy mélységű)	10	31	310	0,59
Összeg			24 229	46,12

Referenciaterületre normált érték: 0,5

³ Egy általánosabb kibővített földtani megkutatottsági index további vizsgálatokat is tartalmazhatna. Ezek közül a hidrodinamikai kúteszketek tartjuk a legfontosabbnak, mint a kitermelhetőség megítélését leginkább befolyásoló tényezőt. A hidrodinamikai vizsgálatok megléte, javaslatunk szerint, másfélszer növelheti az ismeretességi indexet a fúrással feltárthoz képest. A megfelelő mélységű fúrás jelenléte is önmagában kétszeres szorzót jelent a javaslatban. A fluidumbányászatban a közvetlen magvizsgálatoknak nincs túl nagy jelentősége, miután azok pontszerűek, és nem is az eredeti állapotot képviselik, ezért általában nem reprezentatívak. Nagy jelentőséget tulajdonítunk még a vízkémiai vizsgálatoknak.

sában betöltött mértékét. Természetesen lehet ennél jóval árnyaltabban különbséget tenni az egyes mérésfajták közt, azonban ahhoz jóval részletesebb statisztikára volna szükség, ahol a különböző fúrólukinformációk között is különbséget teszünk. Példának okáért az akusztikus, illetve a sűrűség és a neutronporozitás mérése jóval nagyobb értékűvé teszi fúrás, mert ezek valamennyien porozitáskövetők, és mint ilyenek a kvantitatív értelmezés alapját képezik.

Ennek megfelelően a megkutatottsági index táblázatában az egyes mérésfajtáknak súlyfaktort adtunk, amely az egyes méréseknek, mint a statisztikai egységeknek az információs súlyát fejezi ki. Az 5. oszlopban az összeg a folyamatos megkutatottsági index. Az 5. oszlop alapján az etalonterület területre normált értékét (390) egységnyinek tekintve egy 0,5 egység ugrásokkal kategorizált ismertségi számot adtunk a területnek. Ezen eljárás során nem vesszük figyelembe külön súllyal, hogy egy összletről van-e fúrásos információ, vagy azon belül hidrodinamikai információ. A 3D szeizmika és kellő számú digitális karotázsmérés látszólag pótolja a megfelelő mélységű, a céltérfigatot harántolt fúrás, ami hátrányosan érintheti egy adott terület értékelésének hitelességét.

Véleményünk szerint valójában semmi nem kompenzálhatja a vizsgálandó objektumot harántoló fúrás hiányát. Ezért szükséges az értékelési szempontokat tovább finomítani. A fentieket figyelembevevő *módosított megkutatottsági indexben* bizonyos paraméterek meglétéhez kötjük a magasabb ismertségi osztályba sorolást hasonlóan az ausztrál–kanadai rendszer ismeretességi kategóriájához. Az ismertség jobb differenciálása érdekében különbséget kell tenni azon területek közt, ahol van 3D szeizmika és ahol nincs. Javasoljuk, hogy ahol van megfelelő mélységű fúrás és 3D szeizmika is, ott a szorzó legyen 2, azaz ha az eredeti megkutatottsági index 0,5 lenne, akkor az 1-re javul. Ahol nincs 3D szeizmika, ott az ismertség mérőszámát 0,75-tel szorozzuk. Azaz 3D szeizmika és fúrás hiányában a szorzó 0,75. Ha van már fúrás a területen, de 3D szeizmika nincs, akkor ez a szorzó 1,5 lenne, míg ha 3D szeizmika van, de megfelelő fúrás nincs, akkor csak 1. Azaz a fúrás meglétének előnye nem ronthatja le még a 3D mérés hiánya sem.

Az ezt is figyelembevevő *módosított megkutatottsági indexben* a megkutatottságot több osztályba soroljuk, amely az alábbiak szerint illeszkedik az ausztrál–kanadai rendszer kategóriáihoz:

— *Fúrással nem feltárt vagyon*⁴: értékszorzó 1, mely a következtetett geotermikus vagyonnak felel meg

— *Fúrással, de hidrodinamikai vizsgálatok nélkül feltárt vagyon*⁵: értékszorzó 2, amely a felderített geotermikus vagyonnak felel meg.

— *Fúrással és hidrodinamikai méréssel is feltárt va-*

*gyon*⁶: értékszorzó 3, amely a megkutatott geotermikus vagyonnak felel meg.

Az ausztrál–kanadai rendszer, az eddig alkalmazott Magyar Ásványvagyon rendszer és az MFGI által 2013-ban javasolt rendszerek megfeleltethetőségét tartalmazza a 2. elektronikus melléklet.

Gyakorlati példa

A már értékelt területeken az új szempontok szerinti értékelés az UNFC szempontok érvényesítése érdekében elsősorban az ismertséget használó kategorizáláson alapuló ausztrál–kanadai kóddal kapcsolja össze a területek érték-sorrendjét. Az értékelés a már az interneten is nyilvánosan hozzáférhető koncessziós vizsgálati jelentésekre alapoz. A 17 terület közül a javított megkutatottsági index szerint négynek nem változott a sorrendszáma, míg a területnagyságra normált érték vizsgálatával nyolc esetben változik a sorrendszám. A változás a legtöbb esetben csak egy-egy hely, kivéve azon terület esetében, amely a 2500 m-nél mélyebb fúrás hiányában jelentősen hátrébb sorolódott az ismertségi rangsorban. Az *V. táblázat* az eddigi 17 koncesszióra javasolt területből négynek az aktualizált értékelését tartalmazza. A fajlagos értékfaktor szerinti sorrendben a sorszám és a területarányos értékfaktor szerinti sorszám a táblázat jobb szélén található az egyes területeknél. Az értékek azt fejezik ki, hogy az 5 km mélységig tárolt hőmennyiségnek hányad része a vízzel kitermelhető, illetve hányad része a repedésekkel átjárt rész (hozzáférhető) hő-tartalma. A hagyományos vízzel, visszasajtolás nélkül kitermelhető hőmennyiség és a hozzáférhető hőmennyiség egyaránt a repedésekkel átjárt térfogatrészből származik.

Az UNFC értékelés G-tengelyének kategóriáihoz elsősorban a vagyon nagysága szerinti kategóriák megadásakor tekintetbe kell venni azonban, hogy megfelelő mélységű fúrás nélkül bármely értékelés nagymértékben becsléseken alapul.

Az említettek miatt ezeken a javasolt területeken érdeemesnek tartjuk annak további vizsgálatát, hogy miként ültethető át a gyakorlatba az UNFC három tengelyen megjelent szempontrendszer.

Vállalkozókkal való konzultáció során felvetődött, hogy a földtani ismertség nem feltétlenül egy terület értékét növelő előny. A földtani ismertség (megkutatottság) értéke valójában a kívánt termelési szinttől függ. Nagy elvárt termelés esetén a túl jó ismertség azt jelentheti, hogy már nincs mit keresni, az adott mérettartományban már minden rezervoárt megtaláltak. Ellenben kisebb mértékű elvárt

kiterjedésére irányuló direkt mérések alapján igazolható. A felderített geotermikus vagyon kitermelhető része és a kihozatali tényező értéke kielégítő biztonsággal becsülhető. A lényeg, hogy legalább egy a feltételezett tárolót harántoló fúrás van.

⁶Megkutatott geotermikus vagyon (Measured Geothermal Resource): Magas megbízhatósági szinten becsülhető geotermikus vagyon. A megkutatott geotermikus vagyon a tároló hőmérsékletére, kiterjedésére vonatkozó direkt mérések, illetve a lefűrt kútban elvégzett helyszíni (kútvizsgálat és karotázs) mérések alapján magas megbízhatósági szinten meghatározható. A kapacitásvizsgálatok, illetve egyéb tesztek alapján a megkutatott geotermikus vagyon kitermelhető része és a kihozatali tényező értéke is megbízhatóan becsülhető.

⁴A következtetett (Inferred Geothermal Resource): Alacsony megbízhatósági szinten becsülhető geotermikus vagyon. A következtetett geotermikus vagyon esetén a tároló kiterjedése és kapacitása feltételezett, fúrással nem feltárt, azonban egyéb mérési adatokon alapuló földtani megfontolásokból, analógiákból következtetni lehet rá.

⁵Felderített geotermikus vagyon (Indicated Geothermal Resource): Előre definiált megkutatottsági indextartomány alapján közepes megbízhatósági szinten becsülhető geotermikus vagyon. A felderített geotermikus vagyon a tároló hőmérsékletére és

V. táblázat: A geofizikai megkutatottságot jellemző adatok a kijelölt területeken
 Table V. Characteristic data of geophysical research index for assigned areas

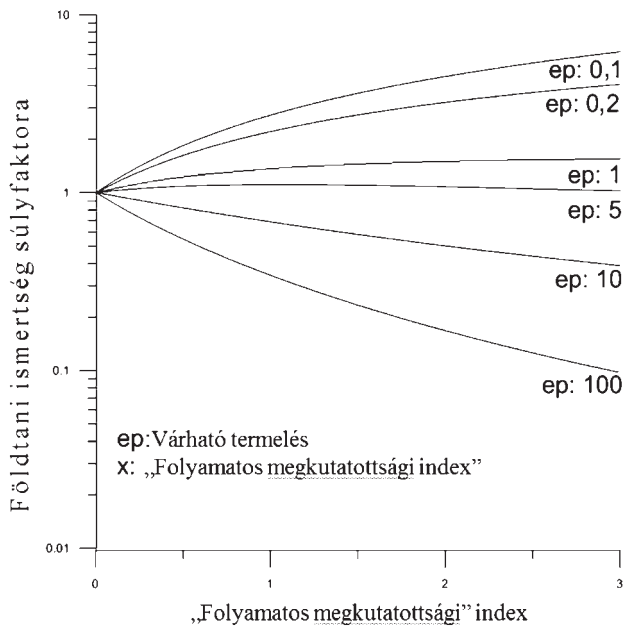
1	Tétel	Súlyfaktor		'A' terület		'B' terület		'C' terület		'D' terület	
		Etalon terület (db vagy %)	Mennyiség (db vagy %)	Mérés pontterke (súlyfaktor*darab)	Territória normált pontterke* (db vagy %)	Mérés pontterke (súlyfaktor*darab)	Territória normált pontterke* (db vagy %)	Mérés pontterke (súlyfaktor*darab)	Territória normált pontterke* (db vagy %)	Mérés pontterke (súlyfaktor*darab)	Territória normált pontterke* (db vagy %)
2											
3	2500 m-nél mélyebb fúrás [db]	10	1	250	0,48	9750	23,25	0	0,00	3000	7,52
4	Digitális mélyfúrás-geofizika [db]	5	1	250	0,48	0	0,00	2750	7,67	750	1,88
5	Geotermikus adat [db]	34	43	4300	8,22	4000	9,54	5700	15,90	1300	3,26
6	VSP * (és szeizmokarotázs) [db]	2	7	700	1,34	400	0,95	900	2,51	1700	4,26
7	3D szeizmika * [%]	93,37	0	0	0,00	2697	643,06	3247	905,72	396000	992,98
8	2D szeizmika * [db]	61	57	14250	27,23	29000	69,15	107	26750	17500	43,88
9	Gravitációs mérés [db]	1	166	2648	5,06	727	1,73	422	1,18	2161	5,42
10	Mágneses dZ, dT mérés [db]	1	271	271	0,52	199	0,47	163	0,45	1088	2,73
11	Légi mágneses dT felmérés [%]	25	179	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
12	Tellurika (TE) [db]	118	20	200	0,38	1310	3,12	720	2,01	680	1,71
13	MT mérés [db]	50	28	1050	2,01	6200	14,78	0	0,00	3450	8,65
14	VESZ (nagy mélységű) [db]	0	31	310	0,59	70	0,17	50	0,14	20	0,05
15	Megkutatottsági index			2,42E+04	46,29	3,21E+05	766,23	3,62E+05	1010,20	4,28E+05	1072,34
16	Sorrend (területre normált)			IV.	IV.	III.	III.	II.	II.	I.	I.
17	Sorrend a megkutatottsági index szerint			IV.	IV.	III.	III.	II.	II.	I.	I.
18	Etalon területre normált megkutatottsági index	1			0,50		2,00		2,50		2,50
19	Korrekció (**) értékszorzó	2		2×0,75		2		1		2	
20	Korrigált megkutatottsági index			3,63E+04	69,45	6,42E+05	1532,00	3,62E+05	1010,20	8,56E+05	2140,00
21	Sorrend a korrigált megkutatottsági index szerint			IV.	IV.	II.	II.	III.	III.	I.	I.
22	Sorrend a területre normált javított megkutatottsági index szerint			IV.	IV.	II.	II.	III.	III.	I.	I.

Jelmagyarázat: Területenként az 1. oszlop: darabszám, 2. oszlop: súlyfaktor darabszám, 3. oszlop*: területre normált súlyfaktor darabszám

A 16., 17. és a 18. sor mutatja a területek megkutatottsági szerinti sorrendjét az eddig használt szempontok szerint.

A 19. sorban az egyes területek módosított értékszorzói szerepelnek: nincs 3D szeizmika a területen - értékszorzó: 0,75; 2500 m-nél mélyebb fúrás van már a területen - értékszorzó: 2; Nincs meggeotermikus mező feltáró fúrás a területen - értékszorzó: 1; Fúrással feltárt és hidrodinamikai méréssel rendelkező kategória - értékszorzó: 3.

A 20., 21., 22. sorban a korrigált értékek szerepelnek: Narancssárga szín: Az eredeti értékelés szerint előrébb került a sorrendben, Zöld szín: nincs változás a sorrendben, Kék szín: az eredeti értékeléshez képest hátrébb került a sorrendben.



1. ábra. A javasolt földtani ismertségi súlyfaktor függése a megkutatottsági indextől. A folyamatos megkutatottsági index a IV. táblázat összeg sorának a logaritmus

Figure 1. The recommended weight factor of geological knowledge as a function of research index with the parameter of demanded productivity (The continuous research index is the logarithm of the bottom row of Table IV)

termelést könnyebb teljesíteni, mivel valószínűbben valósul meg. Ezt próbafüggvényben is megjelenítettük (1. ábra, ZILÁHI-SEBESS & BODA 2015). A folyamatos megkutatottsági index a II. táblázat összeg sorának a logaritmus. A javasolt földtani ismertségi súlyfaktor viszont egy olyan szám, amit a területértékelés alapján valóban célszerű használni, mivel az nem tartható álláspont, hogy az értékelés során egyszerűen hagyjuk el a megkutatottságot. Az egyes görbék paramétere a várható termelési érték, ami az ábrán csak egy fiktív és relatív szám, azaz nem jelent valóságot, az ábra alapján közvetlenül fizikai egységben (a geotermikában pl. PJ-ben) kifejezhető értéket.

Más szavakkal, mivel a terület értékét akarjuk kifejezni, simán egy megkutatottsági mérőszám nem fejezi ki azt, hiszen nagy várható termelési igénynél a lehetséges új találat esélyét rontja a túlzott ismertség, ám ha csak kis termelési szintet tervezünk, akkor az ismertség előnyös. Az természetesen nyitott kérdés marad, hogy egy adott technológiánál melyik az a termelési szint, ahol hátrányos a több ismeret.

Összegzés

A geotermikus kutatás szempontjából perspektivikus területek értéksorrendjének megállapításához a földtani–vízföldtani viszonyok mellett figyelembe kell venni a geotermikus energia kinyerésének megvalósíthatóságát és a gazdasági–társadalmi életképességét is. Ez messze túlmutat a hazánkban elterjedt földtudományokon alapuló készletbecslésen.

A területi értékelés során meghatározott módosított ismertségi értékek segítségével a minősített területek megfeleltethetők az ausztrál–kanadai rendszer kategóriarendszerének:

- Fúrással nem feltárt értékszorzó 1, mely a *következtetett* geotermikus vagyonnak felel meg
- Fúrással hidrodinamikai vizsgálat nélkül; értékszorzó 2, amely a *felderített* geotermikus vagyonnak felel meg.
- Fúrással feltárt és hidrodinamikai mérésel rendelkező kategória; értékszorzó 3, amely a *megkutatott* geotermikus vagyonnak felel meg.

A kanadai–ausztrál szemléletű vagyon- / készletnyilvántartáshoz közelítő hazai nyilvántartási rendszer kialakítása, azaz a harmonizáció nem oldható meg egyszerűen a meglévő nyilvántartási adatok átszámításával. A hazai geotermikus prognózisok mindegyikében volumetrikus készletbecslési módszert használtak a szerzők, ezért azokban valójában nem jelenik meg a kitermelhetőség fogalma.

Geotermikus készleteket csak ott lehet megállapítani, ahol geotermikus védőidom kijelölésre került, és abból megkezdődött a geotermikus energiatermelés. A készlet-számítási adatok itt alapvetően az elfogadott kutatási zárójelentés vagyonadatai alapján végezhetőek el.

Nincs egységesen elfogadott nemzetközi osztályozási rendszer. A hazai gyakorlatban összemosódik a geotermikus vagyonszámítás és a geotermikus vagyonsztyálozás. Végetül pedig megállapítható, hogy a jelenlegi hazai osztályozás nem felel meg egyik nemzetközi rendszernek sem.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők megköszönik az MBFSZ vezetőjének, Dr. FANCSIK Tamás elnök úrnak, hogy támogatta a tanulmány megjelenését, valamint megköszönjük a lektorok különösen ÁDÁM László előremutató megjegyzéseit ezzel a nem hagyományos, jelenleg is fejlesztés alatt álló témával kapcsolatban.

Irodalom — References

- AGRCC — Australian Geothermal Reporting Code Committee 2010a: The Geothermal Reporting Code, Edition 2. — Australian Geothermal Energy Group and The Australian Geothermal Energy Association, 34 p.
- AGRCC — Australian Geothermal Reporting Code Committee 2010b: Geothermal Lexicon for Resources and Reserves Definition and Reporting, Edition 2. — Australian Geothermal Energy Group and The Australian Geothermal Energy Association, 90 p.

- BOBOK E. 1987: *Geotermikus energiatermelés*. — Tankönyvkiadó, Budapest, 246 p.
- BOBOK E. & TÓTH A. 2010: A hazai geotermikus energia agyon, kinyerő és hasznosító berendezések nyilvántartási rendszerének kidolgozása. — *Kézirat*, Geo-Energy Kft. MÁFGBA, Budapest, T.22097.
- BOLDIZSÁR, T. 1967: Terrestrial heat and geothermal resources in Hungary. — *Bulletin Vulcanologique* **30**, 221–227.
- CGCC — The Canadian Geothermal Code Committee 2010: The Canadian Geothermal Code for Public Reporting. — Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and Geothermal Reserves, <https://www.cangea.ca/uploads/3/0/9/7/30973335/canadiangeothermalcodeforpublicreporting.pdf>
- DOLLE, N. & FALCONE, G. 2009: Examples of Petroleum Resource Classification using the UNFC-2009. — *Kézirat*, 28 p.
- LIEBE P. (szerk.), BÖCKER T., ERDÉLYI M., LORBERER Á., MIKE K., NAGY A., SZÉKELY F., ÁGOTAI GY. & BALOGH V. 1982: Az ország egyes régióin, területrészein a geotermikus potenciál meghatározása. — *Kézirat*, MFT munkabizottság. 1982. szeptember, MÁFGBA, Budapest. T.17968
- LORBERER Á. 2004: A geotermális energiahasznosítás hazai fejlesztési koncepciója 2010-ig. — *Kézirat*, VITUKI.
- NÁDOR A. 2016: A geotermikus energiavagyon nemzetközi osztályozási és jelentési rendszerei és a hazai adaptáció első lépései. — *Földtani Közlöny* **146/2**, 123–134.
- REZESSY G., SZANYI J. & HÁMOR T. 2005: Jelentés a geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának előkészítéséről. I. fázis. — *Kézirat*, MÁFGBA, Budapest, T.21276, (CD).
- Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for fossil energy and mineral reserves and resources 2009 (UNFC-2009), Annex III. Bridging document between CRIRSCO Template and UNFC-2009. — https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009_RE_Specs_publcomm_14/RE_Specs_12.06.2014.pdf, 17–22.
- ZILÁHI-SEBESS L., MERÉNYI L., PASZERA GY., TÓTH GY., BODA E. & BUDAI T. 2012: A hazai ásványi nyersanyag-potenciál. 5. Geotermikus energia (Háttér tanulmány). — *Kézirat*, Nemzeti Energiastratégia, Készletgazdálkodási és hasznosítási cselekvési terv. MFGI, Budapest, 84 p.
- ZILÁHI-SEBESS, L. & BODA, E. 2015: Recommended principles of the qualifications of geothermal plays. — Extended abstract, 7th HR–HU and 18th HU Geomathematical Congress, 21–23 May, 2015, 5 p.
- Kézirat beérkezett: 2016. 09. 13.