

MAGYARORSZÁGI TELEPÜLÉSI SZILÁRDHULLADÉK-LERAKÓK ENERGETIKAI CÉLÚ HASZNOSÍTÁSA

Imre Emőke¹ — Rácz Eryin¹ — Firgi Tibor² – Vikker Balázs²– Telekes Gábor² – Hortobágyi Zsolt³ – Tompai Zoltán³ – Kovács Kornél³– Ósz János³– Tóth László²— Mészáros János⁵— Elek István⁵— Alföldy-Boruss Márk²— Törös Endre⁶— Filep Tibor⁷— Subert István⁸

¹ Óbudai Egyetem, [KVK VEI](#) ² Szent István Egyetem, ³ BME, ⁴ Szegedi Tudományegyetem, ⁵ ELTE TTK, ⁶ MFGI, ⁷ MTA ATK TAKI, ⁸ Andreas Kft

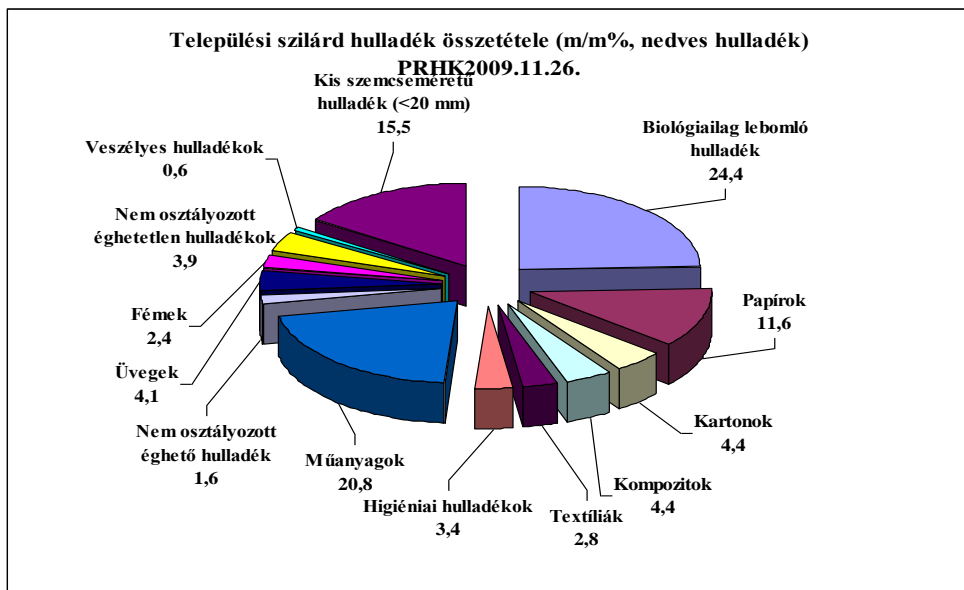
Kulcsszavak

depóniagáz, megújuló energia, szél erőmű, naperőmű, vidékfejlesztés

1 BEVEZETÉS

A közelmúltban létesült mintegy 60 korszerű hulladéklerakó depóniagáz kármentesítéséről gondoskodni kell. Ezen kívül mintegy 2500 régebbi lerakó van, ahol ugyancsak számolni kell a depóniagáz hatásával. A hulladék tipikus összetétele az 1. ábrán látható.

Kérdés, hogy a depóniagáz energetikai hasznosítása, és ennek keretében mini-erőművek ([1, 2, 3]) tervezése milyen hatással lehetne a hazai energiaellátásra. E témakör keretében felvetődik annak vizsgálata, hogy miként oldható meg a szél erőmű alapozása a hulladékdomb tetején.



1. ábra A hulladék összetétele [1].

2 ENERGETIKAI VONATKOZÁSOK

A depóniagáz egyedi hasznosítás lehetőségei a következők.

- gőzkazánban tüzelőanyagként
- gázmotor tüzelőanyagaként villamos energia és hő előállítására
- mikro gázturbina tüzelőanyagaként (100 kW-ig)
- belsőégésű motorok üzemanyagaként
- tüzelőanyag cellákban villamos energia és hő előállítására
- földgázhálózatokba betáplálva.

A depóniagáz kombinált energetikai hasznosítása smart grid rendszerben más megújulókkal:

- geotermikus erőművel
- hőszivattyúval
- napenergiával (a lerakó felületén alapozva)
- szélenergiával (a lerakó tetején alapozva).

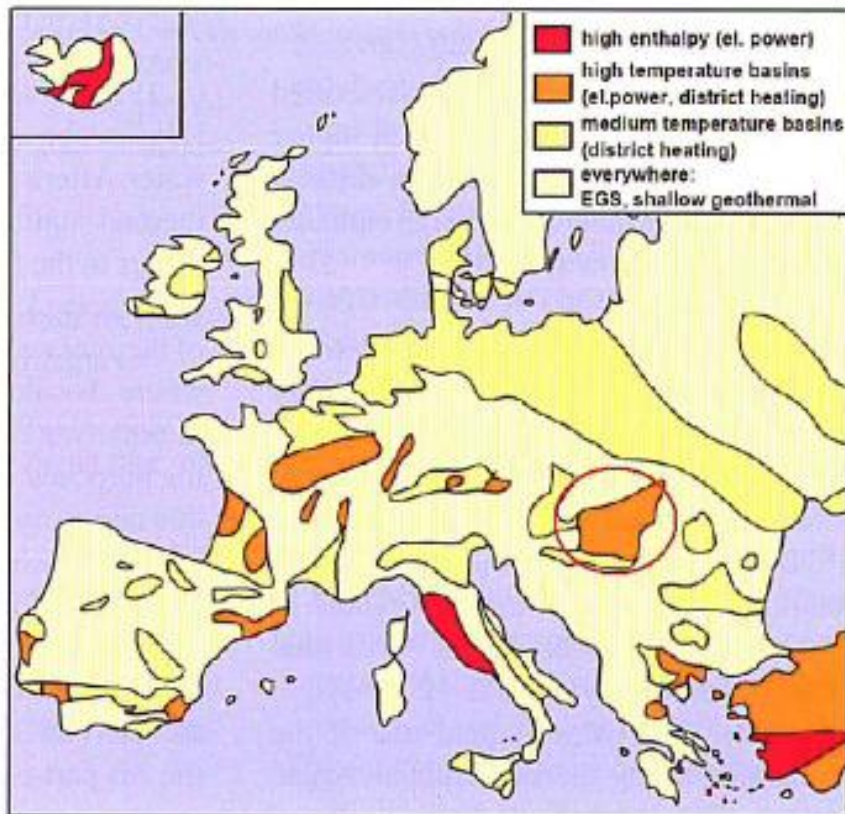
A depóniagáz tisztítva, vagy metanollá alakítva tárolható. A metanol előállítása kombinálható a (foto)villamos energia-termeléssel.

3 GEOTERMÁLIS ADOTTSÁGOK

Magyarország geotermális adottságai kiemelkedően kedvezőek (2. ábra, [5,6,7]), hazánk Európa harmadik legnagyobb geotermikus energia készletével rendelkezik (Olaszország és Izland után.)

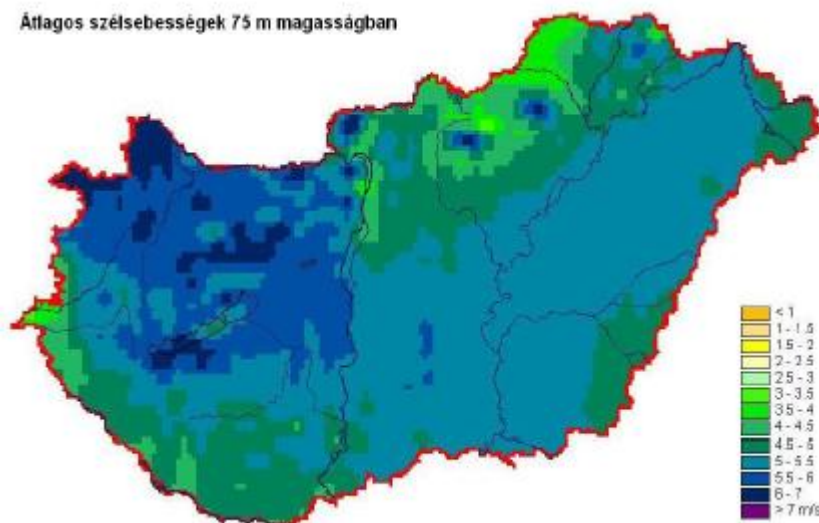
A geotermikus gradiens országos átlaga - hazai mérések alapján - 18 m/°C, ami a 33 m/°C-os világtátlaghoz képest jelentősen eltér. Ennek fő oka az, hogy az ország területe alatt található földkéreg vékony.

A depónia gáz geotermikus erőművekben rásegítő tüzelő-anyagaként is használható a 85 °C magasabb hőfokú vizek esetén (pl. Makó, Harkány stb).



2. ábra Magyarország geotermális adottságai [5]

Átlagos szélességek 75 m magasságban



3. ábra Magyarország szél-adottságai [8]

4 SZÉLENERGETIKAI ADOTTSÁGOK

Magyarország széltérképe (3. ábra) a 10 m magasan mért szélességek 75 m-re való extrapolálásával készült [8]. A szélenergetikai hasznosítására azok a területek jöhetnek szóba elsősorban,

ahol (75 m magasságban) az évi átlagos szélesség 5 m/s-nál nagyobb. A széltermő-parkok létesítése főleg Északnyugat-Dunántúlon gazdaságos, amit az eddigi hazai gyakorlat is alátámaszt.

Megállapítható azonban, hogy ha a 100 m magasságban mért szélességeket vizsgálva eltérő a szélterkép ([10,11]), 100 m relatív magasságban egyenletes és kiváló a szélenergia-potenciál.

Így tehát a települési szilárdhulladék lerakó dombokon előnyösen telepíthetők szélturbinák (és napenergia egységek). A gáz, szél és napenergia minden lerakó esetén smart grid rendszerben hasznosítható.

5 ÁLTALÁNOS HULLADÉKLERAKÓ ADATGYŰJTÉS

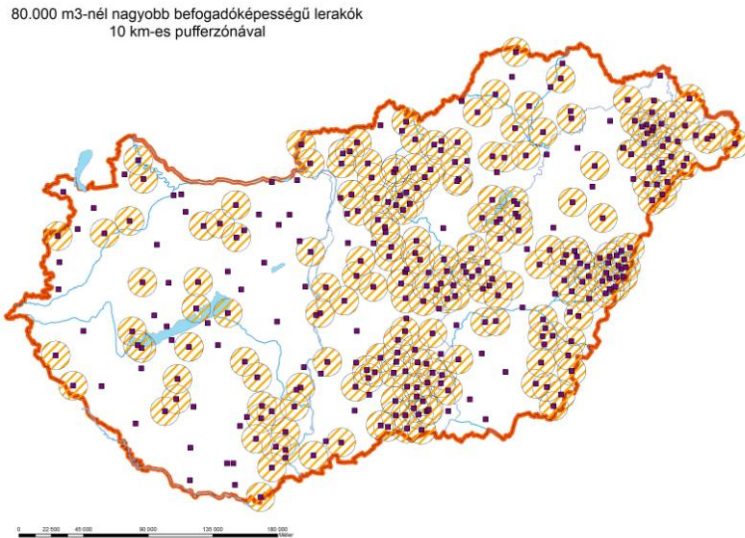
A hazai 12 tájegység nagyobb kommunális lerakóiról készült felmérés szerint 2005-ben 125 olyan közepes lerakó volt, amely működött. Mintegy 60 nagyobb lerakó működött 2009 után.

Megállapítható, hogy ha a hazai nagyobb lerakóknál sor kerül a depóniagáz hasznosítására, a 15 km-es puffer zóna mintegy 2000 települést, és a lakosság kb 60 %-át érinti (4-6. ábra).

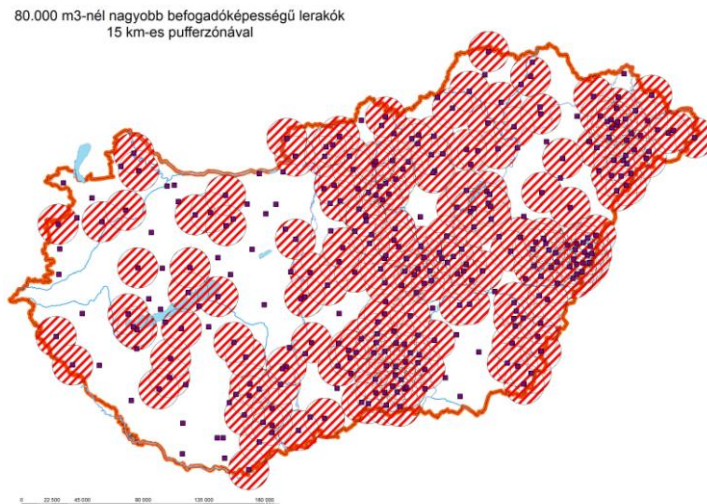
A kutatás eredménye alapján megállapítható, hogy a Magyarországon 2009-ben felhasznált 41 TWh_e/év elektromos energia kb. 2-6%-os hányada állítható elő depóniagázból a paraméterek felvételének függvényében. A hulladék kombinált energetikai hasznosítása esetén (kombinálás széltermővel) a fenti érték megduplázható.



4. ábra A 80.000 m³-nél nagyobb kommunális hulladéklerakók 5 km-es zónái



5. ábra A 80.000 m³-nél nagyobb kommunális hulladéklerakók 10 km-es zónákkal



6. ábra A 80.000 m³-nél nagyobb kommunális hulladéklerakók 15 km-es zónákkal

6 GEOTECHNIKAI-STATIKAI VIZSGÁLATOK

A gravitációs alapú szélerőmű alatt a hulladék felső része tömörítendő a szélerőmű építése előtt. Erre egy, a csavarási igénybevétel felvételére alkalmazott geo-textília, majd e fölé egy méter (homokos) kavics vagy zúzottkő kerül. A várható nagy süllyedések miatt adaptív szerkezet épül. A süllyedésszámítás során feltételezett gravitációs gyűrű alap átlagos átmérője 22 m. A hulladék fizikai jellemzői a Pusztazámori Hulladéklerakó területén végzett izotópos tömörségmérésből, szeizmikus mérésekből, és

kompresziós kísérletekből kerültek meghatározásra (7-8. ábra). A süllyedést az átlagos ágyazási tényező egy tartománya alapján az AxisVM FEM szoftver segítségével kiszámolva, értéke néhány méterre adódott az alábbi táblázat szerint. A legvalószínűbb ágyazási tényező érték esetén a karsruhe-i lerakó esetén mért, közel két méteres süllyedés érték adódik.

1. Táblázat

Ágyazási tényező(kPa/m)	z irányú elmozdulás (mm)
10	6441,52
20	3220,71
30	2147,11
100	644,07
2000	32,12

7 TÁRGYALÁS, ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarország 2020-ban kötelezően elérendő megújuló energia felhasználási részaránya 13%; azonban az ország ennél magasabb, 14,65%-os részarány elérését tűzte ki célul 2011-ben, a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben. A hivatalos statisztikai adatok alapján a részarány 2015-ig minden évben 10% alatt volt, azonban egy 2017 év eleji újraszámítással visszamenőlegesen korrigálásra kerültek az adatok. Az újraszámítás eredményeként 2009 és 2010 között megduplázódott a biomassa fűtési célú felhasználása és ezzel Magyarország gyakorlatilag a cselekvési terv megfogalmazása óta folyamatosan teljesíti az EU-s elvárást, 2013-ban pedig a 14,65%-os részarányt is [14]. Mivel várhatóan az EU 2030-as 30%-os megújuló energia részarányának biztosításához a 2020-as érték megtartásának köteleységén túl csupán önkéntes vállalásokat kell tennie az államoknak, Magyarországot e téren nem fogja kötni felülről meghatározott célkitűzés a következő bő évtizedben.

Jelen pillanatban tehát a hazai megújuló energia politika úgy értékelhető újra, hogy a növekedést lényegében nem determinálja külső kötelezettség. Ugyanakkor már a részarány fenntartásához is szükségesek lehetnek újabb, pótlólagos beruházások.

A jövőbeli megújuló energia felhasználáshoz a kutatás során felmért depóniagáz-kincs hozzájárulhat, amennyiben megfelelő (biodegradációs) technológia alkalmazása révén biztosítható a relatív egyenletes termelőds.

A depóniagáz szélturbinákkal kombinált hasznosítása szintén megfontolandó, ha megoldható a szélerőművek adaptív szerkezettel történő alapozása. A szélerőművek típusának, anyagának megválasztása további kutatást igényel.

Megállapítható továbbá, hogy a geotermikus energiakincs depóniagázzal együtt történő hasznosítása esetén a megújuló energia termelés mértéke szintén növekedhet, ha a gázt 85 °C magasabb hőfokú vizek esetén geotermikus erőművekben rásegítő tüzelőanyagként használják.

A lerakó belsejében vagy a környező talajvízben lévő hő hőszivattyúval hasznosítható, amennyiben kombinált hő és villamos energia-termelés a cél.

A hulladékdombra naperőmű helyezhető. A hazánkban eddig megépült legnagyobb naperőmű (Gyöngyös) meddőhányón épült. Ennek adatai alapján megállapítható, hogy a nagy lerakókon – ahol 105000 m² nem É-i fekvésű felület rendelkezésre áll – 10 MW naperőmű minimálisan telepíthető, de adaptív szerkezet szükséges a lerakó süllyedése miatt. Valójában 100-200 MW is telepíthető pl. a Pusztazámori lerakó egyetlen ütemének területére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálat a Jedlik Ányos NKFP B1 2006 08 projekt és a Norvég HU-0121 projekt keretében készült, Professor Brauns, Professor Ian Fleming, Dr. Hecker Gerhart és Kovács Andrea segítségével, részvételükért ez úton is köszönetet mondunk.

IRODALOM

- [1] Karlsruhe energy hill; <http://www.windmuehlenberg-karlsruhe.de/technik/index.htm> and <http://karlsruher-sonnendaecher.de/kasd/public/sopaI/muelldeponiewest?type=system>
- [2] Fleming, I.R. Fleming, M.A. Sharma J.S. (2011) Cyclic loading of waste for design of a wind turbine foundation on a landfill. Proc Sardinia 2011, 13th Int Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 3 - 7 October 2011 CISA Publisher, Italy
- [3] Orth, W.; Brauns, J. (1999) Gründung einer Windkraftanlage auf der Hausmülldeponie Karlsruhe-West Bautechnik 76 (1999), No. 9
- [4] Varga G. (2011): Geotechnical Aspects of Bioreactor Landfills. *Periodica Polytechnica. Ser.Civ.Eng.* doi: 10.331/pp.ci.2011-1.05. Vol. 55, 1:39-44.

- [5] Szanyi, J (2008) Geothermal energy for communal use – technology and research. 2nd International Conference: Geothermal Energy in Eastern Europe, Budapest, April 2008 (EGEC)
- [6] Dövényi P., Rybach L., (2006): EGS prospects in Hungary: ENGINE Launching Conference, Orléans.
- [7] Árpási, M. (2005) Geothermal update of Hungary 2000-2004. Proc. of World Geothermal Congress.
- [8] Dr. Ósz János (2013) Energetika ISBN 978-963-313-093-3
- [9] Imre L. „Environmental effects of energy sources”, ‘Postgraduate University Notes’, BME, Budapest, 2005.
- [10] Dr. Tóth László (2014) „Hazánk szélenergia potenciálja, szélérőmű lehetősége a hulladék depónián” MTA Vegyipari Gépészeti Munkabizottsági ülés 2014. április 04.
- [11] Dr. Tóth László
- [12] Imre E, Fleming J (2012) Energia domb. Proc of 13th ENELKO 2012. Gyulafehervar, Romania, ISSN 1847-4546, p. 96-102.
- [13] Imre Emőke, Firgi Tibor, Vikker Balázs, Szendefy János, Hortobágyi Zsolt, Kovács Kornél, Ósz János, Mészáros János (2013) A HAZAI HULLADÉKLERAKÓ DOMBOK ENERGETIKAI FELHASZNÁLHATÓSÁGA XIV. Energetika-Elektrotechnika (ENELKO) és XXIII. Számítástechnika és Oktatás (SzámOkt) Konferencia kiadvány 60-64. ISSN 1842-4546.
- [14] Eurostat, SHARES 2015 results (2017)
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>



7. ábra Izotópos tömörségmérés.



8. ábra Kompressziós kísérlet