

# Települési villamos energia önellátás meghatározásának módszerei

## The methods of determination of settlement's electricity self-sufficiency

### B. KULCSÁR

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Ipari folyamatmenedzsment Intézet, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, kulcsarb@eng.unideb.hu

*Absztrakt. A technológiai fejlődéssel elérhető közelségbe került az energiaváltás gondolata. Az átállás a fosszilis energiahordozókról a megújuló energiaforrásokra jelenleg területi kiterjedés kérdése, vagyis települési regionális vagy globális szinten érhető el. Jelen tanulmány, a települési szinten megvalósított 100%-ig megújuló forrásokra támaszkodó rendszerek módszertanát vizsgálja. A nemzetközi szervezeteken és esettanulmányokon keresztül rendszerezi a teljes megújuló alapú energiaellátáshoz vezető út módszereit, valamint vizsgálja meg ez alapján a magyarországi településállomány önellátottsági szintjét, sajátos módszereket alkalmazva.*

*Abstract. The Idea of the Energy Change became in available proximity with the technological development. The change from the fossil energy to the renewable energy sources is a question of the territorial extension's question now, so the change is available on settlement, regional, or global level. This study analyses the method of those settlement systems, which achieved the 100% renewable energy systems. It categorizes the methods which lead to the all renewable energy supply based system and the current study examines the self-sufficiency level of the Hungarian settlements through the international organizations and case studies and applying its own methods.*

### Bevezetés

A 20. század második felében világméretűvé váló ipari termelés, kereskedelem és fogyasztás következtében egyre erősödő környezetterhelés, sorban kapcsolta be a vészcsengőket, kezdetben a tudományos élet szereplői körében. A szennyezés egyik legnagyobb felelőseként számon tartott energiaszektor területén is megindult a gondolkodás, hogyan lehetne a véges fosszilis energiaforrásokat kiváltani, a légszennyezést csökkenteni és az energiatermelést fenntartható pályára állítani. A kutatások eredményeként egyre bővülő megújuló energiaforrások és azok hasznosítására kidolgozott technológiák felvillantották a lehetőségét: vajon átállítható e az energiatermelés teljesen megújuló alapokra és ha igen, akkor ez milyen területi és időléptékben valósítható meg. Számos tanulmány született arról, mely szerint e vízió technikailag 2030 és 2050 között megvalósítható. Ma már a megújuló energiaforrások viharos gyorsaságú és világméretű terjedése során egyre több település, kistérség, régió és ország tűzi ki célul energiaigényének kielégítését 100%-ig megújuló forrásokból. Kérdés azonban, hogy a megvalósult projektek és a kitűzött célokhoz vezető út milyen módon épül fel.

# 1. Az energia önellátás gondolata 100%-ig megújuló energiaforrásból

Az energiaigények 100%-ának megújuló forrásból történő fedezése nemzeti szinten már 1975-ben felmerült Dánia esetében (Sørensen, 1975), majd ezt további elméletek (Lovins, 1976) és szoftveres modellek követték világszerte (Lund, 2006). Magyarországon az első számítógépes modellezés az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékén készült (Munkácsy, 2011). Az energiaváltás melletti első kormányzati kötelezettségvállalást 1998-ban Izland deklarálta, majd a „Marakesh Vision”-ban teljesedett ki (Marrakech Vision, 2016), ahol több – tegyük hozzá, a klímaváltozás negatív hatásainak leginkább kitett – állam vállalta energiarendszerének megújuló alapokra helyezését.

Települési szinten az egyik legkorábbi példa a bajor Wildpoldsried település volt, ahol a német megújuló energia törvény (Erneuerbare-Energie-Gesetz EEG 2000-2017) megszületését követően a település a teljes – villamos energia, hőenergia és közlekedési energia – ellátását megújuló alapokra kívánta helyezni, a helyben elérhető erőforrásokra támaszkodva (Rajgor, 2012). E példát további települések követték a falvaktól a nagyvárosokig (Sierra Club: 100% Commitments in Cities, Counties, & States).

## 2. Közösségi kezdeményezések

Számos szervezet működik a világon, amely globális és regionális szinten vizsgálja az energiarendszert, követi a trendeket, prognózisokat és scenáriókat alkot az energiarendszer jövőbeli alakulásáról, benne a megújuló energiaforrások szerepével: IEA, World Energy Council, IRENA, EREF, EREC, Bloomberg New Energy Finance, Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., U.S. EIA. Mindegyikre jellemző, hogy globális, regionális és nemzeti szinten vizsgálja a megújuló energiaforrások előre törését, valamint az energiaváltás megvalósíthatósági esélyeit és a cél elérésének lehetséges időpontjait. Az energiaváltás települési léptékű megvalósításával azonban a hivatalos szervezetek helyett inkább közösségi kezdeményezések és civil szervezetek foglalkoznak, illetve szervezik egységbe.

A 2013-ban, San Francisco-ban alapított Global 100% Renewable Energy egy világszintű platform, amely a 100%-os megújuló energia használatra való áttérést támogatja. Összekapcsolja, és globális hálózatot hoz létre a teljes energiaváltás támogatói között. Vezeti a „Global 100% RE” kampányt és gyűjti, szervezi a nemzeti, regionális és helyi szinten zajló kezdeményezéseket. Közvetítői szerepet játszik az érdekelt felek között, kampányol a politikai döntéshozóknál és esettanulmányokat, jó gyakorlatokat gyűjt a világ minden tájáról. A civil szervezet társadalmi, tudományos, ipari és politikai alapítóinak célja a 100% RE régiók globális hálózatának és szövetségének létrehozása, a villamosenergia termelés, a fűtés/hűtés és a közlekedési energia terén. Világszinten 154 települést tömörít. A 100%-os megújuló arány teljesítésének módját nem határozza meg, tehát a cél mind a helyi források, mind import energia felhasználásával teljesíthető (Global 100% RE).

Hasonló célkitűzései vannak a Go 100% Renewable Energy szervezetnek is, amely a 100%-os megújuló energiaforrásokra való átállást támogatja mind a villamos energia, a fűtés és a szállítás terén.

Interaktív térképet készít a világ 100%-ban megújuló energiával kapcsolatos projektjeiről. Oktató és népszerűsítő anyagokat publikál, de módszertant nem határoz meg. Globálisan 166 db projektet tart nyilván a lakóközösségektől az állami szintig (Go 100% Renewable Energy).

Az Egyesült Államokbeli Minneapolisban, 1974-ben alapított Institute for Local Self-Reliance (ILSR) egy nemzeti kutatási és technikai segítségnyújtási szervezet, amely keretet biztosít azoknak a kezdeményezéseknek, projekteknek, amelyek helyi erőforrásokat használva fenntartható energiapolitikát folytatnak és céljuk a 100%-os megújuló energia átmenet végrehajtása. Kidolgoztak egy osztályozási rendszert, mellyel az Egyesült Államok tagállamait minősítik az energiapolitika, az energiaválasztás szabadsága, a megújulóenergia-termelési helye és aránya alapján (Institute for Local Self-Reliance, ILSR).

Az amerikai Sierra Club – Ready for 100% kezdeményezése, számon tartja az Amerikai Egyesült Államok területén, a már 100%-ban megújuló energiát hasznosító településeket, valamint azokat, ahol kötelezettséget vállaltak ennek teljesítésére céldátummal. Jelenleg 84 ilyen település tartozik a Ready for 100% tagjai közé, amelyeket interaktív térképen is közzétesznek, valamint évente az új tagtelepülések jó gyakorlatai esettanulmányok keretében kerülnek bemutatásra (Sierra Club – Ready for 100%).

A 100% Erneuerbare-Energie-Regionen egy német fejlesztési projekt (Entwicklungsperspektiven für nachhaltige 100%-Erneuerbare-Energie-Regionen in Deutschland" – 100ee-Regionen), mely összekapcsolja azokat a régiókat és településeket, amelyek közép és hosszútávon teljes mértékben megújuló energiaforrásokat kívánnak alkalmazni mind a három nagy energiaigényű területen. Jelenleg 150 regionális szövetség, megye és település van Németországban, amelyek erre a célra törekednek.

A 100% Renewable Energy Sources Communities az előbbiekhöz hasonló szervezet, alapvető célja a megújuló energia hasznosításának népszerűsítése, elsősorban a rurális térségekben. Partnerei többek között a magyar Energiaklub Szakpolitikai Intézet Módszertani Központ is, amely települési rangsort állított fel a magyarországi települések között a megújuló forrásból biztosított villamosenergia, valamint a hőenergia aránya tekintetében (1. táblázat).

	Település	Megújuló arány a villamosenergia fogyasztásban (%)	Biogáz	Biomassza	Geotermikus	Víz	Nap	Szél
			Beépített teljesítmény (kW)					
1	Pannonhalma	40	700					
2	Pécs	34	750	85000			200	
3	Örményes	24	120					
4	Salgótarján	4	600					
5	Miskolc	1	500					
6	Pitvaros	1					31	
	Település	Megújuló arány a hőenergia fogyasztásban (%)	Biogáz	Biomassza	Geotermikus	Hőszivattyú	Nap	
			Beépített teljesítmény (kW)					
1	Pornóapáti	83						
2	Pécs	30		170000		1000	229	
3	Komló	19		18000			12	
4	Tata	13		12000			113	
5	Körmend	12		5000			8	
6	Szentendre	10		9000			30,38	
7	Hangony	9		600				
8	Mátészalka	8		5000			15	

9	Nagypáli	8		82			315,74
10	Dötk	7					37
11	Szigetvár	5		2000			
12	Baja	2		2500			
13	Bakonyszombathely	2		120			12
14	Szombathely	2		5000			336
15	Balatonakali	1					94
16	Gelse	1					250
17	Kehidakustány	1					150
18	Pitvaros	1					232
19	Pölöske	1					200
20	Szentgyörgyvölgy	1					128
21	Szolnok	1		3300			
22	Tihany	1					360

1. táblázat: Az Energiaklub települési rangsora a megújuló forrásból biztosított villamosenergia, valamint a hőenergia aránya alapján (Energiaklub Szakpolitikai Intézet Módszertani Központ)

Magyarországon az Energiaklub foglalkozik a hazai települések Fenttartható és Klíma Akcióterveinek kidolgozásával, valamint a helyi igényekre szabott szakmai tanulmányokat készít, tanácsadást végez (Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ).

A fenti szervezetek, tehát a 100%-os megújuló arány teljesítésének módját nem határozzák meg, a cél a lokális megújulóenergia-források hasznosításával, megújuló forrásból előállított import energia vásárlásával, energiacserével vagy energiakompenzációval, valamint a település területén külső befektetői forrásból létesített nagyerőművekkel is teljesíthető.

### 3. Módszertani vizsgálatok esettanulmányokon keresztül

A hivatalos energetikai szervezetek, a megújuló energiát támogató civil szervezetek, és a közösségi kezdeményezések sem határoznak meg követendő módszertant az eltérő földrajzi léptékű térségek megújuló energia ellátására vonatkozóan. A módszertan hiányában, a tagok energiaújtját, a célkitűzések megvalósítási módszereit tanulmányoztuk és az esettanulmányok alapján módszertani kategóriákat alkottunk. E kategóriákat a legjellemzőbb esettanulmányokon keresztül mutatjuk be ügyelve arra, hogy a lehető legszélesebb településméretből merítsünk példákat. E vizsgálatok alapján az alábbi kategóriákat lehetett azonosítani.

#### 3.1 A helyi szükségleteknek megfelelő mennyiségű, megújuló forrásból származó villamos energia beszerzése regionális forrásból

Az ausztráliai **Canberra**, villamosenergia-igényének 100%-os megújuló forrásból való biztosítását 2020-as céldátummal szándékozik elérni. A város három naperőművet és öt szélfarmot létesített, melyeket a Délkelet-Ausztrál régióba telepítenek és a nemzeti energiapiacra belül működnek. Jelenleg a Royalla Solar Farm és a Coonoer Bridge Wind Farm üzemel. A későbbi beépített összteljesítmény eléri a 650 MW-ot. A város a projekteket árveréseken értékesíti, majd 20 évre garantálja a villamosenergia átvételét. Az erőművek Ausztrália partvidékén Brisbane-től Adelaide-ig épülnek meg, amely egy 2500 km hosszú partszakasz, így ez a megoldás nem mondható sem decentralizált sem lokális megújulóenergia-termelésnek (Canberra 100% Renewable).

### 3.2 Megújuló forrásból származó villamos energia vásárlása, valamint helyi előállítása

Az Egyesült Államokban, a Colorado állambeli **Aspen** 2015-ben érte el, hogy villamosenergia-igényének 100%-a megújuló forrásból származzon. A villamosenergia-termelés alapját a nagy múltra visszatekintő vízenergia alkotja, melynek aránya az energia portfólióban 46%, amit a fejlődés során meghaladt a szélenergia teljesítménye, ami 53%-os arányt képvisel. A fennmaradó 1% napenergiából és depóniagázból származik (Sierra Club, Ready for 100%). A közel 7000 állandó lakosú kisváros a téli síszezonzban 50 000 főre duzzad, amely a villamosenergia-igényekben óriási különbséget idéz elő az év eltérő időszakában. Ezért a város a megújuló energia szolgáltatóktól mindig csak annyi energiát vásárol, amennyi az aktuális szükséglet, a többi külső értékesítésre kerül (100% Renewables; City of Aspen case study; National Renewable Energy Laboratory's Aspen case study).

A Nevada állambeli **Las Vegas**, 2016 decemberében jelentette be, hogy villamosenergia-igényét 100%-ig megújuló forrásból fedezi. Később kiderült, ez nem teljesen így van, mivel a fenti állítás csak az önkormányzat által működtetett 140 létesítményre vonatkozik. A város tulajdonában lévő épületekre telepített, naperóművek által termelt villamos energián kívül a Kaliforniában és Nevadában termelt megújuló energia többletet vásárolja meg. Ezt a villamos energiát olyan erőművek termelik, mint a Nevada és Arizóna határán álló Hoover-gát, a nevadai Nevada Solar One, vagy a kaliforniai Ivanpah Solar Electric Generating System (Popular Mechanics, 2016).

### 3.3 Helyben elérhető és helyben előállított megújuló energiaforrások hasznosítása az energiaigények 100%-ának biztosítására. Közösségi kezdeményezés és tulajdon (sharing economy)

**Aller-Leine-Tal** egy Hannover-től északra fekvő, Kirchlinteln, Dörverden, Wietze, Winsen, Hambühren, Ahlden, Rethern és Schwarmstedt településekből álló kistérségi megújuló energia szövetség, amely Energy Region Aller-Leine-Tal néven 1996 óta fejlesztette megújuló energia rendszerét. 2013-ban villamosenergia-igényének már 126%-át elégítette ki egy széleskörű megújuló energia mixből. A megújuló energia portfólió 32,6%-át biogáz, 54,9%-át szélenergia, 8,3%-át vízenergia, 4,2%-át pedig napenergia alkotja. A projektekre eddig költött bruttó 303 millió euróból kiépült kapacitások, 2013-ban mintegy 46,4 millió euró bevételt termeltek, ami így hétéves megtérülési időt és fogyasztónként évi 627 eurós bevételt biztosít (Energie Region, Aller-Leine-Tal).

**Effelter** egy 280 lakosú falu Bajorországban, amely villamos energia fogyasztásának 200%-át, hőszükségletének pedig 100%-át megújuló forrásból, elsősorban biomasszából biztosítja. Az összes erőmű a falu lakosságának tulajdonában van. Az alternatív energiaforrásokra való áttérést 2001-ben indította a település, ahol két 65 kW-os kapcsolt kiserőmű termelte a hő- és villamos energiát. Az energiabiztonság garantálása érdekében télen – igény esetén – készenlétben áll egy 500 kW-os erdészeti és mezőgazdasági mellékterméket feldolgozó hőerőmű is. A hő, távfűtési rendszeren keresztül jut el a település épületeihez. Az alapvetően biomassza/biogáz alapú villamosenergia-termeléshez, az épületekre telepített 160 kW összes beépített teljesítményű naperőmű is hozzájárul (Bioenergiedorf-Effelter, Bajorország, Németország).

Az **Alzey-Land régió** mintegy 24 000 lakossal rendelkezik a németországi Pfalzi-erdőben, mely térség már 2010-ben elérte a 100%-os célt a villamos energia terén. Ezt követően tovább növelte megújuló villamosenergia-termelését, mellyel a szomszédos kevésbé jó adottságokkal rendelkező településeket segíti, export megújuló villamos energiával (Alzey, Rajna-Vidék-Pfalz, Németország).

Alzeytől mintegy 100 km-re fekszik **Bruchsmühlbach-Miesau** településeggyüttes, melynek 10 500 fős lakossága energiaközösséget hozott létre a területükön fekvő Miesau Army Depot amerikai fegyverraktárral, melynek hatalmas csarnokait napenergia termelésre használja. A településeggyüttes jelenleg, villamos energia-igényének 290%-át fedezi megújuló forrásból, amit 200 darab tetőre telepített naperómű, tíz szélturbinából álló szélfarm és egy biogázüzem állít elő (100ee Erneuerbare Energie Region.)

Az ausztriai **Güssing**, az 1990-es években gazdasági nehézségekkel küzdő település volt Burgenland tartományban, melyre megoldásként, olcsó, megújuló forrásból származó energiával próbálták vonzóvá tenni ipari parkjukat, a potenciális betelepülők előtt. Azóta Güssing, mind a három szektor energiaigényének több mint 100%-át megújuló forrásból biztosítja. A primer energia igényének 1000%-át, míg villamosenergia-igényének 4000%-át állítja elő. Az energiát, elsősorban biomasszából termeli, égetés nélküli technológiával, elgázosítással. Az alapanyagot erdészeti maradványok és mezőgazdasági melléktermékek, települési és ipari hulladékok, valamint szennyvíziszap alkotja. A feldolgozás eredményeként villamos energia, hőenergia (fűtés/hűtés), folyékony üzemanyag és hidrogén keletkezik. A település szükségletein felüli energiát értékesíti (Güssing Renewable Energy).

A több mint félmillió lakosú ausztriai **Karintia**, Európa vezető megújulóenergia-termelő régiója. A helyi vízeróművek által a villamosenergia-igényének 100%-át megújuló forrásból fedezi, a hőigényének 70%-át biomasszából állítja elő, mely szektorban 2025-re határozta meg a 100%-os cél elérését, a közlekedési energiaigényének 100%-os megújuló forrású biztosítását pedig 2035-re célozta meg, ami jelenleg 12%-os szinten áll (Go 100% RE).

A dániai **Lolland-sziget** már 2006-ban 50%-kal több villamosenergiát állított elő, mint amit helyben felhasznált. A szélenergiával generált villamos energia feleslegét hidrogén előállítására fordítja, melyet értékesít, valamint energiátárolásra használ (Lolland Island, Dánia).

### 3.4 Energia kompenzáció

A szintén Dániához tartozó **Samsø-sziget** a villamosenergia-ellátását 100%-ban szélenergiából biztosítja. A szigeten működő sertéstelepen biogázt állítanak elő, melyből hő és villamos energiát generálnak. Így a sziget hőszükségletének 70%-át biogáz, valamint szalmaalapú biomassza, napkollektoros és hőszivattyús távfűtő-rendszerek biztosítják, melyhez a széleróművek adják az olcsó villamos energiát. A közlekedés energiafogyasztásának szén-dioxid-kibocsátását pedig 100%-ban kompenzálja az offshore széleróművek villamosenergia-termelése. A dízelüzemű járműveket repceolajjal működtetik, a benzinüzeműeket pedig bioetanollal, továbbá helyben termelt hidrogénnel és villamos energiával hajtott járművek is közlekednek már (Energy Academy, Samsø Island, Dánia).

### 3.5 Energiacsere a környező településekkel

A 23 500 lakosú dán **Frederikshavn** a 2006-ban elindított „Energy Camp 06” kísérleti területe, ahol az „Energy City” pilot projektet hajtják végre. A cél, hogy az egész önkormányzat 100%-ig önellátó legyen mind a három energiafelhasználási területen 2030-ig. Ehhez a tenger hullámenergiáját, szélenergiát, napenergiát, geotermikus energiát és biogázt használnak fel. A kísérleti település kiválasztásánál szempontot jelentett a kedvező fekvés és méret, ami modellként szolgálhatott a megújuló energia technológiák teszteléséhez. Működő villamosenergia és hőerőművei voltak, korábban már kísérleti terepe volt a dán szélerő kutatásnak, valamint nagyon ambiciózus és erős volt a hajlandóság a projektben való részvételre. A célok megvalósítását három fázisra osztották: az elsőben a 2006-ban már elért 20%-os megújuló arányt 2009-re 40%-ra tornázták fel, amit 2015-re 100%-ra növeltek, többek között a környező területekkel folytatott energiacsere révén (Energy City Frederikshavn Municipality, 2006).

### 3.6 Energiaexport

A németországi Harz-hegységben található, 1000 lakosú **Dardesheim** 2009-re villamosenergia-, hő- és közlekedésienergia-igényének tízszeresét állította elő. Ma már villamosenergia-igényének 4500%-át termeli meg, amit 19 lakossági naperőművel, 28 db 2MW-os és egy 125 m magas óriás szélturbinával ér el, mely 6 MW beépített teljesítményű. A lakossági fűtési rendszer biomassza alapú, az üzemanyag egy részét pedig növényi olajból állítják elő (Dardesheim Renewable Energy Projects, 2012).

**Großbardorf**, Bajorország északi részén fekvő 900 fős település, mely 15,5 millió euró értékben fektetett be tetőre, valamint szabadon telepített naperőművekbe, mellyel villamosenergia-igényének 400%-át fedezi. Hőigényének 50%-át pedig kapcsolt üzemű biogáz erőműben állítja elő (FWR Energie Genossenschaft, Großbardorf).

Az esettanulmányok vizsgálatának eredményeként, hat módszertani típus megkülönböztetése vált lehetővé:

- A helyi szükségleteknek megfelelő mennyiségű, megújuló forrásból származó villamos energia beszerzése regionális forrásból.
- Megújuló forrásból származó villamos energia vásárlása, valamint helyi előállítás.
- Helyben elérhető és helyben előállított megújuló energiaforrások hasznosítása az energiaigények 100%-ának biztosítására. Közösségi kezdeményezés és tulajdon (sharing economy).
- Energia kompenzáció.
- Energiacsere a környező településekkel.
- Energiaexport.

Továbbá az is megállapítható, hogy Európában elsősorban a település szűkebb területén fellelhető megújuló energiaforrásokat hasznosítják, mellyel a decentralizált energiatermelés is teljesül. További jellemző a jelentős közösségi tulajdon és beruházási kezdeményezés.

A tengerentúlon, az Európában alkalmazott lakossági összefogás kevésbé jellemző. A kezdeményező szerep az Egyesült Államok, Kanada és Ausztrália városainak esetében elsősorban a település

vezetéséé, illetve az egyéneké és vállalkozásoké. Az alternatív forrásból származó energia, jelentős része pedig a településen kívüli földrajzi térből származik, olykor több száz kilométeres távolságból.

## 4. Hazai települések villamosenergia önellátottsági szintjének meghatározása

A magyar településállomány önellátottsági szintjének meghatározásakor törekedtünk a lokális források figyelembe vételére, mellyel egyrészt a település szigorúan vett területén kinyerhető megújuló energiaforrásokat vettük számításba, s így a település energiatermelő képességeit, másrészt ez a módszer a decentralizált energiatermelés kritériumainak is megfelelt. A vizsgálatok jelenlegi szakaszában a három nagy energiaszektor közül a villamosenergia-termelésre fókuszáltunk.

### 4.1 A magyar villamosenergia-rendszer erőmű kategóriái

A magyar villamosenergia-rendszerben, az erőművek teljesítőképessége szerint a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. (MAVIR) az alábbi erőmű kategóriákat különbözteti meg. Alapvetően különbséget tesz az 50 MW alatti kiserőművek, valamint az 50 MW és azt meghaladó teljesítőképességű nagyerőművek között. Az 50 MW alatti kategóriában megkülönböztet 0,5-50 MW közötti, 50 kW-0,5 MW közötti, valamint 50 kW alatti teljesítő képességű kiserőműveket (MAVIR, 2016). A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény, valamint annak végrehajtásáról szóló 273/2007. (X.19.) Korm. rendelet, 2008. január 1-től vezette be a 0,5 MW alatti beépített villamos teljesítőképességű kiserőmű, valamint az 50 kVA (50 kW) alatti teljesítményű, háztartási méretű kiserőmű (HMKE) fogalmát.

### 4.2 A 0,5 MW alatti kiserőművek, valamint a 50 kW alatti, teljesítményű HMKE-k 2016. évi adatai

A HMKE-k száma 2016. év végén 20 496 db volt, melyek összes beépített teljesítménye elérte a 165,5 MW-ot. Az erőművek 99,17%-a naperőmű, a fennmaradó 0,83% termálmétán, dízel, földgáz, biomassa, biogáz, víz és szél energiaforrásokkal működik (MEKH, 2017). A 0,5 MW alatti kiserőművek száma 2016. december 31-ig elérte a 152 db-ot, melyek összes beépített teljesítőképessége 43,67 MW volt. A felhasznált energiahordozók széles spektrumot ölelnek fel, melyek között megújuló és fosszilis energiaforrások is megjelennek. A megújulók termelik e kategóriában a villamos energia többségét, mely áram elsősorban nap-, szél- és vízenergiából, biogázból és depóniagázból származik. A fosszilis energiahordozók csekély mértékben, de megjelennek e kiserőművek között, itt elsősorban a földgáz, termálmétán, egyéb gáz és benzin üzemű erőművek termelnek (MEKH, 2017). Az erőművek közel 60%-a naperőmű, melyet a biogáz és vízerőművek követnek 15-15%-kal. A teljesítmény vonatkozásában is a naperőművek állnak az élen, a kategória beépített teljesítményének 57%-ával, majd ezt a biogáz erőművek követik 18%-os teljesítmény részaránnyal. Jelentős hányadot tesz ki még az energiamixből a depóniagáz (8%), valamint a vízenergia is (6%).



### 4.3 Adatok és módszerek

A települési szintű HMKE darab és teljesítmény-adatokat a Magyarország területén tevékenykedő E.ON Energiaszolgáltató Kft., az ELMŰ-ÉMÁSZ Energiaszolgáltató Zrt. és a Dél-magyarországi Áramszolgáltató Zrt. (DÉMÁSZ), mint egyetemes szolgáltatók, a 0,5 MW alatti kiserőművi adatokat pedig a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH, 2017b) bocsátották rendelkezésünkre. A pontos, települési szintű villamosenergia-termelési adatokat az egyetemes szolgáltatók, a MEKH és a MAVIR üzleti titokként kezelik, így nem bocsátották rendelkezésünkre. E mellett a HMKE-k valós teljesítményét az egyetemes szolgáltatók mérni nem tudják. Ennek oka, hogy a villamosenergia-termelés során, még a mérőóra előtti fogyasztó berendezés által elfogyasztott energia nem kerül be a hálózatba és így mérésre sem. A települési adatokat, így az alábbi elven alapuló számításokkal generáltuk.

A kategória, erőműveinek helyet adó település, villamos energia önellátási szintjének meghatározásához, az erőművek által elméletileg megtermelhető évi villamosenergia mennyiségét összevetettük a település éves villamosenergia fogyasztásával, a 2016. évre vonatkozóan. Így megállapíthattuk, hogy az adott erőmű kategória és ezen belül a helyi megújuló energiaforrásokat hasznosító erőművek milyen arányban képesek kielégíteni a település villamosenergia-igényét.

A napelemes rendszereknél, első lépésben a 2016. év végi települési szintű összteljesítmény adatokat vettük figyelembe, melyből egy elméleti, éves szinten előállítható villamosenergia-mennyiséget határoztunk meg. A számításokhoz az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (Ispra, Olaszország) által működtetett Photovoltaic GIS-t használtuk (European Commission Joint Research Centre, Photovoltaic GIS). A rendszerrel a számításokat – a HMKE-k esetében – Magyarország földrajzi középpontján található Pusztavacs településen felállított 1 kW teljesítményű elméleti napelem kapacitással végeztük. Ennek során a földrajzi hely éves napsütéses óráinak figyelembe vételével az 1 kW napelem kapacitás évente 1100 kWh villamos energiát termel. Ezt az értéket vettük figyelembe az egész ország területére. A 0,5 MW alatti kiserőművek esetében a fenti számításokat minden, erőműnek helyet adó településre elvégeztük.

Az egyéb energiahordozók közül a termálmétán és a földgáz alapú kiserőműveket, mint a vizsgálatok szempontjából nem releváns fosszilis energiahordozókat, nem vettük figyelembe. A szélerőművek esetében 23,4%-os kihasználtságot számoltunk, mely a magyarországi szélerőművek kihasználtságának 2010 és 2016 között mért átlaga (MEKH, 2010, 2016, A magyar Villamosenergia-rendszer (VER) 2010-2016. évi adatai alapján). A vízerőművek és a biogáz erőművek esetében – hivatkozási alap hiányában – az éves karbantartásokat és egyéb technológiai leállásokat figyelembe véve 90%-os kihasználtságot feltételeztünk. A települési rangsor ezen adatok alapján készült el.

### 4.1 Eredmények

Magyarország 3155 települése (KSH, 2016) közül 2041 területén működött HMKE, a 0,5 MW alatti teljesítményű kiserőmű kategória 152 erőműve pedig 106 településen helyezkedett el. Mindkét erőmű kategória létesítményei egyenletes textúrát mutatnak a földrajzi térben, tehát a decentralizált energiatermelés, e két kategóriában megvalósul. Míg a HMKE kategória erőművei egyenletesen

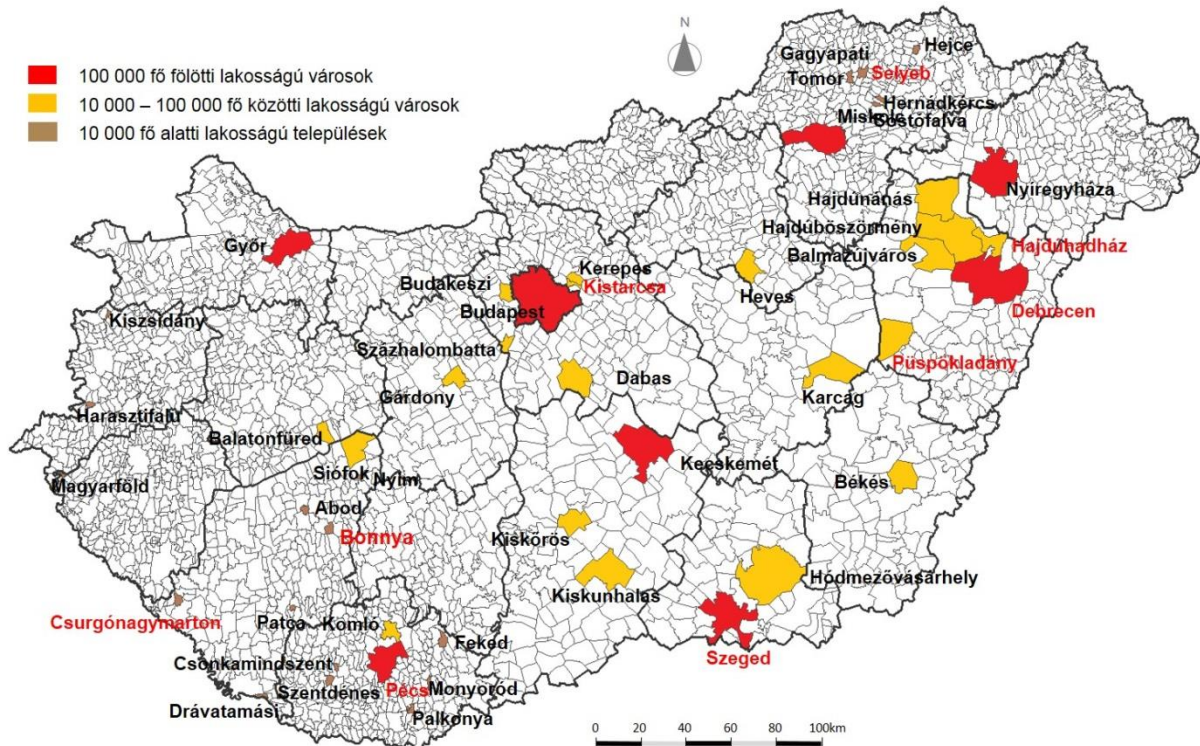
terülnek el a településhálózatban, addig a szélesebb energia-portfóliójú 0,5 MW alatti kiserőműveknél kirajzolódnak preferált térségek.

#### *4.1.1 Háztartási méretű kiserőművek hozzájárulásának aránya az egyes települések villamosenergia-igényéhez*

Arra a kérdésre választ adva – e két erőmű kategória teljesítményét figyelembe véve – mennyi település képes biztosítani villamosenergia-igényének 100%-át megújulóenergia-forrásból megállapítható, hogy a HMKE kategóriában egy ilyen település sincsen Magyarországon. Éves villamosenergia-igényét legnagyobb arányban Bonnya település képes kielégíteni, melynek mértéke a településen eléri a 45%-ot. A második helyen Selyeb végzett 38%-kal, a harmadikon pedig Csurgónagymarton 35%-kal (1. ábra). A listában egyedül Csurgónagymarton, amelynek villamosenergia-portfóliójában több megújuló energiaforrás is jelentős arányt képvisel: a 65% fosszilis forrásból származó villamos energia mellett, 22,9% szélenergia, valamint 12,1% napenergia adja az energiamixet.

A 10 000-100 000 fő közötti lakosságú települések közül Kistarcsa áll a lista elején, amely település villamosenergia-igényének 2,2%-át elégíti ki a HMKE-k által termelt villamos energiával. Ebben a kategóriában Püspökladány áll a 2. helyen, amely éves villamosenergia-igényének 1,9%-át képes kielégíteni ebből a kiserőmű kategóriából. A harmadik helyen Hajdúhadház áll, mely a város villamosenergia-fogyasztásának 1,6%-át fedezi a HMKE-k által (1. ábra).

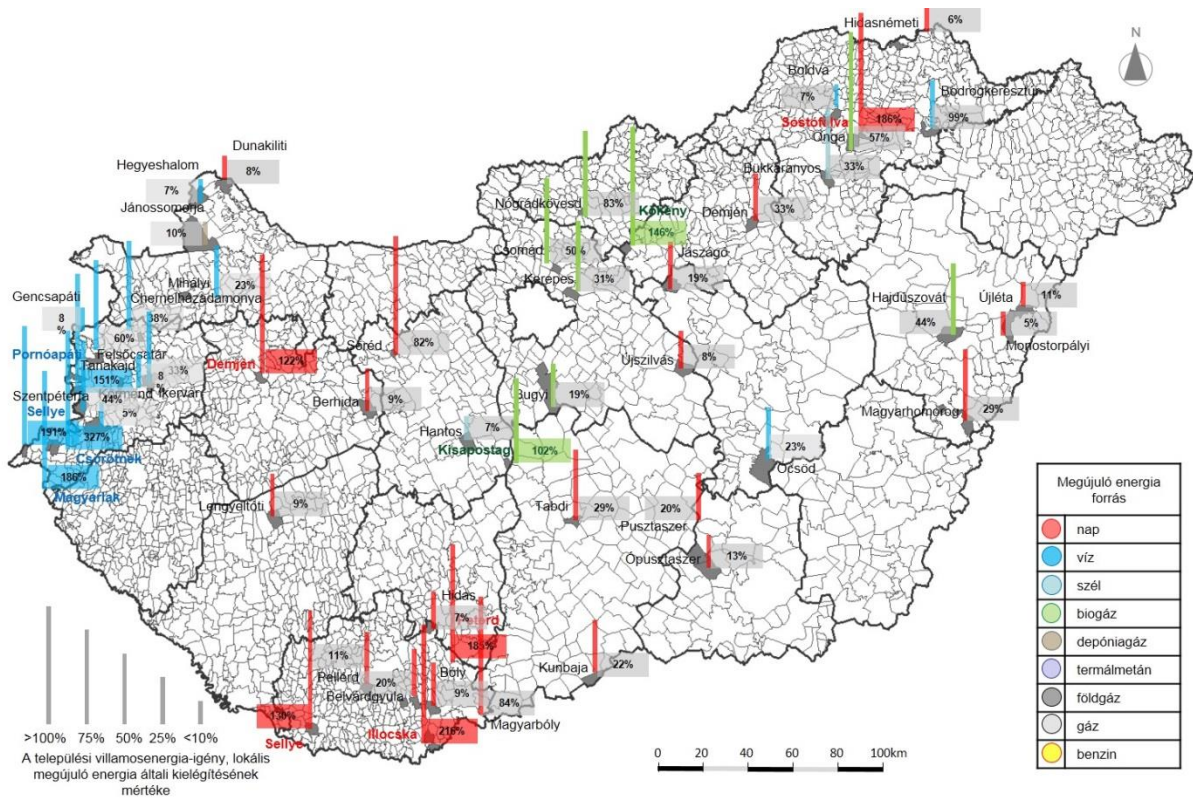
A 100 000 főnél nagyobb lakosságú települések között az első helyen Debrecen áll, mely nagyváros villamosenergia-igényének 0,77%-át fedezik a területén telepített kiserőművek. Debrecent Szeged követi 0,67%-kal, majd a 3. helyen Pécs áll 0,63%-os HMKE termeléssel (1. ábra). A fenti két városi rangsorban szereplő összes településen kizárólag a napenergia biztosította a megújuló forrásból származó villamos energiát.



1. ábra: Települési rangsor: a 10 000 és 100 000 fő közötti, valamint a 100 000 fő fölötti lakosságú települések körében, a HMKE-k által termelt villamos energia mennyiségének aránya a településnek szolgáltatott összes villamos energia mennyiségében, 2016 évben (TEIR/KSH, 2015; European Commission Joint Research Centre, Photovoltaic GIS adatai alapján)

#### 4.1.2 A 0,5 MW alatti kiserőművek hozzájárulásának aránya az egyes települések villamosenergia-igényéhez

A 0,5 MW alatti kiserőművek közül elsősorban a vízerőművek, a biogáz erőművek és a naperőművek képesek, a nekik helyet adó település villamosenergia-igényének jelentős részét, egyes településeken annak 100%-át biztosítani. Az eredmények között legnagyobb számban a naperőművek szerepelnek. Mintegy 27 olyan település van, ahol az annak területén álló naperőmű, a település villamosenergia-igényének több mint 5 %-át képes fedezni, ezen belül hat településen, több mint 100%-át. Vekerd településnél ez az arány 352%, Illocskánál 216%, Sóstófalvánál és Peterd esetében 186-186%, míg Sellyén 130%, Gannán pedig 122% (2. ábra). A vízenergia esetében a 15 darab, 5% fölötti arányt elérő település közül Csörötnek áramigényének 327%-a származik a helyi vízerőmű által termelt energiából, míg Alsószölnökön ez az arány 191%, Magyarlakon 186%, valamint Pornóapátiban 152%. A biogáz erőműveknek helyet adó települések közül kilenc áramigényének biztosítja több mint 5%-át a helyi kiserőmű, melyek közül Kökény esetében ez az arány 146%, míg Kisapostagnál 102%, de Bodrogkeresztúr is csak 1%-kal marad el a 100%-tól. A szélenergia és a depóniagáz is megjelenik a rangsorban, ahol Bükkaranyos és Hantos energiaellátásából a szélenergia vesz ki jelentős részt, míg a depóniagáz hatékony hasznosítását Jánossomorja képviseli (2. ábra).



2. ábra. Magyarország településeinek területi elhelyezkedése, amelyek területén működő – 0,5 MW alatti beépített teljesítményű, nem engedélyköteles, nem háztartási méretű – kiserőművek által termelt villamos energia aránya, meghaladja a település igényének 5%-át (2016)

## 5. Következtetések

Összegzésképpen elmondható, hogy a HMKE-k, valamint a 0,5 MW alatti beépített teljesítményű kiserőművek Magyarország területén, a megújuló energiaforrások jellegéből adódóan decentralizáltan helyezkednek el, azonban az egyes energiaforrások elhelyezkedéséből kiolvasható némi területi koncentráció is. Az energiamix tekintetében azonban a decentralizáció az uralkodó jelleg.

Magyarország települései közül a HMKE kategóriában előállított villamos energia mennyisége a néhány száz fős lélekszámú településeken eléri az éves villamosenergia-igények 45%-át, de még távol van azok teljes fedezésétől. A 10 000-100 000 fő közötti lakosságú településeken ez az arány meghaladja a 2%-ot, míg a 100 000 fő fölötti városokban ez az érték 2016-ben még 1% alatt marad.

A 0,5 MW alatti kiserőművek több megújuló energiaforrás vonatkozásában is biztosítani tudják a települési villamosenergia-igény 100%-át, amely 12 település esetében valósul meg, egyes esetekben akár 350%-át is. Az alternatív energiaforrások közül legnagyobb számban a napenergia, a vízenergia és a biomassza erőművek képesek nagy mennyiségű villamos energia előállítására, azonban a szélenergia és a depóniagáz is jelentős arányban képes hozzájárulni a települési igények kielégítéséhez.

## Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Hivatkozások

- [1] B. Lovins (1976-1977) *Energy Strategy: The road not taken?* 55 Foreign affairs 65
- [2] H. Lund (2006) *Large-scale integration of optimal combinations of PV, wind and wave power into the electricity supply*. In: Renewable energy, Volume 31, Issue 4, April pp. 503-515. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.04.008>
- [3] B. Munkácsy et al (2011) *Erre van előre!: Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon Vision 2040 Hungary 1.0*. Szigetszentmiklós: Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület. 155 p. (ISBN: 9789630820240)
- [4] G. Rajgor (2012) *Germany grapples with energy plan*, Renewable Energy Focus, Volume 13, Issue 4, pp. 26-29. [https://doi.org/10.1016/S1755-0084\(12\)70084-4](https://doi.org/10.1016/S1755-0084(12)70084-4)
- [5] B. E. Sørensen (1975) *A plan is outlined according to which solar and wind energy would supply Denmark's needs by the year 2050*, Science. 189 (4199) 255-260. doi: 10.1126/science.189.4199.255
- [6] 100% Renewables <http://www.go100re.net/>
- [7] Bloomberg L.P. New Energy Finance <http://www.bloomberg.com/search?query=New+Energy+Finance&category=Articles>
- [8] Energiaklub Szakpolitikai Intézet Módszertani Központ: <http://www.energiaklub.hu/>
- [9] European Commission Joint Research Centre Ispra, Italy, *Photovoltaic Geographical Information System* <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [10] European Renewable Energy Council (EREC): <http://www.erec.org/>
- [11] European Renewable Energies Federation (EREF): <http://www.eref-europe.org/>
- [12] German Renewable Energy Association / Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE) <http://www.bee-ev.de/BEE/BEE.php>
- [13] Go 100% renewable energy <http://www.go100percent.org/cms/>
- [14] Go 100% Renewable Energy, [http://www.go100percent.org/cms/index.php?id=19&id=69&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=339&tx\\_locator\\_pi1%5BstartLat%5D=45.93583305&tx\\_locator\\_pi1%5BstartLon%5D=-0.97011545&cHash=b9de907b7bdd95a6ebf8638f71fabbb6](http://www.go100percent.org/cms/index.php?id=19&id=69&tx_ttnews%5Btt_news%5D=339&tx_locator_pi1%5BstartLat%5D=45.93583305&tx_locator_pi1%5BstartLon%5D=-0.97011545&cHash=b9de907b7bdd95a6ebf8638f71fabbb6)
- [15] Institute for Local Self-reliance (ILSR) <https://ilsr.org/community-power-map/>
- [16] International Energy Agency (IEA) <http://www.iea.org/>
- [17] International Renewable Energy Agency (IRENA) <https://www.irena.org/>
- [18] Központi Statisztikai Hivatal – KSH, *Magyarország közigazgatási helységnévkönyve 2016. január 1.*, Budapest, 2016
- [19] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal – MEKH, *A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2010. évi adatai / Szélerőművek villamosenergia-termelési adatai 2010*. December 31-én, p.

44. [http://www.mekh.hu/download/7/cd/00000/ver\\_2010\\_evi\\_statistikai\\_adatai.pdf](http://www.mekh.hu/download/7/cd/00000/ver_2010_evi_statistikai_adatai.pdf) (Letöltés: 2017.10.01.)
- [20] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal – MEKH, *A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2015. évi adatai. /Szélerőművek adatai 2015.* December 31-én, p. 62. [http://www.mekh.hu/download/d/11/30000/ver\\_statistika\\_2015.pdf](http://www.mekh.hu/download/d/11/30000/ver_statistika_2015.pdf) (Letöltés: 2017.10.01.)
- [21] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal – MEKH, *Háztartási méretű kiserőművek adatai a 2008 és 2016 közötti időszakra vonatkozóan*
- [22] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal – MEKH, *Összefoglaló a nem engedélyköteles – ezen belül a háztartási méretű – kiserőművek adatairól (2008-2016), 2017* [http://www.mekh.hu/download/7/15/40000/nem\\_engedelykoteles\\_es\\_hmke\\_%20beszamolo\\_2016.pdf](http://www.mekh.hu/download/7/15/40000/nem_engedelykoteles_es_hmke_%20beszamolo_2016.pdf) (Letöltés: 2017.07.20.)
- [23] Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. - MAVIR, *A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2016.- évi statisztikai adatai*
- [24] Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. - MAVIR, *Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. - MAVIR, 2016. évi statisztikai adatai*
- [25] Marrakech Vision: *World's Most Climate-Vulnerable Countries Aiming For 100 Percent Green Energy*, United Nations Climate Change Conference, Marrakech, Morocco, on 7-18 November 2016.
- [26] Sierra Club: *100% Commitments in Cities, Counties, & States, Ready for 100%*, <https://www.sierraclub.org/ready-for-100/commitments> (Letöltés: 2018.05.15.)
- [27] Sierra Club – *Ready for 100%* <https://www.sierraclub.org/ready-for-100> (Letöltés: 2018.05.15.)
- [28] Területi statisztikai adatok rendszere - TEIR, 2015, Központi Statisztikai Hivatal – KSH, Kommunális ellátás, környezet, *Szolgáltatott összes villamosenergia mennyisége (MWh) 2015* (Település), valamint a *Villamosenergia-fogyasztók száma (db) 2015* (Település)
- [29] USA Energiaügyi Információs Hivatal (U.S. Energy Information Administration – EIA) <http://www.eia.gov/>
- [30] *273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény végrehajtásáról*
- [31] *2007. évi LXXXVI. törvény, a villamos energiáról*
- [32] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Erneuerbare-Energie-Gesetz EEG 2000-2017*, [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms\\_docId=401818](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=401818) (Letöltés: 2018.05.15.)
- [33] 100ee Erneuerbare Energie Region [http://www.100-ee.de/startseite/?no\\_cache=1](http://www.100-ee.de/startseite/?no_cache=1)
- [34] Bioenergiedorf-Effelter, Bajorország, Németország, <http://bioenergiedorf-effelter.de/>
- [35] Canberra 100% Renewable, ACT Government, Leading Innovation with 100% Renewable Energy by 2020, <https://www.canberratimes.com.au/national/act/act-commits-to-100-percent-renewable-energy-target-by-2020-simon-corbell-20160428-goh119.html>
- [36] *City of Aspen case study*, Renewables 100 Policy Institute's Go 100% website
- [37] *Dardesheim Renewable Energy Projects* (2012), Dardesheim, Szász-Anhalt, Németország, [http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=38&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=189&cHash=75a1d9b4e049d653d9675663850eefce](http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=38&tx_ttnews%5Btt_news%5D=189&cHash=75a1d9b4e049d653d9675663850eefce)
- [38] Energy Academy/*Energy Program, Samsø*, Denmark, <https://energiakademiet.dk>

- [39] *Energy City Frederikshavn Municipality*, 2006, <http://energycity.dk/>
- [40] *Energy Region Aller-Leine-Tal*, Alsó-Szászország, Németország, [http://www.rethem.de/wDeutsch/RATHAUS/Energieregion/DownloadsEnergieRegion/Vortrag\\_RotaryJugendCamp.pdf](http://www.rethem.de/wDeutsch/RATHAUS/Energieregion/DownloadsEnergieRegion/Vortrag_RotaryJugendCamp.pdf)
- [41] *FWR Energie Genossenschaft, Großbardorf*, Bajorország, Németország, <http://www.grossbardorf.rhoen-saale.net/Gemeinschaftsprojekte/FWR-Energie-Genossenschaft>
- [42] *Güssing Renewable Energy*, [www.gussingrenewable.com](http://www.gussingrenewable.com)
- [43] Lolland-sziget, Dánia, [www.lolland.dk](http://www.lolland.dk)
- [44] Lolland-sziget, Dánia, <https://stateofgreen.com/en/sustainable-energy-to-power-the-future/>
- [45] *National Renewable Energy Laboratory's Aspen case study*
- [46] Popular Mechanics, 2016, <http://www.popularmechanics.com/science/energy/a24372/las-vegas-renewable-energy/>