

Csak nappal! Csak nappal?



**avagy a napelemes áramtermelés jövője
Magyarországon a területhasználat nézőpontjából**



ENERGIACLUB
SZAKPOLITIKAI INTÉZET
MÓDSZERTANI KÖZPONT

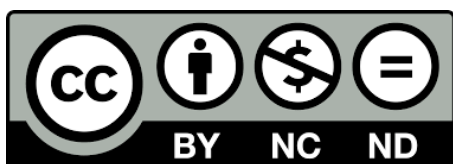
Csak nappal! Csak nappal? - avagy a napelemes áramtermelés jövője Magyarországon a területhasználat nézőpontjából

ISBN 978-615-5052-17-0

A tanulmány az **Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ** honlapján megtalálható, onnan letölthető: www.energiaklub.hu



A kötet szerkesztése lezárva: 2021. december 18.



Minden jog fenntartva.

Az adatok közlésére a „Nevezd meg! - Ne add el! - Ne változtasd!” licence érvényes.

Szerkesztő, projektvezető:

Dr. Munkácsy Béla

Nyelvi lektor:

Olasz Krisztina

Szakmai lektor:

Méhes Martina

A kötet szerzői:**Campos, José**

Villamosmérnök, okleveles környezetkutató, az ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskolájának végzős hallgatója. Tudományos vizsgálatainak fő területei a rugalmas energiarendszer és annak modellezése.

Csontos Csaba

Okleveles környezet- és tájkutató geográfus, az Energiaklub szakértője, az ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskolájának végzős hallgatója. Kutatása sodorvonalában a települések hőenergia tervezése áll, ezen belül elsősorban a megújuló alapú távhőrendszerek létrehozásának vizsgálatára fókuszál, amely magában foglalja a háztartási hőigények és az épületek energiahatékonysági elemzését, valamint az energiaszegénységből fakadó anomáliák vizsgálatát is.

Fehér Kinga

Az ELTE TTK földrajz alapképzésének másodéves hallgatója Megújuló energiaforrások specializáción. Különösen foglalkoztatja a megújuló energiaforrások alkalmazása és a fenntartható életmód elméletének gyakorlatba ültetése.

Harmat Ádám

Okleveles megújuló energiaforrás szakértő, terület- és településfejlesztő geográfus. A WWF Magyarország éghajlatváltozás és energia programjának vezetője. Elsősorban regionális és települési szintű klímastratégiákkal, az ökológiai lábnyommal, illetve a szilárd biomassza fenntarthatóságával foglalkozó projekteken vett részt. Doktori szintű kutatási területe is ez utóbbi az ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskolájában.

Komoróczy Eszter

A földrajztudomány alapképzést táj- és környezetföldrajz szakirányon végezte az ELTE TTK-n, jelenleg ugyanott a geográfus mesterképzés végzős hallgatója, geoinformatika szakirányon. Érdeklődési területe a megújuló energiaforrások, ezen belül főként a napelemek fenntartható alkalmazása és térbeli tervezése térinformatikai eszközökkel. Győztes OTDK-kutatásának témája a kétoldalú napelemek zajvédő falakként történő alkalmazásának lehetőségeit mutatta be.

Mátyás András

Az ELTE TTK földrajz alapképzésének másodéves hallgatója Megújuló energiaforrások specializáción. Érdeklődési köre a fenntartható energia- és hulladékgazdálkodás, valamint a 100%-ban megújuló energiaforrásokra való átállás lehetőségei lokális és globális mértékben.

Méhes Martina

Az Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ ügyvezető és szakmai igazgatója. Okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök megújuló energetika műszaki szakirányon. Kiemelt szakterülete a napenergia.

Dr. Munkácsy Béla

Tanár, okleveles környezetmenedzser, PhD - energiatervezéssel kapcsolatos tanulmányait az Oslói Egyetemen végezte. Az ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékének adjunktusa, ugyanott a Megújuló energiaforrások specializáció irányítója. Nem-kormányzati vonalon az International Network for Sustainable Energy vezetőségének tagja, a Környezeti Tervezési és Nevelési Hálózat elnöke, valamint az Energiaklub tanácsadója.

Pataki Katalin

A földrajztudomány alapképzést regionális elemző specializáción végezte el az ELTE TTK-n. Jelenleg ugyanott a geográfus mesterképzés elsőéves hallgatója regionális elemzés szakirányon. Az energiaszegénység témakörében végzett kutatásával társszerzőként OTDK-győztes 2021-ben. Jelenleg egy megújuló energiával foglalkozó cég munkatársa, szakmai érdeklődésének középpontjában az energiaellátás áll.

Suhajda Erik

Az ELTE TTK Földrajz alapképzésének másodéves hallgatója Megújuló energiaforrások specializáción. Érdeklődési területei a megújuló energiaforrások alkalmazása, a fenntartható fejlődés és a körkörös gazdaság kialakítása.

Turai Martin

Az ELTE TTK Földrajz alapképzésének másodéves hallgatója Megújuló energiaforrások specializáción. H2020-as PowerPoor projekt hivatalos Energiatámogatója. Érdeklődési köre a megújuló energiaforrások, azon belül is a nap- és szélenergia, illetve ezeknek fenntartható módon történő hasznosítása.

Vajdovich Noémi Annamária

A földrajztudomány alapképzést regionális elemző specializáción végezte el az ELTE TTK-n. Jelenleg ugyanott a geográfus mesterképzés elsőéves hallgatója. OTDK-nyertes társszerzős dolgozatának kutatási témája az energiaszegénység. Településfejlesztési, környezetvédelmi és szociológiai témák iránt is érdeklődik.

Tartalom

1. Bevezetés.....	7
2. A jelenlegi helyzet és a kormányzati tervek bemutatása	11
3. Néhány területhasználattal kapcsolatos összefüggés az eddigi METÁR tenderek kapcsán 19	
3.1 Barnamezős fejlesztések és METÁR	19
3.2 A jelenlegi METÁR szabályozás értékelése a barnamezős területhasználat nézőpontjából.....	21
4. Alternatív megoldások a napelem-teljesítmény bővítésére.....	25
4.1 Barnamezős alkalmazási lehetőségek.....	26
4.2 Napelemes zajvédő falak	30
4.3 A meglévő épületállomány, a parkolók és a víztestek kínálta lehetőségek	34
4.4 Agrofotovoltaikus rendszerek	41
5. Néhány ország szabályozási hátterének bemutatása a tervezett napelemes fejlesztések nézőpontjából (Németország, Ausztria, Spanyolország, Portugália)	45
6. A napenergia termikus hasznosítása és alkalmazási lehetőségei Magyarországon	51
7. A hazai szakértőkkel készített felmérés bemutatása és kiértékelése	57
8. Megfontolásra szánt javaslatok a mindenkori kormányzat és kormányzati tanácsadók számára.....	61
8.1 Területhasználati szempontok.....	64
9. Végszó	66

Vezetői összefoglaló

Tudományosan elfogadott alaptétel, hogy a helyben elérhető megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák minél szélesebb körére van szükség az optimális energiamix kialakításánál. Ugyanakkor elkerülhetetlen az olyan energiamodellezés, amely az időjárási és földrajzi adottságokra, valamint a technológiák közötti szinergiákra, együttműködésekre egyaránt figyelemmel van.

Az eddigi elemzések és a kiszolgáltatottságunk mértékének ismeretében bizonyosan kijelenthető, hogy **az elsőszámú kormányzati feladat az energiamix diverzifikálása, illetve megújulóenergia-alapúvá alakítása** - különösen abban az esetben, ha a Nemzeti Energiastratégiában és a Nemzeti Energia- és Klímatervben egyaránt szereplő elsődleges stratégiai célkitűzést, nevezetesen az **energetikai autonómítás növelését** (vagyis hazánk kiszolgáltatottságának csökkentését) valóban komolyan gondolják a kormányzati szereplők.

A napelemteljesítmény bővítésére irányuló jelenleg érvényes tervek fényében **a szélerőművek telepítésére vonatkozó tiltást azonnal meg kell szüntetni**, mert ez sem energiagazdálkodási, sem gazdasági, sem társadalmi szempontból nem elfogadható, ráadásul a környezeti fenntarthatóság nézőpontjából sem védhető. A 2040-re vonatkozó tervekben szereplő 12 000 MW napelem-teljesítmény mellett legalább 6 000 MW hazai szélerőmű-teljesítmény működtetése indokolt a téli és nyári villamosenergia-igények biztonságos kielégítése érdekében. Hangsúlyozni kell ugyanakkor, hogy a nemzetközi vállalások és a hazai lehetőségek, illetve a kiszolgáltatottság csökkentésének fényében ezek az értékek cseppet sem tekinthetők ambiciózusnak! Legalább ennyire fontos, hogy a fenti két technológia mellett más megoldásokra (így például a hulladék alapú biogáztermelésre) is sokkal nagyobb hangsúlyt kellene fordítani a fejlesztésekben.

Ami a napelemes fejlesztéseket illeti, egészen bizonyos, hogy a jelenlegi gyakorlat, miszerint a kapacitások döntő többsége zöldmezős beruházás keretében valósul meg - rossz és éppen ezért elfogadhatatlan. Az alábbi területeken szükséges megfontolni a változtatást a minél diverzebb területhasználat érdekében:

- egyes víztestek és termőföldek kettős felhasználása villamosenergia-termelésre is;
- háztartások minél szélesebb körének bevonásával lakóépületekre történő telepítések, különösen városi területeken;
- ipari épületek tetőszerkezeteinek, hulladéklerakóknak, zajvédő falaknak minél kiterjedtebb kihasználása;
- általában is a 1 MW-nál kisebb napelem-farmok telepítése a nagyobbak helyett.

Azt is le kell szögezni, hogy a **területi tervezés** a napelemes fejlesztések területhasználatával kapcsolatban elengedhetetlen - ugyanakkor más energiatervezési feladatok esetében is legalább ennyire fontos! Az elsődleges cél a jelenlegi - vagyis a környezeti szempontokat teljes mértékben nélkülöző - telephelyválasztás felváltása egy olyan rendszerrel, amelyben regionális (például megyei) szintű tervezés történik a területhasználat optimalizálása érdekében. Az **energiaföldrajz** eszköztára (benne a

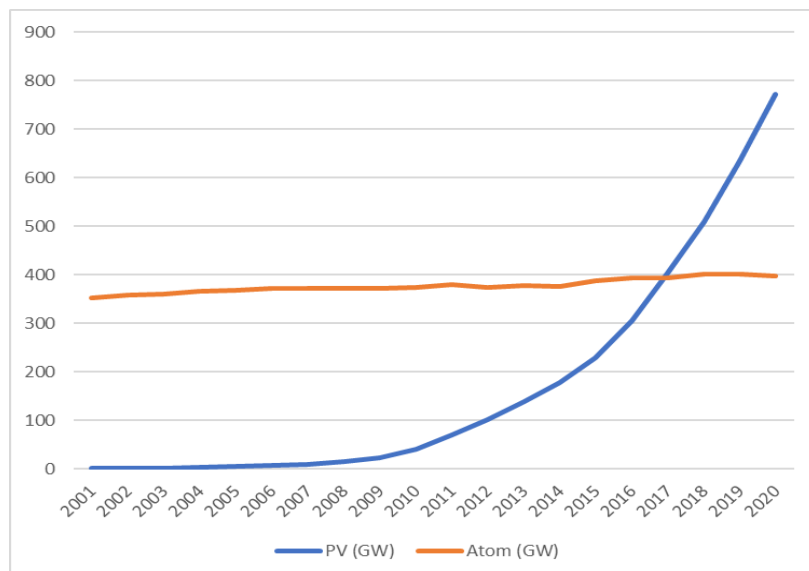
térinformatika) éppen efféle feladatok elvégzésére alkalmas, az egyetemek földrajz tanszékei pedig a felkészült szakembereket biztosítják ehhez a munkához.

Az épületekbe integrált napelemes megoldásokra és az agroPV technológiában rejlő hatalmas lehetőségekre hivatkozással biztosan állítható, hogy kulcsfontosságú az **agrármérnökök és építészmérnökök** sokkal intenzívebb bevonása az energiatervezési folyamatokba, mindemellett képzésük ezirányú reformja elkerülhetetlen az energetikai átmenet sikeres megvalósítása érdekében.

1. Bevezetés

Munkácsy Béla

A napelemes villamosenergia-termelés a globális energiarendszer-átalakulás rohamosan bővülő területe. Ennek nyilvánvalóan több oka is van, egyfelől a technológia életciklusára vetített alacsony és egyre csökkenő környezetterhelés (szerény üvegházgáz-kibocsátás¹, megoldott hulladékkezelési probléma²), másfelől az a tény, hogy a napenergia helyben rendelkezésre álló energiaforrás, így jelentős mértékben képes csökkenteni az importfüggőséget és kiszolgáltatottságot, ami napjainkban egyre inkább felértékelődő, tulajdonképpen nemzetstratégiai jelentőségű szempont. Az sem vitatható, hogy *ez ma a legolcsóbb villamosenergia-termelési technológia*.³



1. ábra: Az atomerőművi és a napelemes globális összteljesítmény alakulása 2001-2020 között (GW)^{4 5}

¹ Milousi, M., Souliotis, M., Arampatzis, G., & Papaefthimiou, S. (2019). Evaluating the Environmental Performance of Solar Energy Systems Through a Combined Life Cycle Assessment and Cost Analysis. Sustainability, 11(9), 2539. doi:10.3390/su11092539

² IRENA (2016). End-of Life Management - Solar PV Panels. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf

³ Kost, Ch. - Shammugam, S. - Jülch, V. - Nguyen, H-T. - Schlegl, T. (2018). Levelized cost of electricity - renewable energy technologies. Fraunhofer Institute. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf

⁴ <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/WorldTrendNuclearPowerCapacity.aspx>

⁵ <https://www.statista.com/statistics/280220/global-cumulative-installed-solar-pv-capacity/>

A méretgazdaságosság elvének alkalmazása azonban ezen a területen is oda vezet, hogy a befektetők minél nagyobb teljesítményű, egyszerre egyre nagyobb területigényű rendszereket igyekeznek megvalósítani.⁶ Erre ékes példa, hogy hazánk jelenlegi legnagyobb, 2021 májusában üzembe helyezett, 100 MW teljesítményű napelemfarmja önmagában is ~2 millió m²-nyi területet foglal el (2. ábra). Ez húszezer átlagosnak tekinthető (100 m²-es) lakóépület alapterületével vethető össze, aminek fényében indokoltnak tűnik a területhasználat kapcsán komolyabb vizsgáldást végezni.



2. ábra: 100 MW teljesítményű, több mint 2 millió m² területigényű napelemes rendszer Kaposvár térségében (a mérés készült Google Mymaps alkalmazással, 2021. 12. 17.)

Problémát jelent, hogy a befektetők és telepítők nézőpontjából a legegyszerűbb megoldásnak az látszik, ha zöldmezős telepítést választanak, ami a gyakorlatban azt eredményezi, hogy mezőgazdasági termőterületet vagy természeti területet borítanak be

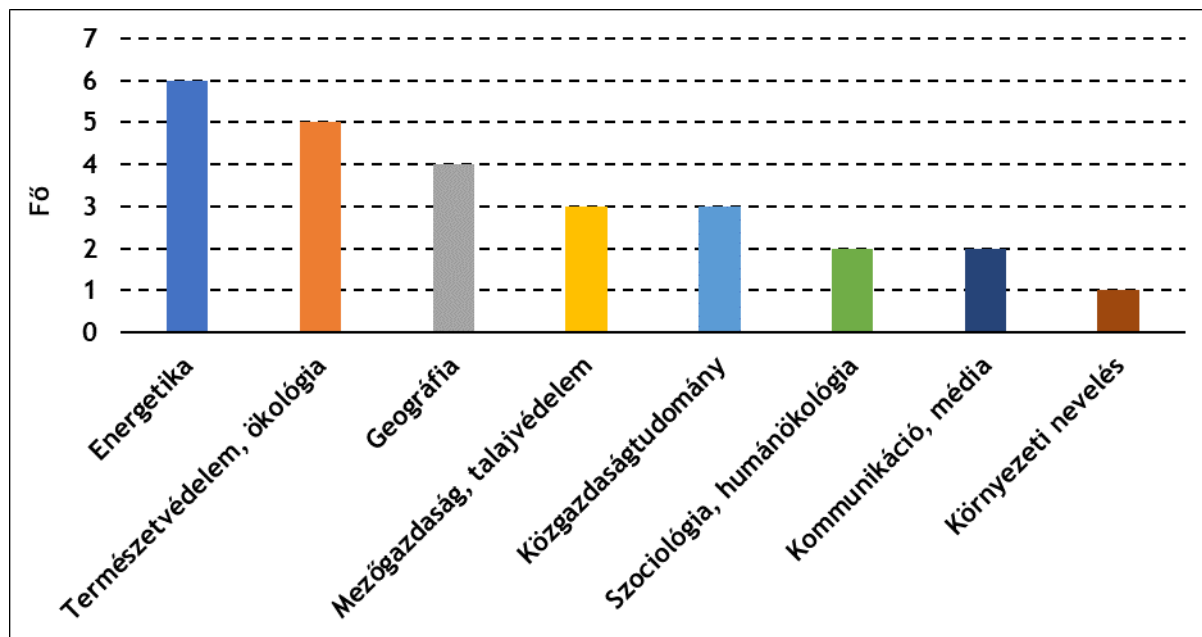
⁶ Xin-gang, Z., & Zhen, W. (2019). Technology, cost, economic performance of distributed photovoltaic industry in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110, 53-64. doi:10.1016/j.rser.2019.04.061

napelemekkel. Ez azonban - a nagyívű hazai tervek és a jelenlegi szabályozatlanság ismeretében - azt is előrevetíti, hogy a mezőgazdaság (így az élelmiszertermelés) és a természetvédelem nézőpontjából előbb-utóbb konfliktusok fogják terhelni a napelemes kapacitásbővítést, illetve megkérdőjeleződhet a projektek környezeti és társadalmi fenntarthatósága. A kötet szerzői úgy vélik, hogy e pillanatban még nem késő a - különben elkerülhetetlen és kívánatos - kapacitásbővítésről a környezeti-társadalmi szempontok és a területhasználat alternatív lehetőségeinek komolyabb mérlegelésével elgondolkodni. Ebben kíván segítséget nyújtani jelen tanulmány.

A tanulmány elkészítése során többféle módszertani elemet ötvözött a kutatócsoport.

- A vizsgálódás kiindulási pontját az **aktuális kormányzati tervek** és pályázati programok képezték. Ennek a projektemnek része volt, hogy **négy országgal**, nevezetesen a napenergia alkalmazhatósága szempontjából két jobb adottságúval (Spanyolország és Portugália), illetve két rosszabb adottságúval (Németország és Ausztria), valamint némely esetben Dániával, illetve annak stratégiai tervezési dokumentumaival mértük össze a hazai stratégiai elképzelések komolyságát;
- Tudományos jelentések széles körének feltárása, **-90 tudományos értékű szakirodalmi forrás** megállapításainak összegzése, statisztikai adatok elemzése, illetve egyszerű térinformatikai vizsgálódás járult hozzá a lehetőségek és potenciális konfliktusok feltárásához;
- A munka fontos komponense volt a témával foglalkozó **felkért szakértők** véleményének kérdőíves felmérése, amely révén a vizsgálódás horizontját igyekeztek a szerzők tágítani. Fontos szempont volt a **multidiszciplinaritás**, azaz, hogy a megkérdezett szakértők a tudomány minél szélesebb spektrumát fedjék le, beleértve a mérnöki területeket, a természet- és tájvédelmet, a geográfiát és a társadalomtudományokat is (**3. ábra**). A meghívott szakértők - többek között - az alábbi intézmények oktatói-kutatói gárdáját képviselték:
 - Budapesti Corvinus Egyetem;
 - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem;
 - Debreceni Egyetem, Műszaki Kar;
 - Eötvös Loránd Tudományegyetem, Társadalomtudományi Kar;
 - Milestone Institute;
 - Nemzeti Közszolgálati Egyetem;
 - Szent István Egyetem.

A felkérések esetében a tudományterületek közötti egyensúlyra való törekvés volt jellemző, ám a felkért szakértők eltérő válaszadási hajlandósága miatt egyes tudományterületek képviselői magasabb, mások alacsonyabb arányban jelennek meg a vizsgált mintában - lényeges további adalék, hogy a kutatás meghívott résztvevői két olyan tudományterületet is megjelölhettek, amelyhez munkásságukat besorolhatónak gondolják. **Válaszadásuk anonim módon történt.**



3. ábra: A válaszadók tudományterületek szerinti besorolása (szerk.: Pataki K. - Vajdovich N.)

A napelemes kapacitásbővítés témája bizonyosan kulcsfontosságú, amit az is igazol, hogy olyan fontos kutatások folynak/folytak a témában, mint a Fővárosi Önkormányzat „Nappal hajtva” projektjének napelemes-kataszter készítése vagy a Szolidáris Gazdasági Központ éppen a napokban befejezett társadalomtudományi dimenziójú vizsgálódása.

2. A jelenlegi helyzet és a kormányzati tervek bemutatása

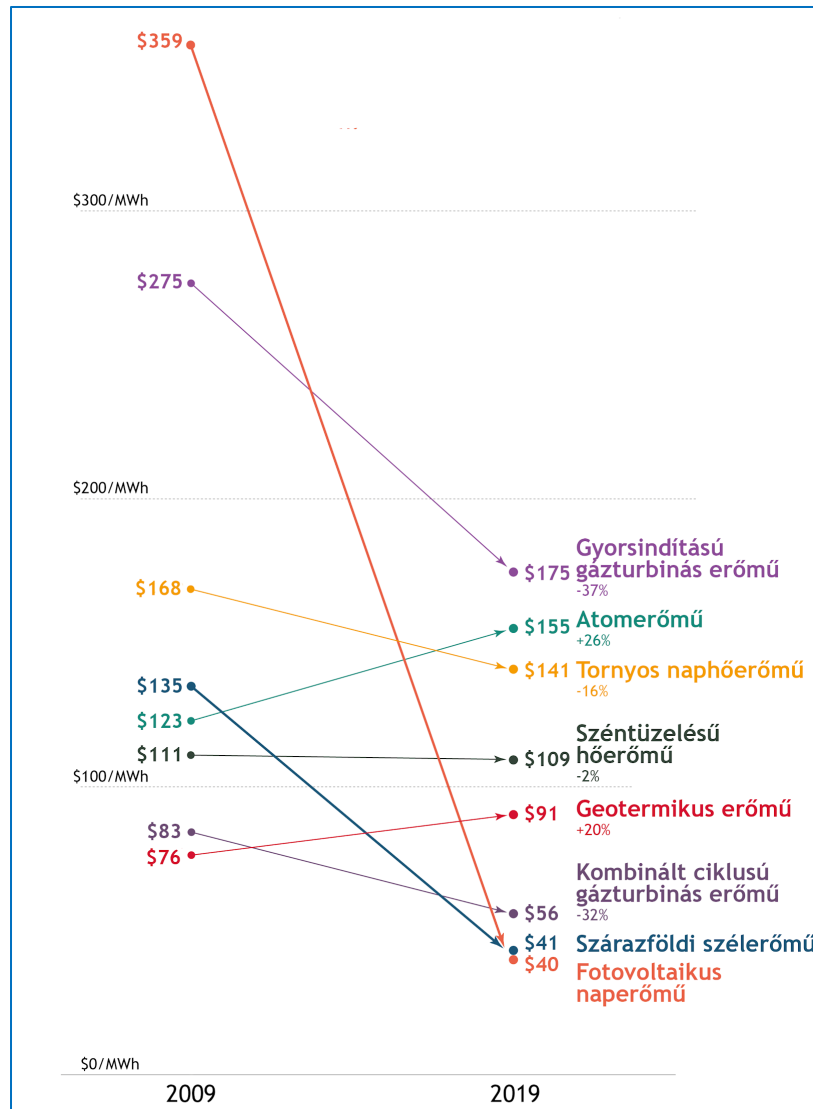
Munkácsy Béla

Napjainkban a napelemek összteljesítményének növekedése hazánkban is 40-50% körüli évente, jelenleg már 2 GW fölötti értékkel lehet számolni. Az **50 kW-nál nagyobb naperőművek** beépített teljesítőképessége a 2015-ös 6 MW-os szinthez képest mára meghaladta a 1700 MW-ot. A legjelentősebb bővülés a tavalyi évben történt, akkor 470,7 MW/év volt a növekedés. A napelemek 2021 harmadik negyedév végi adatok szerint, a villamosenergia-rendszer összes beépített teljesítőképességének ~16,5%-át teszi ki, a megújuló bázisú kapacitásnak több, mint 68%-át adják.⁷ A működő alkalmazások nagyobb része ma már ipari léptékű (50 kW-nál nagyobb teljesítményű), kisebb arányban dolgoznak a villamos hálózatra háztartási méretű kiserőművi berendezések (a magyar szabályozás szerint 50 kW-nál kisebb teljesítménnyel, de jellemzően 10 kW alatt).

A tanulmányunk fókuszában álló nagyobb rendszerek **területhasználata** szempontjából fontos látni, hogy hazánk legnagyobb, 2021 májusában átadott, kaposvári (100 MW-os, 2 km² kiterjedésű) napelempark (**1. ábra**) fő paraméterei alapján kijelenthetjük, hogy jelenleg elérhető az **50 MW/km²-es fajlagos teljesítmény, déli tájolás esetén**. Egy 2020 szeptemberében átadott belga rendszer adatai szerint (7 MW-os rendszer 44 000 m²-nyi területen)⁸ ez akár **160 MW/km²-re (320%-ra) emelhető kelet-nyugati tájolással (27. ábra)**. Igaz, a megtermelhető villamos energia mennyisége nem nő ugyanilyen szorzóval, ugyanis a déli tájolóshoz képest kelet-nyugati tájolás esetén „csak” ~260%-nyi termelés várható az adott területen kialakított napelemes erőműnek köszönhetően (~60 helyett ~160 GWh).

⁷ MAVIR (2021): Trendforduló az áramtermelésben - több nap, és gáz, kevesebb szén. <https://www.mavir.hu/web/mavir/-/trendfordulo%C3%B3-az-%C3%A1ramtermel%C3%A9sben-t%C3%B6bb-nap-%C3%A9s-g%C3%A1z-kevesebb-sz%C3%A9n?returnPlid=237657540>

⁸ <https://www.sibelco.com/media/flanders-first-floating-solar-park-opens-at-sibelco/>



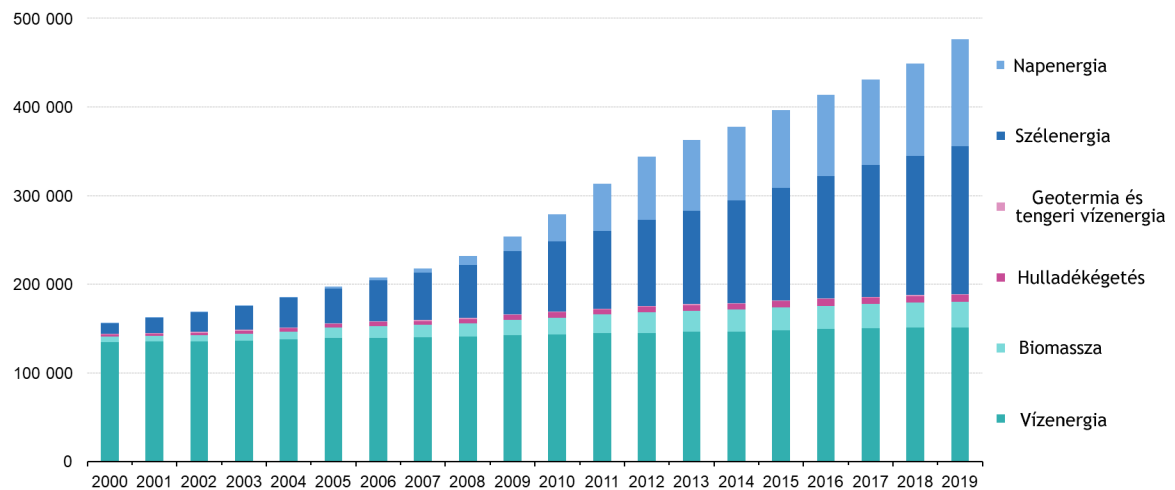
4. ábra: A villamosenergia-termelés költségének (LCOE) változása 2009 és 2019 között.⁹ A legnagyobb mértékű csökkenés a napelemek (89%) és a szélturbinák (70%) esetében mutatkozik, ezek mára világviszonylatban a legolcsóbban termelő technológiákká léptek elő. Mindeközben napjainkra az atomenergia lényegében megfizethetlenné vált.

A napelemes villamosenergia-termelés globális térnyerése teljes mértékben érthető. A technológia - sok egyéb mellett - az alábbi kétségtelen előnyöket ígéri (és megfelelő tervezés és kivitelezés esetén ezek el is érhetők):

- Megfelelő telepítés esetén a legolcsóbb villamosenergia-termelés érhető el (4. ábra);
- Erősíti az energiafüggetlenséget, csökkenti a külföldi energiaforrásoknak (és érdekeknek) való kiszolgáltatottságot;
- Csökkenti az energiaszektor környezeti terhelését, még a szükséges további beruházások (pl. IT fejlesztések) környezeti hatásait figyelembe véve is;

⁹ Roser, M. (2020). Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth? Our World in Data. 2020. december 1. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>

- Erősíti az energiademokrácia intézményét, köszönhetően az egészen kisléptékű, háztartási alkalmazások megvalósíthatóságának és az energiaszövetkezetekben rejlő lehetőségeknek;
- Munkahelyteremtési szempontból is értelmezhetők a napelemes beruházások, akár gazdaságilag rossz adottságú, periférikus térségekben is.

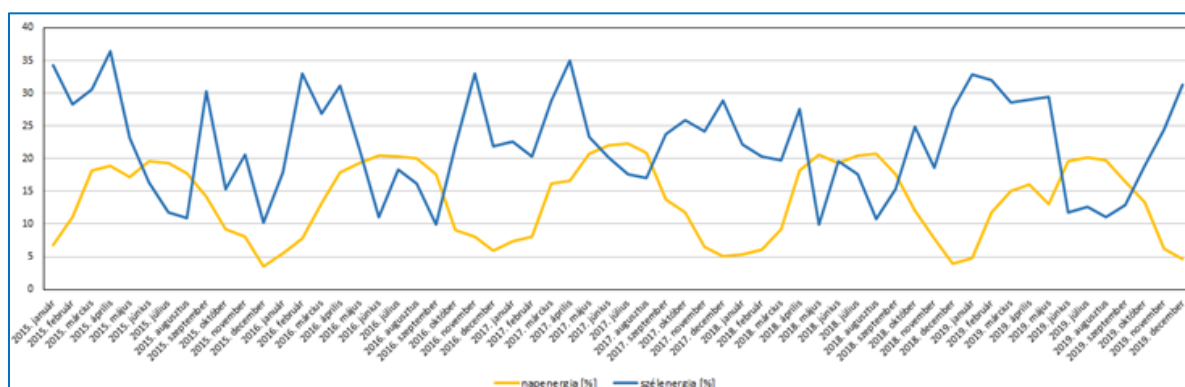


5. ábra: A megújuló energiaforrások és hulladékok nettó összteljesítményének alakulása az EU-27-ben (MW), 2000-2019¹⁰

A fentieknek köszönhető, hogy a **napelemparkok és szélerőművek a fejlett európai gazdaságokban egyszerre sokasodnak, ráadásul igen gyors ütemben (5. ábra), mert a két technológia egymás jó kiegészítője.** A napelemparkok napi átlagos kapacitásfaktora jellemzően 20%, téli 10% körüli minimummal. A sok éves magyarországi termelési adatok elemzése alapján kijelenthető, hogy a szélerőművek esetében a téli időszak a kedvezőbb, ekkor átlagosan 30% a kapacitásfaktor (de gyakoriak a 70% feletti napi adatok is), míg a nyári időszakban jellemzően 15%-os átlagos kapacitásfaktort produkálnak (de alkalmanként a 40%-ot is elérik) (6. ábra).¹¹

¹⁰ Eurostat (2021). Electrical capacity for wind and solar photovoltaic power - statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electrical_capacity_for_wind_and_solar_photovoltaic_power_-_statistics

¹¹ Munkácsy B. et al. (2020). A szélenergia a 21. században - és Magyarországon. https://energiaklub.hu/files/study/Energiaklub_Sz%C3%A9lenergia%20a%2021.%20sz%C3%A1zadban_2.pdf



6. ábra: A napelemek és szélturbinák kapacitásfaktorának (%) alakulása Magyarországon a meglévő berendezések napi termelési adatai alapján a 2015-2019 közötti időszakra vonatkozóan.¹²

A 6. ábra alapján komolyabb számítás nélkül is világosan látható, hogy a hazai időjárási körülményeket - és az ebből fakadó kapacitásfaktor adatokat - figyelembe véve az energiamixben a napelemek összteljesítményéhez képest a szélturbináknak mintegy 50%-os összesített teljesítményt kellene elérniük. Tehát **a 2030-ra vonatkozó kormányzati tervekben szereplő 6454 MW-os napelemes teljesítmény mellé hozzávetőlegesen 3230 MW szélturbina-teljesítmény szükséges, a 2040-es 12 000 MW-hoz pedig nagyságrendileg 6000 MW szélturbina-teljesítmény dukál a télen visszazuhanó napelemes termelés pótlására.** A villamos energiát és környezeti hőt egyaránt felhasználó **hőszivattyúk széleskörű elterjedésével az arányok vélhetően a téli fogyasztás felé billennek majd el, ami a fent jelzethez képest még nagyobb szélenergia-teljesítményeket követel.**

Ami ennek realitását illeti, azt egy nemzetközi összehasonlítással érdemes vizsgálni, melynek középpontjában a **kelet-német** tartományokban lezajlott szélerőmű-kapacitásbővítés áll. A tavalyi év (2020) végére a 108 333 km²-nyi országrészben **19 475 MW szélerőmű épült ki 2000 óta**¹³, ráadásul döntő többségében nem a tengerparti térségben. Ez átlagosan **0,18 MW/km²** fajlagos mutatót jelent. Ugyanezt az értéket a **hazai viszonyokra alkalmazva 16 724 MW szélerőmű-kapacitás adódik** egyfajta potenciálként, tehát csak a kelet-német tartományok fejlesztését másolva ilyen szélerőmű-teljesítmény volna elérhető 20 esztendő leforgása alatt - figyelmen kívül hagyva a technológiai fejlődés kínálta többlet lehetőségeket. A 2040-re becsült optimalizált energiamix kapcsán említett 6000 MW pedig jócskán ez alatti érték. A hazai fejlesztési források racionális átcsoportosítása révén az ehhez - és a szükséges infrastrukturális

¹² Munkácsy B. et al. (2020). A szélenergia a 21. században - és Magyarországon. https://energiaklub.hu/files/study/Energiaklub_Sz%C3%A9lenergia%20a%2021.%20sz%C3%A1zadban_2.pdf

¹³ Deutsche WindGuard GmbH (2021). Status of onshore wind energy development in Germany, year 2020. https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/dokumente-englisch/statistics/Status_of_Onshore_Wind_Energy_Development_in_Germany_-_Year_2020.pdf

fejlesztésekhez - kapcsolódó finanszírozás könnyen biztosítható, hiszen ez esetben a kockázati tőkebefektetők, illetve jó esetben energiaszövetkezetek hozzájárulására és nem az adófizetők pénzére van szükség (szemben a tervezett paksi beruházással, ami minden magyar állampolgár számára -egymillió forintos kiadásként értelmezhető, ráadásul úgy, hogy ebben az összegben a radioaktív hulladékok kezelésének különféle, ám összességében nagyságrendileg hasonló költségei nem is szerepelnek).

A fent felvázolt problémára a tudományos szakirodalom¹⁴ és a nemzetközi tapasztalatok¹⁵ alapján is a szélenergia kapacitásbővítést kapjuk válaszul, ám a kormányzat értékelhető szakmai érvelés nélkül ezt a megoldást kifejezetten elveti, a szélenergia-szektor kapacitásbővítését 2040-ig - az általános nemzetközi gyakorlattal szöges ellentétben - nem tervezi.

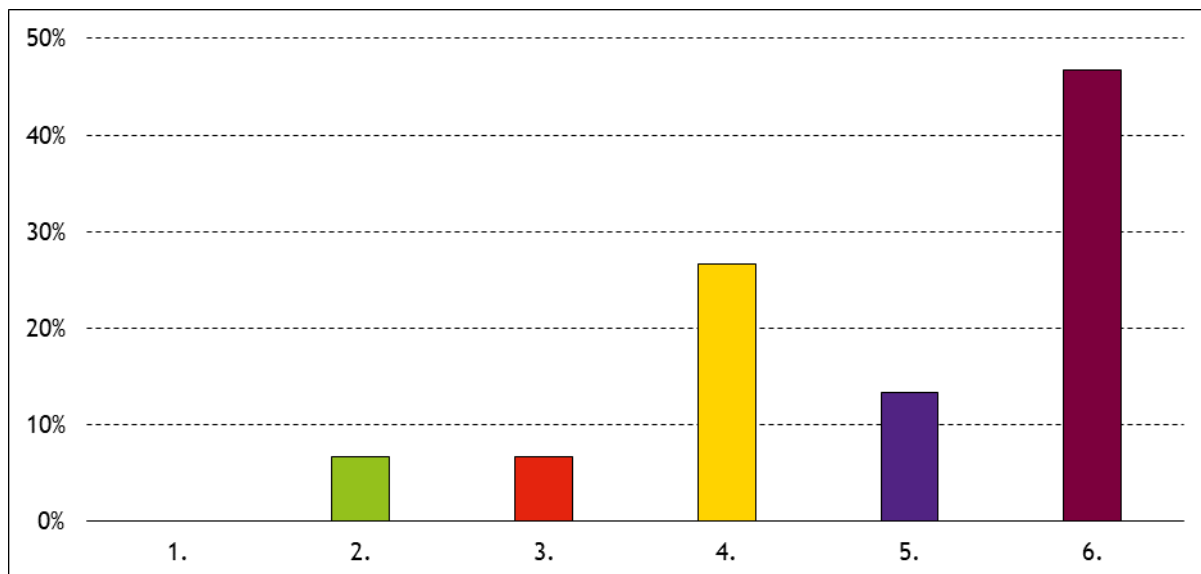
Nyilvánvaló tehát, hogy az elkövetkező években alapvető energiapolitikai és nemzetstratégiai fordulatra van szükség a hazai döntéshozók részéről, fő célként az ország importfüggőségének, kiszolgáltatottságának minél jelentősebb csökkentését fókuszba állítva, eszközként a hazai megújuló energiaforrások minél szélesebb körének legteljesebb és tervszerű kiaknázását felhasználva. Efféle törekvések azonban nem látszanak a legújabb stratégiai dokumentumokban.

A ***Nemzeti Energia és Klímaterv*** (NEKT) és a ***Nemzeti Energiastratégia 2030*** (NE2030) szerint a villamosenergia-termelés egyre nagyobb arányban megújuló energiaforrásokra kellene épüljön. ***Ám a magyar tervezési dokumentumok szerzői a villamosenergia-termelésben is csak 21%-os részarányt vizionálnak (9. ábra), döntően napelemre alapozva,*** amivel továbbra is az EU sereghajtói között maradunk - miközben a dániai célérték nem kevesebb, mint 109%...¹⁶

¹⁴ Heide, D. - Bremen, L. Greiner, M. - Hoffmann, C. - Speckmann, M. (2010). Seasonal optimal mix of wind and solar power in a future, highly renewable Europe. *Renewable Energy*, 35. 11. 2483-2489 pp. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.03.012>

¹⁵ Buck, M. - Redl, C. - Steigenberger, M. - Graichen, P. (2016). The Power Market Pentagon A Pragmatic Power Market Design for Europe's Energy. *Agora Energiewende* 53. p. Transition https://www.agoraenergiewende.de/fileadmin2/Projekte/2016/Power-Market-Pentagon/Agora_PENTAGON_WEB.pdf

¹⁶ Munkácsy B. et al (2020): ***Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervének értékelése a fenntartható energiagazdálkodás nézőpontjából.*** Energiaklub. <https://energiaklub.hu/files/study/Energiaklub%20NEKT%20v%C3%A9lem%C3%A9ny.pdf>



7. ábra: „Mennyire tartja aggasztónak, hogy csak a napenergia-hasznosítást favorizálja az aktuális hazai energiastratégia, miközben minden más megújuló energiaforrásra legfeljebb csak szerény figyelmet szentel (biogáz-technológia, geotermia) vagy egyenesen korlátoz (szélenergia)?” Az 1-től 6-ig terjedő skálán az 1-es a "cseppet sem aggasztó, sőt, kifejezetten logikus", míg a 6-os a "Kifejezetten aggasztó, hibás elképzelés". (szerk.: Pataki K. - Vajdovich N.)

A jelen kutatásban megkérdezett 15 szakértő többségének véleménye szerint, ha az előrejelzett módon alakul majd a teljesítménybővítés, **várhatóan kisebb vagy nagyobb nehézséget jelent majd, hogy a tervezett energiamix kiegyensúlyozatlan (7. ábra)**. Ez az aránytalanság arra vezethető vissza, hogy a teljesítménybővítés a megújulók vonatkozásában szinte csak a **napenergia-teljesítménybővítésre leszűkített**, tehát a szélenergiát teljes mértékben negligálja, a biogáz-felhasználás kapcsán csak ködös képet rajzol fel. A vízenergia és a geotermia vonatkozásában sem tervez jelentős változást. A tervezett kapacitásbővítés másik célterülete az **atomenergia**, ami hazánkban 1996 óta teljes egészében import erőforrásra támaszkodik, így kifejezetten **rossz irány a kulcsfontosságúként meghatározott energifüggetlenség, az autonómítás szempontjából** (is). Különös, hogy a NEKT és az NE2030 megálmodói és az aktuális kormány éppen ennek erősítését várják a tervezett paksi projektől.

Figyelemre volna érdemes, hogy a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont már 2016-ban¹⁷, a Magyar Nemzeti Bank Fenntartható Pénzügyek Főosztálya¹⁸ pedig nemrégiben hívta fel a figyelmet az erőforrásoldal aránytalanságaira. Nyilván ezzel is összefügg, hogy -

¹⁷ Végh Zsófia (2016). Évi 25 milliárdba fáj a szélerőművek mellőzése - interjú Mezősi Andrással, a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) kutató főmunkatársával. <https://nrgreport.com/cikk/2016/10/10/evi-25-milliardba-faj-a-szeleromuvek-mellozese>

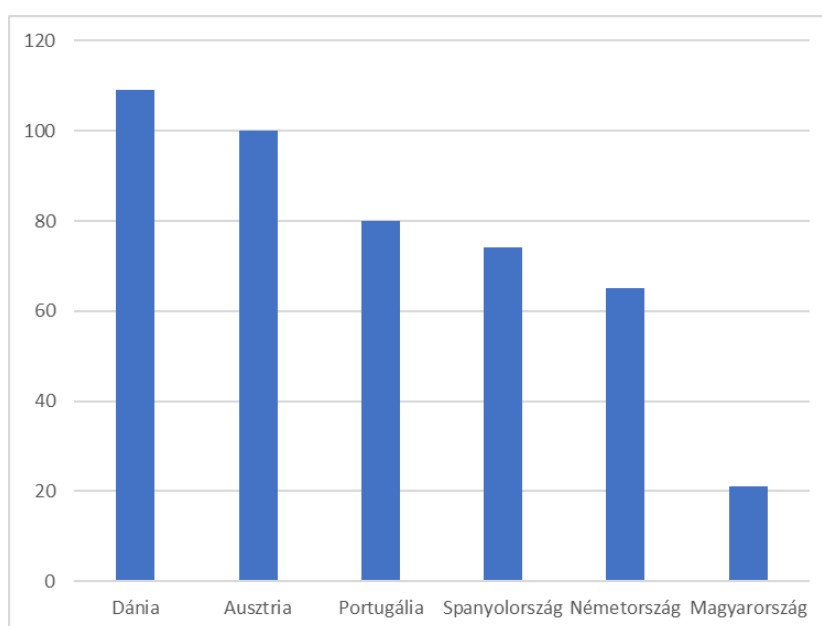
¹⁸ Baji G. Sz. N. - Gyura G. - Jókuthy L. - Papp D. (2021). A hazai megújulóenergia-termelés finanszírozása. Kihívások és lehetőségek. Magyar Nemzeti Bank. <https://mnb.hu/letoltes/20210121-hazai-meguujulo-energiatermeles-finanszirozasa.pdf>

független elemzők szerint - nemzetközi összevetésben hazánk klímavédelmi politikája komoly lemaradásban van, ráadásul teljesítménye évek óta folyamatosan romló.¹⁹

	2021-ben elért helyezés
Dánia	4
Németország	13
Portugália	16
Spanyolország	34
Ausztria	37
Magyarország	53

8. ábra: Néhány európai ország által elért helyezés a kormányzati klímavédelmi erőfeszítéseket értékelő *Climate Change Performance Index 2021* novemberében publikált listáján²⁰

A fenti elemzés lesújtó eredményének alátámasztására számos mutató kínálkozik, ezek közül az egyik egy korábban már említett adat, nevezetesen a **2030-ra tervezett megújulóenergia-részarány, tehát a helyben hozzáférhető energiaforrások** részesedése, amelyben sajnos óriási lemaradásban vagyunk (9. ábra).

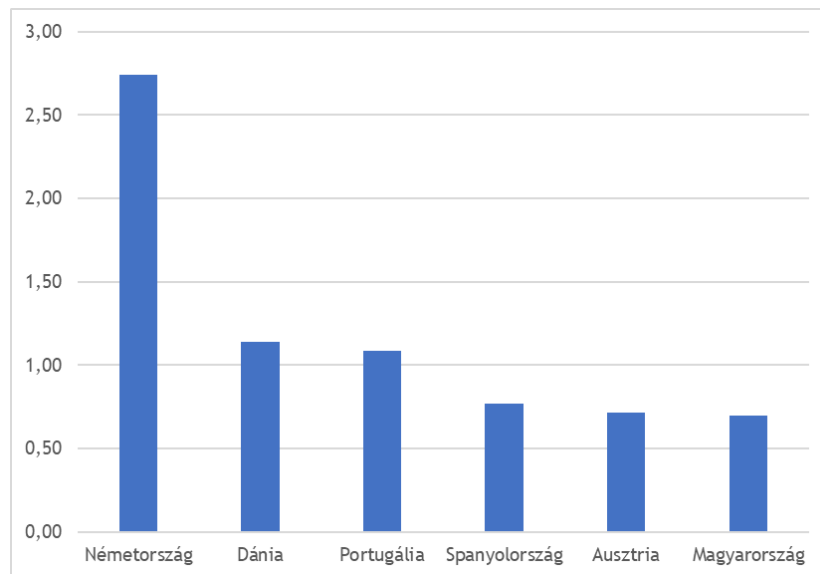


9. ábra: Néhány európai ország tervezett megújulóenergia-részaránya a villamosenergia-termelésben 2030-ban (%) a jelenleg érvényben lévő nemzeti energia- és klímatervek szerint

¹⁹ Puertas, R., & Marti, L. (2021). International ranking of climate change action: An analysis using the indicators from the Climate Change Performance Index. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111316. doi:10.1016/j.rser.2021.111316

²⁰ Burck, J. - Uhlich, T. - Bals, Ch. - Höhne, N. - Nascimento, L. - Tamblyn, A. & Reuther, J. (2021). *Climate Change Performance Index 2022*. <https://ccpi.org/download/climate-change-performance-index-2022-2/>

A másik adat, ami igazolja a rossz eredményt, a napelemekkel kapcsolatos, amely az egyetlen megújulóenergia-alapú technológia, amely hivatalos stratégiáinkban a villamos energia tekintetében érdemben megjelenik. Ha nemzetközi összevetésben vizsgáljuk a hazai napenergiás terveket, világossá válik, hogy az első látásra komoly kapacitásbővítés sokkal inkább szerénynek nevezhető. Az egységnyi területre számított, 2030-ra tervezett napelem-teljesítmény kapcsán hazánk esetében csak 0,69 GW/100 km²-es fajlagos érték adódik, amivel ebben az összehasonlításban is a sor legvégére kerülünk (10. ábra).



10. ábra: Néhány európai ország, 2030-ra tervezett napelemes-teljesítménye (GW) 10 000 km²-re vetített fajlagosként bemutatva (a jelenleg érvényben lévő nemzeti energia- és klímatervek (NECP) szerint)

3. Néhány területhasználattal kapcsolatos összefüggés az eddigi METÁR tenderek kapcsán

Harmat Ádám, Munkácsy Béla

A jelenlegi, externáliákkal erősen torzított versenyhelyzetben a megújuló energiaforrások térnyerése a legtöbb esetben különféle támogatásokkal gyorsítható fel. Hazánkban beruházási támogatások (pl. KEHOP) és 2016 végéig a kötelező átvételi rendszer (KÁT) révén juthattak többletbevételhez a tulajdonosok és üzemeltetők. 2017 óta a Megújuló Energia Támogatási Rendszer (METÁR) a legfőbb költségvetési eszköz a megújuló energiák alkalmazásának felkarolására. A METÁR prémium alapú pályázati rendszer, amelyben kizárólag új beruházással vehetnek részt a beruházók. A tervezett teljesítmény nagysága alapján két kategóriában (kis vagy nagy) kell meghatározniuk az ajánlati árat (Ft/kWh) és a tervezett villamos energia mennyiségét. Az adott felhívástól függően 300-500 GWh megtermelt zöld áram támogatása lehetséges tenderenként. A támogatás mértéke a rendeletben meghatározott referencia piaci ár és az ajánlati ár különbsége, futamideje 15 év. Lényeges, hogy ezen időszak alatt a termelőnek magának kell értékesítenie a megtermelt energiát a villamosenergia-piacon.

A METÁR elvileg technológiafüggetlen, vagyis bármilyen megújulóenergia-alapú technológiával lehet rá pályázni. Azonban a gyakorlatban szinte kizárólag napelemes pályázatok érkeznek be: az első három tenderen összesen **benyújtott 608 pályázatból mindössze négy „nem-napelemes” volt**: három hulladéklerakó-alapú biogáz és egy geotermikus. Az elmúlt hetekben megtörtént a negyedik tender kiírása.

A 2021. évi eredményeket vizsgálva az is megállapítást nyert, hogy

- a támogatást nyert projektcégek közül már alig 1% volt a beruházás által érintett településre bejegyezve;
- a támogatott projektcégek esetében a végső tulajdonosok 86%-a részben vagy egészben külföldi lakhelyű magánszemély;
- a jelenlegi hazai napelemboom jelenleg alapvetően növekedési és profitkényszeren alapszik.²¹

3.1 Barnamezős fejlesztések és METÁR

A területhasználat szempontjából lényeges, hogy a METÁR is különbséget tesz a **barnamezős és a zöldmezős** beruházás között. Az előbbi olyan területen valósul meg, ahol korábban jellemzően valamiféle ipari vagy kereskedelmi tevékenység folyt, és amely

²¹ Szolidáris Gazdasági Központ (2021). A napelemboom sötét oldala. 49 p. https://szolidarisgazdasagkozpont.hu/documents/napelemboom.pdf?fbclid=IwAR1Ydbk61_-f27MRRrC9rkrVdxRpT6sCAcpMe9wFL2jyLXcpzuCRs1Zc86Q

esetleg kisebb mértékű szennyezéssel lehet terhelt.²² Utóbbi esetben általában mezőgazdasági művelés alatt álló terület átalakítása történik. Vélhetően a termőterület védelmére tekintettel a METÁR pályázati rendszerében az **ajánlott árak egyezése esetén előnyt élveznek a barnamezős beruházások**, tehát elvileg egy kicsivel nagyobb eséllyel kerülhetnek a nyertes projektek közé.



11. ábra: Tipikus barnamezős beruházás a Mátrai Erőmű felhagyott salakhányójának 150 hektáros rekultivált területén, 30 hektáron kialakított napelemes projekt.²³

A nyilvánosságra került adatok alapján az **első tender** alkalmával a 118 érvényes pályázatból 24 volt barnamezős (~20%), ebből 17 pályázat nyert (ami a nyertes pályázatoknak 24%-a). Közel hasonló arányt kapunk, ha a nyertes pályázatok beépített kapacitását nézzük: habár a „kicsi” kategóriában csak minden ötödik MW fog barnamezőn

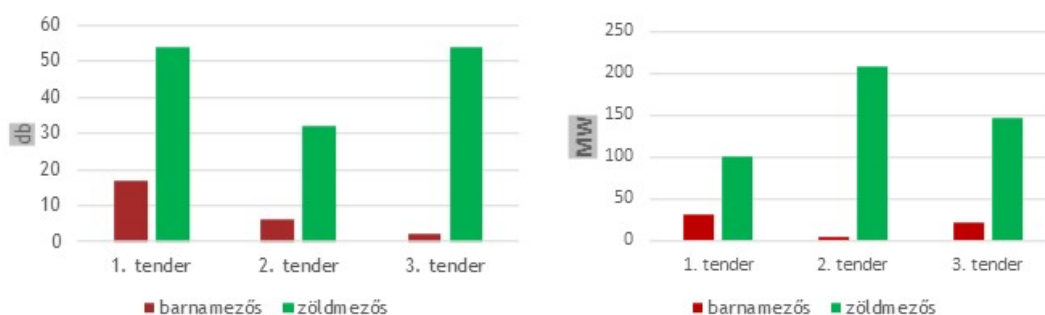
²² A barnamezős területek definiálására a METÁR **Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvényben** foglalt meghatározást alkalmazza, amely szerint a barnamező „*olyan földrészlet vagy földrészletek összessége - ide nem értve a mező- és erdőgazdasági területeket -, amely elsősorban ipari, kereskedelmi, közlekedési vagy honvédelmi célú felhasználást követően felhagyottá, alulhasznosítottá vagy leromlott állapotúvá vált, jellemzően környezetszennyezéssel terhelt, ugyanakkor környezeti és műszaki beavatkozással értéknövelt, fejleszthető területté alakítható.*”

²³ A fotót készítette: CivertanS - CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44897719>

megvalósulni, addig a „nagy” kategóriában 35% a barnamezős projektek aránya (a 7 nyertes pályázatból 4 db), ha pedig egyben nézzük a két kategóriát, 23%-os a barnamezős projektek aránya.

A **második tenderen** az elsőhöz képest jelentősen csökkent a barnamezős pályázatok aránya és sikeressége is. Az érvényes pályázatok száma csaknem megduplázódott, 225 érvényes pályázat érkezett be, ám ebből csak 31 db volt barnamezős (14%), ráadásul ezekből mindössze 4 db nyertes akadt (11%). Vagyis, ha abszolút értékben nem is csökkent a benyújtott barnamezősök száma a két tender között, arányuk jelentősen csökkent. **A legnagyobb csökkenés a „nagy erőművek” esetében történt, ugyanis a 21 db benyújtott barnamezős pályázatból egyik sem nyert!** Éppen ezért, ha az összteljesítményt nézzük, arányuk végeredményben mindössze 1,6%-ot tesz ki.

A **harmadik tender** esetében tovább folytatódott ez a negatív trend. A 118 érvényes pályázatból ebben a körben már csak 7 darab volt barnamezős (6%), az 57 nyertes közül pedig mindössze 2 db (4%). Mivel ebből az egyik a nagy kategóriában volt nyertes, ezért teljesítményt tekintve valamivel jobb az arányuk, nevezetesen 12%.



12. ábra: Az első három METÁR-tender eredményei a zöldmezős és barnamezős területhasználat vonatkozásában egyfelől a darabszám, másfelől a teljesítmény nézőpontjából (szerk.: Harmat Á.)

Összességében az látszik, hogy a csaknem 511 MW-nyi nyertes összteljesítmény mindössze 11%-át teszik ki a barnamezős pályázatok. Ez az alacsony arány erősen megkérdőjelezi a jelenlegi barnamezős támogatási forma sikerességét.

3.2 A jelenlegi METÁR szabályozás értékelése a barnamezős területhasználat nézőpontjából

Az első két tender ajánlati árait vizsgálva megállapítható, hogy sem a „kicsi”, sem a „nagy” kategóriában nem fordult elő, hogy a barnamezős jelleg - áregyenlőség esetén -

győzelemhez segítette volna a pályázót. Tehát a barnamezős területekre vonatkozó speciális szabályozás mindeddig egyetlen esetben sem jelentett versenyelőnyt a pályázók számára. Sőt, a definícióból kiindulva, egy barnamezős terület hasznosítása valójában plusz költséget jelenthet, ha azt (kár)rendezni szükséges. Tovább bonyolítja a helyzetet az, ahogyan az energiahivatal (MEKH) definiálja a területeket barnamezős jelleggel. A leírás szerint ugyanis minden területet barnamezősnek tekint, amely **nem mezőgazdasági, illetve nem erdőterület a pályázat benyújtásának idejében.**²⁴ Vagyis szélsőséges esetben barnamezősnek tekintendő egy olyan mezőgazdasági terület, amelyet korábban - akár közvetlenül a pályázat előtt - vontak ki művelés alól, ám soha nem szolgált ipari vagy kereskedelmi célokat. Mivel azonban érdemi előnyt láthatóan nem jelent a barnamezős jelleg, ezért az ilyenfajta ügyeskedés valószínűsége elenyésző. Ugyanakkor az első tender előtt a fentieket még nem lehetett tudni, így a műholdfelvételeket és a településrendezési terveket vizsgálva felszínre bukkanhatnak efféle esetek. Ilyen például Tápióticske külterületén az a 9 db helyrajzi számmal érintett egybefüggő földterület (**13. ábra** és **14. ábra**), amely az első METÁR tenderen barnamezős területként nyert támogatást. A tulajdoni lapok szerint már régen művelésből kivont terület, ám a valóságban termőterületnek vagy természeti területnek tűnik, ami nemcsak a Google Earth Pro felvételei alapján mutatott hasonló képet már 20 évvel ezelőtt, de a fentrol.hu weboldalon elérhető, 1973-ban és 1992-ben készített légifelvételek szerint is.



13. ábra: Tápióticske 119-127 hrsz. földrészelei pirossal kiemelve egy 1973-ban, illetve fekete vonallal körbehatárolva látszik egy 1992-ben készített légifelvételen²⁵

²⁴ Nem tartozik a mező- és erdőgazdasági földek forgalmáról szóló 2013. évi CXXII. törvény, vagy az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény hatálya alá

²⁵ A fényképfelvételek a fentrol.hu oldalról származnak



14. ábra: Tápióbicske 119-127 hrsz. földrészletei sárgával kiemelve a GoogleMaps felvételei szerint, amely az első METÁR tenderen barnamezős területként nyert támogatást



A harmadik tenderen győztes egyetlen „nagy” kategóriás barnamezős pályázata is jól mutatja a jelenlegi rendszer gyenge pontjait. Habár a fejlesztés valóban egy korábbi ipari területet érint, a már bezárt petőházi cukorgyár bezárt zagyterét, itt a rekultiváció már jóval korábban befejeződött, majd a terület mezőgazdasági művelési ágba került. Ahogy a Fertődöt érintő helyrajzi számok esetében kiderül egy polgármesteri határozat jegyzőkönyvéből²⁶, a területet - röviddel a határidő előtt, a pályázó cég kérésére - sorolták át Má-2 mezőgazdasági területből megújuló termelést szolgáló különleges beépítésű övezetté (Kb-En).

²⁶ http://www.fertod.hu/fertod/www.fertod.hu/doctar/2021-kepv-jgyvk/17_pm.pdf

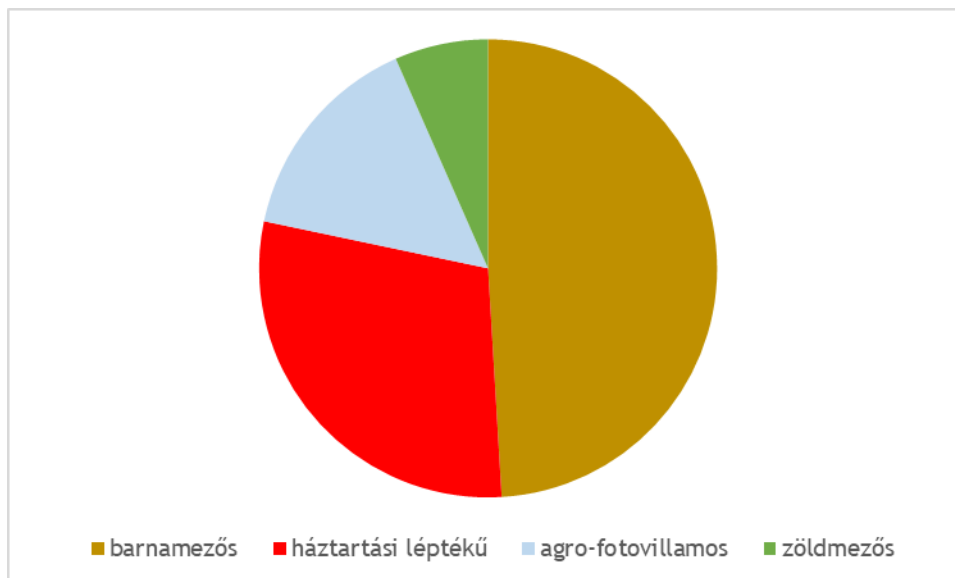


15. ábra: A Fertődöt, Fertőszentmiklóst és Petőházát érintő barnamezős beruházással érintett, sárgával kiemelt terület 1991-ben (fentrol.hu) és napjainkban (Google Maps)

4. Alternatív megoldások a napelem-teljesítmény bővítésére

Munkácsy Béla

A napelemes beruházások területhasználatának optimalizálása fontos és a jövőben egyre jelentősebb kihívás lesz, különösen az eddigi megoldások, nevezetesen a jellemzően nagy kiterjedésű zöldmezős beruházások fényében. Ezt igazolja a projekt keretében megkérdezett külső szakértők véleménye is, mely szerint a területhasználat eddigi gyakorlata nem folytatható tovább. Véleményük szerint ezt a megoldást teljesen háttérbe kell szorítani és helyét át kell adni a magyar családok minél teljesebb bevonására építő háztartási léptékű alkalmazásoknak és a komplex területhasználati-tájhasználati megközelítéseknek, például a barnamezős megoldásoknak és az agro-fotovillamos alkalmazásoknak.



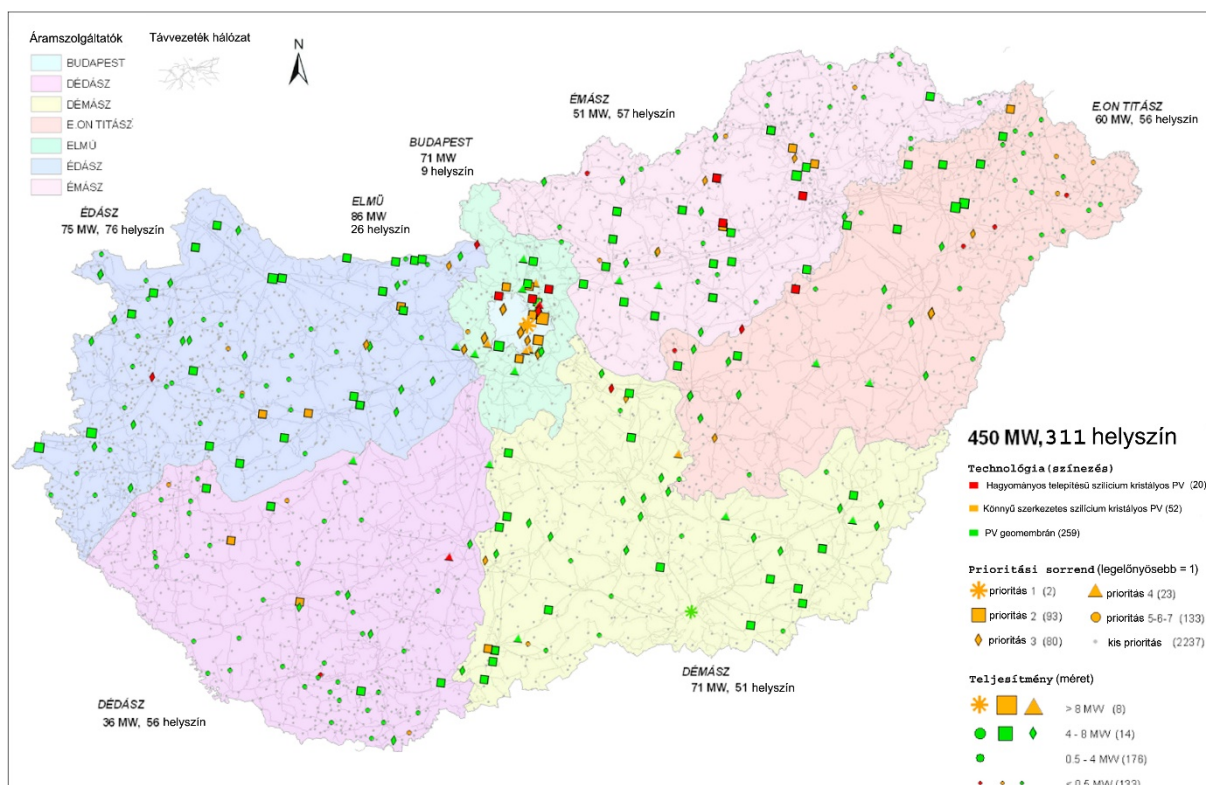
16. ábra: A különféle napelemes területhasználatok célszerű aránya a jelen projektben megkérdezett szakértők véleménye szerint. A diagram a 15 vélemény átlagát ábrázolja.

4.1 Barnamezős alkalmazási lehetőségek

Mátyás András, Munkácsy Béla

Ahogy az a korábbiakban már kiderült, a barnamezős területhasználat, vagyis a felhagyott területeknek újra a gazdasági folyamatokba való integrálása, mindenképpen követendő gyakorlat.

A **hulladéklerakók** kifejezetten jó lehetőséget kínálnak, ha napelemes hasznosításról beszélünk, mert nagy és teljesen nyitott teret biztosítanak, ahol a napelemek optimális tájolása jellemzően nem ütközik akadályba. A projektek értékes területhasználatot nem veszélyeztetnek és a látkép rombolása sem jöhet szóba. Emellett azt is érdemes megjegyezni, hogy egy efféle barnamezős kialakítás esetében általában már nem kell megfizetni a szállításhoz szükséges út kiépítését, illetve legtöbb esetben már a kerítés is rendelkezésre áll, sőt, sokszor az országos villamos hálózatra való csatlakozás is megoldott. Mindent összevetve, egy ilyen rendszer nagy valószínűséggel olcsóbban kivitelezhető, mint egy zöldmezős beruházás.²⁷



17. ábra: A napelemes rendszerekkel kombinálható hulladéklerakó-telepek elhelyezkedése és villamosteljesítmény-potenciálja (Szabó S. et al. [2017] ábrája javítva)

²⁷ Szabó S, Bódis K, Ioannis K, Moner-Girona M, Jäger-Waldau A, Barton G, Szabó L. (2017): A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 1291-1300. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.117

Magyarországon jelenleg körülbelül 51 km² kiterjedésű annak a 2568 lerakónak a területe, melyek az elmúlt évtizedekben üzemeltek vagy még üzemben vannak.²⁸ Egy nemrégiben végzett alapos vizsgálódás során ezek közül - a villamos hálózattól való távolság és az elérhető teljesítmény (min. 250 kW) együttes figyelembevételével - Szabó és társai²⁹ csak a 331 legjobb adottságúval számoltak esetleges napelemes fejlesztések helyszínéként, melyek földrajzi elhelyezkedése ráadásul megfelelően kiegyensúlyozott (17. ábra). Tanulmányuk szerint ezen magyarországi hulladéklerakók fotovillamos átalakításával elérhető potenciális teljesítmény összesen 450 MW (a számítás során 1,5 ha/MW fajlagos értékkel számoltak). Döntő többségében (80%) a hulladéklerakó nem tömörített és nem megfelelően fedett, így a felszín kisebb-nagyobb mozgásaira kell számítani, ezért a vékonyréteg technológia alkalmazása vezethet inkább eredményre. Ritkábban lehetőség kínálkozik a hagyományos szilícium kristályos technológia használatára is.



18. ábra: Nem tömörített hulladéklerakón, geomembrán felületen kialakított, 998 kW-os réz-indium-gallium-diszelenid vékonyfilmes napelemes rendszer Treviso településtől észak-nyugatra.³⁰ (Google Earth Pro felvétel)

²⁸ KSH STADAT. (2018): 8.1.1.3. Coverage by CORINE Land Cover categories [km²] https://www.ksh.hu/stadat_files/fol/en/fol0003.html

²⁹ Szabó S, Bódis K, Ioannis K, Moner-Girona M, Jäger-Waldau A, Barton G, Szabó L. (2017): A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 1291-1300. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.117>

³⁰ Ciriminna, R., Albanese, L., Pecoraino, M., Meneguzzo, F., & Pagliaro, M. (2017). Solar Landfills: Economic, Environmental, and Social Benefits. Energy Technology, 6(4), 597-604. doi:10.1002/ente.201700620

A hulladéklerakókból származó depóniagáz felhasználása és a napelemes rendszerek ötvözése tovább fokozza a területhasználat hatékonyságát, ezért napjainkban több kutatás is vizsgálja az ebben rejlő lehetőségeket.^{31 32}

Fontos megemlíteni, hogy napjainkra már Magyarország területén is találunk hulladéklerakóra telepített napelemparkot. 2020 őszén adták át a Csurgón épült rendszert, ami ~1,5 MW villamos teljesítményű, az instabil terepre fejlesztett állványzattal és manuálisan állítható napkövető rendszerrel rendelkezik.³³

Egy másik fontos barnamezős fejlesztési lehetőség az **egykori külszíni bányák rekultivációja**, amely magában foglalja a terület helyreállítását, kezelését és ellenőrzését. A felhagyott külszíni fejtések nagy kiterjedésű, sík területeket biztosítanak, amelyek ideálisak a talajra szerelt PV-rendszerek számára. A bánya barnamezős területein könnyebb és gyorsabb lehet a működési engedélyek megszerzése, mivel általában nincs lakossági ellenállás vagy verseny a mezőgazdasági tevékenységekkel. A felhagyott bányatelkek nem kedveznek a hagyományos kereskedelmi vagy ipari fejlesztéseknek sem, ám az itt elhelyezett napelemes rendszerek segíthetik az érintett régiókat azáltal, hogy munkalehetőséget teremtenek és iparűzési bevételeket generálnak.

Észak-Magyarországon a felhagyott bányaterületeken vagy azok környékén mintegy 19,3 km²-nyi alkalmas ítélt területen a fotovillamos-potenciál ~1,4 GW, amely 1,6 TWh/év termelésre lenne alkalmas. Ezen túlmenően 23,8 km²-nyi területen a meglévő épületállomány tetőszerkezetein további 1,8 GW napelemes PV-kapacitás telepítését lehetne megvalósítani, amely 2,1 TWh/év termelésre lenne alkalmas.³⁴

³¹ Sachankar B, Kaustubha M, Pinakeswar M. (2021): **Hybridization of solar photovoltaic and biogas system: Experimental, economic and environmental analysis.** Sustainable Energy Technologies and Assessments, 45. doi: 10.1016/j.seta.2021.101050

³² Siqueira, M. B., & Monteiro Filho, A. (2021). **Hybrid concentrating solar-landfill gas power-generation concept for landfill energy recovery.** Applied Energy, 298, 117110. doi:10.1016/j.apenergy.2021.117110

³³<https://astrasun.hu/aktualis/kozlemenyek/197-szemetteleptol-napenergiaig-csodalatos-metamorfozis-csurgon>

³⁴ Bódis, K., Kougias, I., Taylor, N., & Jäger-Waldau, A. (2019). **Solar Photovoltaic Electricity Generation: A Lifeline for the European Coal Regions in Transition.** Sustainability, 11(13), 3703. doi:10.3390/su11133703



19. ábra: Élénksárga színnel kiemelve látható egy 27 hektáros, bányaművelés után rekultivált területen megvalósított 20 MW-os naperőmű Bükkábrányban. Tőle délre még rekultiválásra váró terület, tőle északra erdősítéssel rekultivált terület látszik (a feldolgozás Google Mymaps alkalmazással készült).

A fenti elvi lehetőségek egy szerény töredékét már a gyakorlatban is kihasználják, hiszen 2019 tavaszán állt üzembe a Mátrai Erőmű 20 MW-os naperőműve Bükkábrányban, egy bányaművelés után rekultivált területen. A Mátrai Erőmű ősszel elfogadott 2030-ig szóló fejlesztési stratégiája szerint egy másik, 20 MW körüli teljesítményű naperőművet is építenek Halmajugrán, ennek előkészítése már szintén megkezdődött.

Ide kapcsolódó információ, hogy a térségben élő lakosság érdekeit fókuszba helyezve az Energiaklub heves megyei projektjében a szénkivezetés társadalmi vonatkozásait vizsgálta és keresett választ arra, hogy hogyan valósítható meg a szénrégió igazságos átmenete. A projekt címe: [COAL-OUT - Élet a lignit után a Mátrai Erőmű térségében](#).

4.2 Napelemes zajvédő falak

Komoróczy Eszter, Munkácsy Béla

A zajvédelem és a környezetkímélő villamosenergia-termelés két egymástól független problémájára kínál megoldást a **napelemes zajvédő falak** telepítése. A zajvédő falakkal kombinált napelemes alkalmazások kulcsfontosságú előnye, hogy nem jelentkezik többlet helyigény a napelemek telepítése okán. A vertikális kétoldalas napelemek esetében maguk a panelek egyben a falelemek, így nem kell külön-külön legyártani őket, ezzel is csökken a projekt ökológiai lábnyoma.

Ez az egyik legolcsóbb módszer az olyan területeken, ahol napelemes rendszerek és zajvédelmi falak telepítésére egyaránt szükség van.

Alapesetben **kelet-nyugat tengelyű közlekedési pályák mentén** kínálkozik a legjobb lehetőség ilyen projektek megvalósítására, hiszen ezáltal lehet a napelemeket az ideális, déli irányba tájolni. A koncepció előnye, hogy ahol - jellemzően lakóépületek miatt - zajvédelemre van szükség, ott bizonyosan villamosenergia-fogyasztással is számolni kell, tehát igen rövid szállítási távolságra van csupán szükség, ami minimális veszteségekkel jár. A termelés tehát alapvetően decentralizált, hiszen ezen koncepció szerint sok kisebb vagy közepes méretű napelemes rendszer termel a villamos hálózatra.

Ha ezt a lehetőséget vizsgáljuk, a vasút esetében Magyarországon jelenleg mintegy 8 000 km-es pályahosszal számolhatunk (ez 2050-re csaknem 9 000 km-re bővíthet). Ezek egy része kifejezetten kedvező adottságú, kelet-nyugati irányú, mint például a Budapestről Miskolcra, Debrecenbe, Szombathelyre vagy Győrbe tartó vonalak. A közúthálózat 32 000 km, ebből a gyorsforgalmi úthálózat 1 850 km (utóbbi 2050-re 2 600 km) hosszúságú - itt nyilván még nagyobb lehetőségek kínálkoznak napelemes alkalmazások telepítésére.

A fentieknek természetesen csak egy kisebb részén indokolt a zaj elleni védelem, bár a napelemek telepítése a pályák mentén akár olyan szakaszokon is megvalósítható, ahol nincs feltétlenül szükség a zajvédelemre. Ami a napelemek elhelyezésének módját illeti:

- a) azokat akár a pálya egyik vagy mindkét oldalán elhelyezve (1989 óta az első svájci projekt mellett további 14 országban valósultak meg ilyen beruházások, ezek legnagyobb része Németországban);³⁵
- b) a pályát teljesen elburkolva, afölött kialakítva (ilyen létezik vasút esetében Antwerpen térségében egy 3,6 kilométeres szakaszon; autópálya esetében Hösbach településnél [Frankfurt közelében] egy csaknem 2 km-es szakaszon).

³⁵ Poe, C. - Plovnick, A. - Hodges, T. - Hastings, A. - Dresley, S. (2017). Highway Renewable Energy: Photovoltaic Noise Barriers. U.S. Department of Transportation.

<https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/62000/62300/62341/fhwahep17088.pdf>



20. ábra: A 2011-ben Antwerpen közelében átadott 3,9 MW teljesítményű napelemes rendszer 3,6 km-es vasúti szakaszt elburkolva termel villamos energiát³⁶



21. ábra: 500 kW teljesítményű zajvédő fal a bajorországi Freising térségében³⁷

³⁶ Ridden, P. (2011). Infrabel and Enfinity announce completion of 16,000-panel solar train tunnel. <https://newatlas.com/solar-rail-tunnel-completed/18881/>

³⁷ Isofoton.es - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PV_Soundless_Freising.jpg

Az eddig bemutatottakhoz képest egészen más lehetőséget kínálnak a **kétoldalas napelemek**. Noha a technológia az 1960-as évek óta ismert, és az úrkutatásban már az 1970-es években megjelent, kereskedelmi forgalomban csak az 1980-as évek óta kaphatók ilyen eszközök, igazi tömeggyártásuk pedig csak az ezredforduló táján indult meg.³⁸ Egyes elemzők szerint gyártási volumenük még ebben az évtizedben megelőzi majd a hagyományos napelemekét.³⁹ Ami zajvédő falként történő alkalmazásukat illeti, az elsősorban az **észak-déli futású közlekedési pályák mentén jövedelmező**, vagyis leginkább a Budapestről Szegedre, Kelebiába és Pécsre tartó vonalak esetében. Természetesen nem csak a pontosan észak-déli irányú szakaszok mentén érdemes kétoldalas napelemeket a zajvédelem eszközeként elhelyezni, hanem ettől akár $\sim 30^\circ$ -os eltéréssel is.



22. ábra: 1997-ben telepített, zajvédelmi funkcióval rendelkező, kétoldalas napelemrendszer Zürich térségében⁴⁰

³⁸ Cuevas, A. (2005). **The Early History of Bifacial Solar Cells**. Proceedings of the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference

³⁹ VDMA (2020). International Technology Roadmap for Photovoltaic

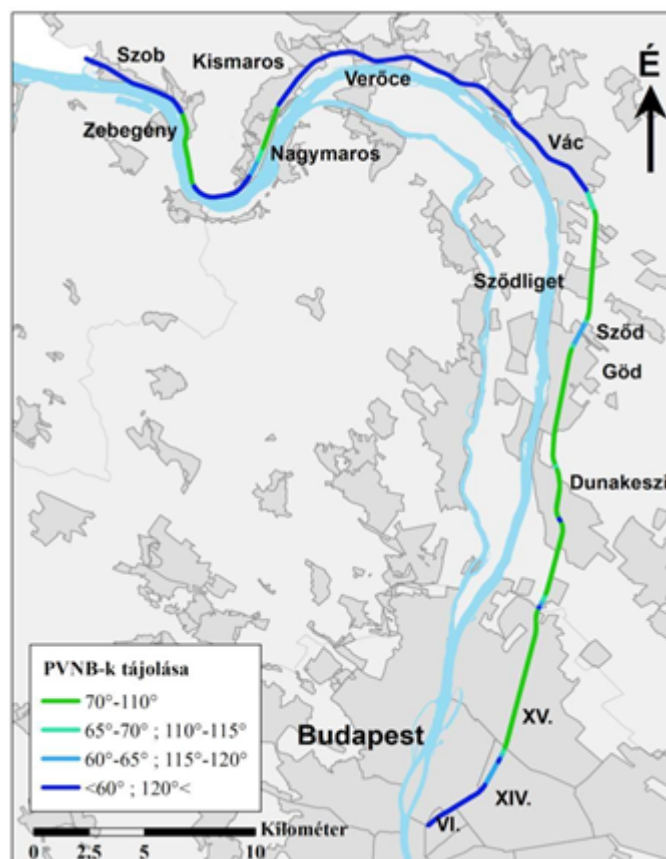
⁴⁰ Nordmann, T. - Clavadetscher, L. (2004). PV on noise barriers. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 12, 6, 485 - 495.

https://www.tnc.ch/wp-content/uploads/2017/10/PV_on_noise_barriers.pdf

A hazai lehetőségeket feltérképezendő készült egy térinformatikai-alapú potenciálvizsgálat egy OTDK-kutatás keretében az ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékén.⁴¹ A kutatás mintaterülete a MÁV Zrt. Pest megyében található 70-es számú, kétvágányú, villamosított vasútvonala. A 62,9 km hosszú Budapest-Szob vasútvonal négy tényező alapján ideális a napelemes zajvédő fal vizsgálatának szempontjából:

- fő futása észak-dél irányú, ami kétoldalas napelemek esetében jó adottságnak számít;
- a vonal térsége nagy népsűrűségű, hosszú szakaszokon védendő a zajhatás csökkentése szempontjából: 75%-a esik ilyen területre, így sok, potenciálisan beépíthető területtel lehet számolni;
- a vonal nagy forgalmú (napjainkban hazánk legnagyobb forgalmú vasútvonala);
- a pálya mellett csak rövid szakaszokon van zajvédő fal (Vác és Dunakeszi területén található egy-egy rövid szakaszon), **a vonal felújítás előtt áll.**

A GIS-es potenciálbecslés eredményei alapján a 70-es vasútvonal jelentős része beleesik a kedvező tájolási kategóriákba (60° - 120°), vagyis a délihez képest 30° -os eltérést megengedve keleti és nyugati irányba egyaránt (23. ábra).



23. ábra: Kétoldalas napelemek tájolása a kedvezőségi kategóriák szerint

⁴¹ Komoróczy E. (2021). Vertikális kétoldalas napelemes zajvédő falak telepíthetőségi és energiatermelési potenciálvizsgálata a Budapest-Szob vasútvonal mentén c. OTDK-dolgozat felhasználásával. Témavezető: Soha Tamás

A vizsgálatban 5 méteres falmagasságot feltételeztek oly módon, hogy annak alsó 1 méteres lábazati részét hasznos felületként nem vették számításba, kizárólag a felső 4 méter esetében kalkuláltak zajárnyékoló funkciót betöltő kétoldalas napelemekkel.

A mintaterületen lévő települési **belterületekre javasolt zajvédő falak hossza 95,5 km**, ha a pálya mindkét oldalát kihasználjuk erre a célra. Ez potenciálisan **évi 47,6 GWh villamos energia termelésére** adna lehetőséget - hagyományos esetben ugyanennyi villamos energia termeléséhez 87 hektárnyi területen volna szükséges napelemeket telepíteni. Világos, hogy ha ezeket a fejlesztéseket minden potenciálisan alkalmas észak-déli futású hazai vasúti szakaszra elvégeznénk a fentiekben bemutatott technológiával, nagyságrendileg 1000 km-es hosszúságban volna lehetséges a napelemrendszer kialakítása, ami 8 km²-nyi (800 hektárnyi) napelemfelület üzembe helyezését jelentené.



24. ábra: Alacsony építésű kétoldalas napelemrendszer zaj elleni védelemre⁴²

4.3 A meglévő épületállomány, a parkolók és a víztestek kínálta lehetőségek

Munkácsy Béla, Suhajda Erik

A nemzeti stratégiák kitérnek a háztartási méretű napelemes rendszerek fontosságára, célként megemlítve, hogy 2030-ra legalább **200 000 háztartás** (vagyis azok alig 5%-a)

⁴² TNC and Effienergie AG weboldal <https://www.tnc.ch/en/strom-statt-laerm/>

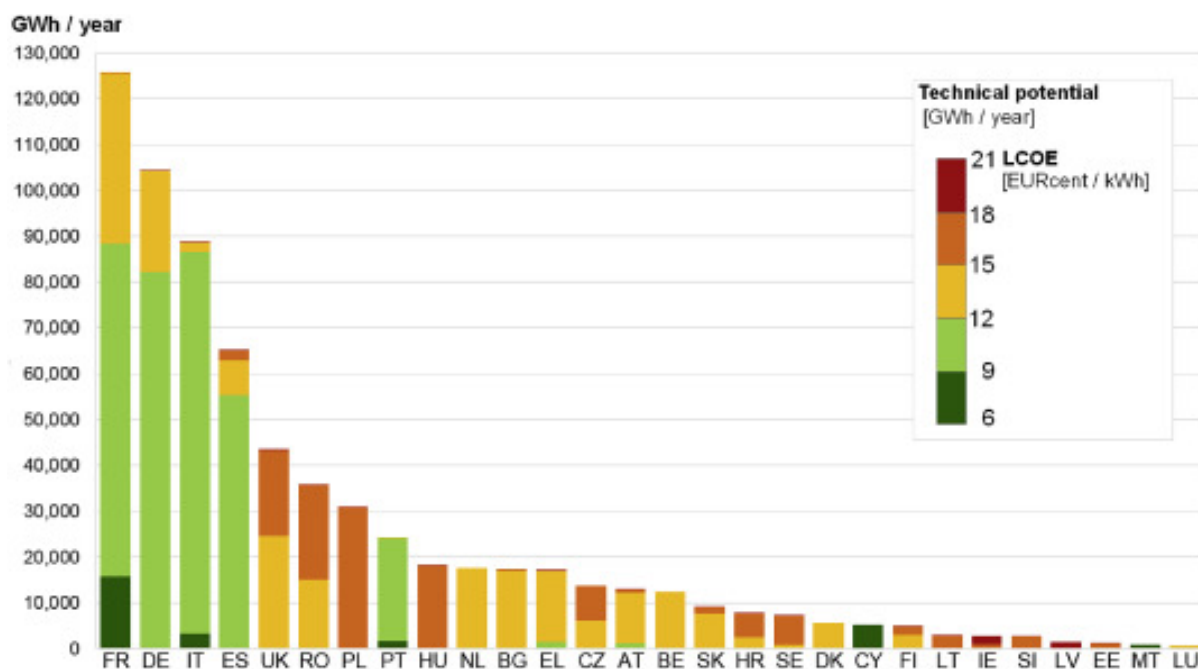
rendelkezzen **átlagosan 4 kW** teljesítményű napelemes rendszerrel. Valóban racionális és az esetek többségében valóban kivitelezhető megoldás a napelemek telepítése már meglévő épületállomány felhasználásával, azonban felmerül, hogy ez az első hallásra kevésbé ambiciózusnak tűnő kormányzati cél - vagyis a fentiek alapján **4 km²-nyi felület, 800 MW teljesítmény** - hogyan viszonyul a valós lehetőségekhez.

Farkas I. 2010-ben publikált tanulmánya szerint⁴³ az **elvileg beépíthető tetőfelület Magyarországon 84,2 km²** lehetett egy évtizeddel ezelőtt. Ebből - az akkoriban elérhető technológiával számolva - a szerző arra következtetett, hogy a beépíthető napelem-teljesítmény 3790 MW. A módszertan kapcsán pontos információt a szerző nem közöl (valójában inkább csak hivatkozik Pálffy M. [2004] „Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja” című munkájára), de ez nem is csoda, hiszen az elemzési lehetőségek akkoriban még lényegesen szerényebben voltak, valójában ez esetben inkább csak egyfajta mérnöki beclésről lehetett szó.

Egy 2019-ben publikált tudományos elemzés⁴⁴ már pontosabb igazodásul szolgálhat a hazai épületállomány tekintetében. Ez az Európai Unió minden országára felmérte a lehetőségeket, mégpedig egy olyan komplex módszertan segítségével, amelynek kiindulási pontja a térinformatikai elemzés volt. Ennek **eredménye Magyarországra vonatkozóan 191 km² rendelkezésre álló tetőfelület (25. ábra)**, ami csaknem 2,3-szerese az imént bemutatott felmérés eredményének. Ez a felület ~38 200 MW napelem-teljesítményt és ~18 TWh/év technikai fotovillamos-potenciált jelent, amivel az európai középmezőnyben foglalunk helyet. A villamosenergia-termelés életciklusra vetített költsége (LCOE-érték=15-18 €cent/kWh) viszont az európai átlagnál magasabb. A nemzetközi kutatás szerint az EU keleti országainak esetében (Bulgária, Magyarország, Románia, Észtország) elsősorban az alacsony (néhány esetben mesterségesen nyomott) kiskereskedelmi villamosenergia-árak (9,5-12 €cent/kWh) miatt gazdasági értelemben (támogatás nélkül) nem versenyképesek a tetőre elhelyezett környezetkímélő napelemes technológiák, így **a gazdasági potenciál hazánk esetében Bódis et al. (2019) szerint 0 GWh/év.**

⁴³ Farkas I. (2010). A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. Magyar Tudomány, 171. évf. 2010. 08. pp. 937-947. <http://www.matud.iif.hu/2010/08/05.htm>

⁴⁴ Bódis, K., Kougiyas, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., & Szabó, S. (2019). A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114, 109309. doi:10.1016/j.rser.2019.109309



25. ábra: A tetőre szerelt napelemes rendszerek műszaki potenciálja az egyes EU-tagállamokban GWh/évben kifejezve. Az oszlopok színe azt mutatja, hogy az egyes LCOE-sávokban a műszaki potenciál mekkora hányada termelhető meg.

A tetőfelületek klímavédelmi és levegőminőségvédelmi célokra való igénybevétele Magyarországon nem mindenki számára egyértelmű, különösen komoly akadályt jelent ebből a szempontból néhány település főépítésze/építési hatósága, aki/amely a településkép védelmét a levegőminőség és az éghajlat védelme elé helyezi a mindennapi engedélyezési munkája során. Az ezzel kapcsolatos visegrádi ügyek egészen a Kúriáig jutottak, ahol végül ugyancsak háttérbe szorultak az egészséges környezethez való jogaink és a környezetvédelmi szempontok⁴⁵:

- „Az Alkotmánybíróság a 4/2019. (III. 7.) számú határozatában rámutatott, hogy az egészséges környezethez való jog sem abszolút jog, az is korlátozható az Alaptörvény által lefektetett alapjogi teszt szerint.”
- „A Kúria Önkormányzati Tanácsának korábbi döntése szerint a városképi megjelenés (illeszkedés), - melyet mint közérdeket az önkormányzat megjeleníthet - olyan legitim cél, mely alapján a tulajdonjog (részjogosítványai) korlátozhatók.”
- „A Kúria megítélése szerint az önkormányzat azzal, hogy nem tiltja a napelemek és napkollektorok elhelyezését, csak (a láthatóság szempontjából) korlátozza azt, igyekszik mindkét elvárásnak eleget tenni: figyelemmel van a fenntartható fejlődés és az egészséges környezethez való jog alaptörvényi és törvényi szabályaira, ugyanakkor szem előtt tartja az Kötv.-ben nevesített kulturális örökség védelmét, illetve a Tvtv.-ben szabályozott településkép védelmét is.”

⁴⁵ Kúria Köf.5.022/2019/4. számú határozata szerint

A fentiek abból a szempontból erősen vitathatók, hogy a 200-300 évvel ezelőtti településkép védelme kapcsán a napelemek ellen fellépő építések ugyanabban a városképi környezetben egyáltalán nem kifogásolják a légszennyezők vagy a gépjárművek jelenlétét, amelyek korábban éppen úgy nem voltak a településkép szerves részei, mint ahogyan a napelemek sem. Nem világos, hogy a jogászok közepette az ökológiai rendszer és az emberi egészség védelme miképpen kerülhet a településkép védelme mögé bármiféle vitás kérdésben. Nyilvánvaló, hogy a környezetvédelmi problémák súlyának és következményeinek fel nem ismerése, illetve az ebből fakadó következmények a következő generációknak további terhet jelentenek majd az ökológiai katasztrófa kiteljesedésének korában.

Ebben a kevésbé örömteli helyzetben pozitív hír, hogy a Főváros vezetése fontos célként tűzte ki az éghajlatvédelmet és általában a környezet állapotának védelmét, aminek jegyében nemrégiben egy nagyívű projektet indított, **Nappal hajtva** címmel. (A projekt munkacsoportjaiban az Energiaklub is részt vesz) Ennek keretében - sok egyéb mellett - kerületenkénti bontásban vizsgálták a jogszabályi akadályokat a napelemek háztartási léptékű hasznosításának vonatkozásában.⁴⁶ Egy, a projekt keretében folytatott felmérés eredményeként az is kiderült, hogy az adófizető lakosság kifejezetten rugalmas és felvilágosult a városképi szempontok vonatkozásában, ugyanis 98%-ukat egyáltalán nem zavarja a napelemek látványa. Ebben nyilván szerepet játszik a környezetvédelem felértékelődése mellett az önérték is, hiszen a következő három éven belül energetikai felújítást tervező budapesti háztartások kétharmada napelemet is szeretne telepíteni.⁴⁷



26. ábra: A Fővárosi Önkormányzat 2020-ban végzett reprezentatív felmérésének eredménye alapján a lakosság meghatározó többsége szerint a napelemek nem zavaró városképi elemek.

⁴⁶ Gajdics Á. (2021) A napelemek elterjedésének jogi és adminisztratív akadályai és a megoldás lehetőségei Budapesten. EMLA Egyesület.
https://budapest.hu/Documents/Budapest_Nappal_hajtva_Jogi_elemzes_2021.pdf

⁴⁷ Vegyések a napelemekre vonatkozó építési szabályok Budapesten.
<https://budapest.hu/Lapok/2021/vegyesek-a-napelemekre-vonatkozoz-epitesi-szabalyok-budapesten.aspx>

Jelen projekt keretében is készült egy egyszerű térinformatikai felmérés Budapest egy részére, nevezetesen annak XXII. kerületére és a XI. kerület Albertfalva, Kelenvölgy városrészére, illetve Kelenföld egy részére, célirányosan a **bevásárlóközpontokra, áruházakra, üzemcsarnokokra, gyárépületekre, raktárakra és más egyéb szolgáltató és kereskedelmi egységekre, valamint ezek parkolóira.** Ennek az a jelentősége, hogy **döntően lapostetős épületekről van szó, ami a napelemek déli tájolása mellett lehetővé teszi akár a kelet-nyugat felé való tájolást is.** A felmérésben ugyanakkor nem szerepeltek az oktatási, egészségügyi és egyéb szociális intézmények épületei, a vasút- és buszhálózat tetőfelületei, valamint az állami és önkormányzati fenntartású/használatú épületek, illetve a lakhatást biztosító épületek. A **felmért terület nagysága 38,8 km²**, ahol csaknem **200 objektumot** sikerült beazonosítani és felmérni. A **tetőfelületek és parkolók összterülete 0,6 km²**, ami egyenként átlagosan 3000 m²-es felületet tesz ki. A főváros egészére extrapolálva ~8,2 km²-nyi felületet jelent (ami a főváros területének 1,5%-a). Ez utóbbi ~410 MW déli tájolású napelemes teljesítmény elhelyezésére kínál lehetőséget, ha nem számolunk a tetőn elhelyezett gépészeti egységek és a parkolók különféle tereptárgyai okozta árnyékolás korlátjaival. A Budapestre vetített potenciális teljesítmény akár 1300 MW-ra is felkúszhat abban az esetben, ha kelet-nyugati tájolással számolunk. A felmérés alapján az üzemcsarnokok, raktárak, gyárépületek kínálják a legnagyobb lehetőséget, a potenciál kétharmadát kitevé.⁴⁸

Ugyanakkor napelemek telepítésére nem csak az épületek, hanem a **vízfelületek** esetében is lehetőség van. Ez a megoldás több előnyt is jelent. A tapasztalatok szerint a technológia **több villamos energiát termel**, mint a tetőre vagy a földre telepített napelemes berendezések, ami a panelek alatti víz hűtőhatásának, valamint annak köszönhető, hogy a tereptárgyak árnyékolása ez esetben nem jellemző⁴⁹. Ez ~15%-kal nagyobb kihasználtságot tesz lehetővé az épületekhez viszonyítva, amiből a hűtő hatásra ennek harmada-fele vezethető vissza⁵⁰. Az efféle telepítéseknek a **vízmegeőrzés** szempontjából is hatalmas jelentősége van, hiszen jelenleg a **mesterséges víztestek párolgása révén nagyobb veszteségekkel kell számolnunk, mint amit az ipari és háztartási vízfogyasztás együttesen kitesz**⁵¹. Ezzel összefüggő hozadéka az úszó napelemek telepítésének a tavak hőmérsékletére gyakorolt hűtő hatás, ami azért lényeges, mert ezen a téren az elmúlt 40 évben évtizedenként átlagosan 0,34°C-os emelkedés mutatható ki az éghajlatváltozás

⁴⁸ Most készül a Nappal Hajtva projekt keretében egy teljes potenciálfelmérés Budapest teljes területére, amely várhatóan 2022. első harmadában kerül nyilvánosságra.

⁴⁹ Létezik ettől eltérő eredmény is, lásd Kumar, M., & Kumar, A. (2019). **Experimental validation of performance and degradation study of canal-top photovoltaic system.** Applied Energy, 243, 102-118. doi:10.1016/j.apenergy.2019.03.168

⁵⁰ Dörenkämper, M., Wahed, A., Kumar, A., de Jong, M., Kroon, J., & Reindl, T. (2021). **The cooling effect of floating PV in two different climate zones: A comparison of field test data from the Netherlands and Singapore.** Solar Energy, 214, 239-247. doi:10.1016/j.solener.2020.11.029

⁵¹ Benzaghta, Mostafa & Mohamad, Thamer. (2009). **Evaporation from reservoir and reduction methods: An overview and assessment study.** https://www.researchgate.net/publication/279983251_Evaporation_from_reservoir_and_reduction_methods_An_overview_and_assessment_study

miatt. A hőmérséklet emelkedése elősegíti az algavirágzást, csökkenti a vízszintet és megakadályozza a víz keveredését a nagyobb és mélyebb tavakban természetes módon kialakuló különálló rétegek között, ezáltal oxigénhiányos zónákat hoz létre, ami különösen az ivóvíz célú felhasználás szempontjából probléma. Az úszó napelemes berendezések a hőmérsékleti rétegződés időtartamát is csökkentik, ami a melegebb nyári hónapokban különösen fontos. Az efféle projekteket megelőző tudományos vizsgálódás fontosságát húzza alá, hogy előfordulhatnak olyan körülmények, amelyek mellett a rétegződés és ezáltal a vízminőségre gyakorolt káros hatások fokozódhatnak, ha úszó napelemparkokat telepítenek.⁵²

A napelemeket általában fix telepítésben szerelik (vagy déli vagy kelet-nyugati tájolással), azonban Rotterdam térségében arra is van példa, hogy egy ilyen egység napkövető rendszerben valósuljon meg. Ez esetben érzékelők figyelik a szél sebességét és a hullámok magasságát, így a rendszer viharálló.



27. ábra: Homokbánya-tó vízfelszínén kialakított, 4,4 hektár területű, csaknem 7 MW-os, úszó napelemes rendszer Belgiumban, Antwerpen térségében⁵³

Magyarországon ~150 állóvíz „erősen módosított vagy mesterséges” jellegű, ezek esetében mérlegelhető volna az, hogy felületük egy részét úszó napelemekkel fedjük le. Lényeges, hogy nem csak állóvizek, hanem csatornák esetében is bevált módszer a napelemek telepítése, igaz, ez esetben jellemzően nem úszó alkalmazásokról van szó.

⁵² Exley, G., Armstrong, A., Page, T., & Jones, I. D. (2021). Floating photovoltaics could mitigate climate change impacts on water body temperature and stratification. *Solar Energy*, 219, 24-33. doi:10.1016/j.solener.2021.01.076

⁵³ <https://www.floatingpv.be/en/>

Hazánkban 500 ilyen jellegű víztest⁵⁴ esetében volna vizsgálható a napelemes rendszerek telepítése.



28. ábra: Napelemes rendszer csatorna fölött kialakítva⁵⁵

⁵⁴ KVM (2010). Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve.
http://www2.vizeink.hu/files/vizeink.hu_0643_Orszagos_VGT_rovid_20100218.pdf

⁵⁵ <http://www.prakritikpower.com/solar-marvel-canal-top-solar-pv-plant-in-gujarat/>

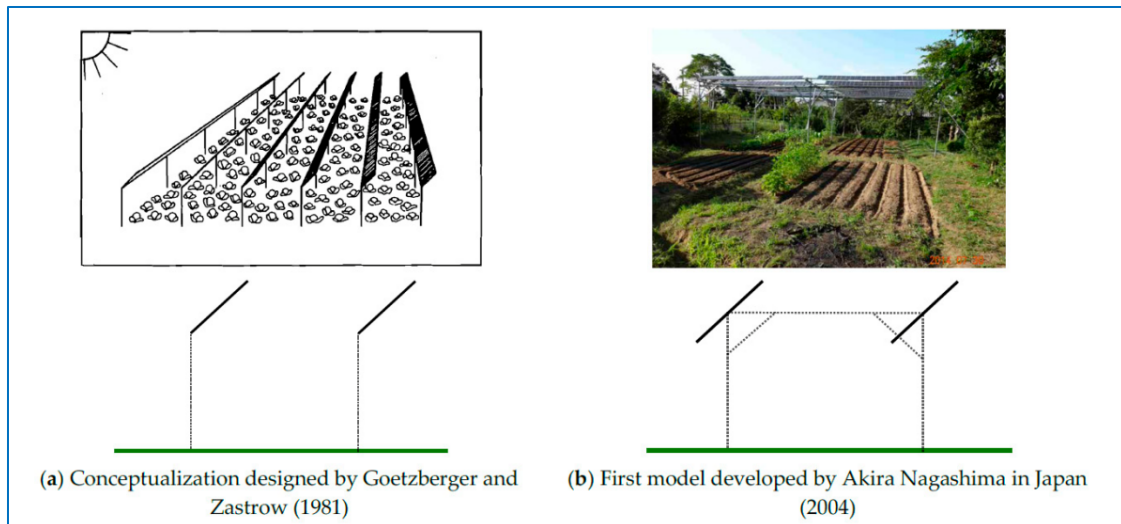
4.4 Agrofotovoltaikus rendszerek

Méhes Martina, Turai Martin, Munkácsy Béla

Az agrofotovoltaikus rendszerek (agroPV vagy APV) az energia- és a mezőgazdálkodás szinergiáján alapuló megoldások, ahol egyazon földterületen történik a villamosenergia-termelés és a mezőgazdálkodás. Az együttműködés nem minden esetben lehetséges, de ha mégis, akkor általában a rendelkezésre álló fény megosztásán és a napelemek árnyékoló hatásán alapul, amely egyes növényfajok szempontjából akár jótékony hatású is lehet. Alapvetően árnyéket kedvelő fajok, mint például a málna, áfonya vagy a goji bogyó esetében igen előnyösek ezek az alkalmazások. Ehhez képest meglepő, hogy - egyes kutatási eredmények szerint - akár még az olyan kifejezetten fénykedvelő növények esetében is érdemes fontolóra venni az APV alkalmazását, mint a kukorica⁵⁶ vagy a paradicsom⁵⁷, sőt, egyes esetekben akár a szőlő termesztésében is sikerrel alkalmazhatók. Nyáron a túlzott napsütéstől, télen az extrém hidegtől való védelem kapcsán is megemlíti a napelemeket, de a heves esőzéssel és jégveréssel szemben is nyújthatnak némi védelmet. Ugyanakkor az agroPV rendszer napelemei pozitív hatással vannak olyan kulcsfontosságú mikroklimatikus jellemzőkre is, mint a vízháztartás.

⁵⁶ Sekiyama, T., & Nagashima, A. (2019). Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Typical Shade-Intolerant Crop. *Environments*, 6(6), 65. doi:10.3390/environments6060065

⁵⁷ Ezzaeri, K., Fatnassi, H., Bouharroud, R., Gourdo, L., Bazgaou, A., Wifaya, A., ... Bouriden, L. (2018). The effect of photovoltaic panels on the microclimate and on the tomato production under photovoltaic canarian greenhouses. *Solar Energy*, 173, 1126-1134. doi:10.1016/j.solener.2018.08.043



29. ábra: Az agroPV elképzelés éppen négy évtizedes múltra tekint vissza⁵⁸

A **területhasznosítás hatékonysága** szempontjából 4 jellemző agrofotovoltaikus rendszert alkalmaznak: a) a növényeket az egymástól a szokásosnál távolabb elhelyezett napelemsorok között termesztik; b) a napelemeket magasabb emelvényre helyezik a növények fölé, így akár gépesített művelésre is lehetőség van; c) a függőlegesen elhelyezett (esetleg kétoldalas) napelemtáblák között van a megművelt terület. Ez utóbbi két esetben sokkal masszívabb rögzítésre van szükség, ami lényegesen magasabb költségeket és ökológiai lábnyomot jelent, például a némely esetekben kikerülhetetlen betontuskók alkalmazása miatt. A negyedik típus esetében d) napelemes üvegházakat alkalmaznak, ami általában átlátszó vagy kétoldalas napelemek alkalmazásával történik.⁵⁹

⁶⁰

A számos mutató közül a legfontosabb a **földterület-egyenérték (Land Equivalent Ratio, LER)**, amely azt mutatja meg, hogy a terület komplex hasznosítása mennyivel jelent nagyobb termelékenységet annál, mintha csak egyféleképpen történne a hasznosítás. Például: 1,3 LER azt jelenti, hogy egységnyi idő alatt egy 10 hektáros agrofotovoltaikus rendszer ugyanannyi terményt és villamos energiát biztosít, mint 13 hektárnyi „monotermelés”, vagyis amikor a mezőgazdasági művelés és a villamosenergia-termelés külön-külön földterületen történik. Ha a LER 1-nél nagyobb érték, akkor a termelés hatékonyabb, mintha külön-külön történne.

⁵⁸ Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns). *Sustainability*, 13(12), 6871. doi:10.3390/su13126871

⁵⁹ Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). **The potential of agrivoltaic systems**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 299-308. doi:10.1016/j.rser.2015.10.024

⁶⁰ Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P., & Mathur, S. (2021). **Agrovoltatics: Step towards sustainable energy-food combination**. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100766. doi:10.1016/j.biteb.2021.100766

Egy dél-német mintaterületen a földterület-egyenérték (LER) számításával két egymást követő évben négy növényfaj terméshozam-adatai és villamosenergia-termelése alapján arra jutottak, hogy a *területhasználatban 1,56-1,87-szeres szorzóval lehet számolni* (legalábbis az elemzés tárgyát képező megoldásokkal). A fenti eredményeket lebontva megállapítható, hogy

- a) a napelemes villamosenergia-termelés némileg szerényebb volt, mint az önmagukban dolgozó, áramtermelésre optimalizáltan kialakított referencia rendszerek esetében, mert a napelemtáblákat egymástól távolabbra helyezték a megfelelő mennyiségű fény biztosítása érdekében;
- b) ami a növénytermesztés eredményeit illeti, 2017-ben a legjobban teljesítő növény a lóhere volt, a referenciaterülethez képest mindössze 5%-os hozamcsökkenéssel. A zeller, a burgonya és a burgonya terméshozama 18%-kal, illetve 19%-kal csökkent. 2018-ban - a kedvezőbb időjárás miatt - összességében magasabb volt a terméshozam, mint 2017-ben, de nem haladta meg a referenciaterület eredményeit. Összességében az APV-rendszerek esetében a termesztett növények terméshozamai 82% és 94% között lehetnek⁶¹, de száraz termőhelyeken az árnyékolás miatt megőrzött nedvességtartalom okán egyes gyepek esetében akár 190%-ra történő növekedést eredményezett a biomassza-produkcióban.⁶²



30. ábra: Agrofotovillamos alkalmazás gyümölcstermesztésben⁶³

⁶¹ Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., ... Obergfell, T. (2021). Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 140, 110694. doi:10.1016/j.rser.2020.110694

⁶² Hassanpour Adeh, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLOS ONE, 13(11), e0203256. doi:10.1371/journal.pone.0203256

⁶³ <https://www.voestalpine.com/sadef/en/Markets/Solar/AgriVoltaics>

A napelem-telepítés jellemzően rögzített tengelyű (fix telepítésű). A napelemek sűrűségének és dőlésszögének megválasztásával lehet igazodni a választott növénykultúra igényeihez. A kifinomultabb konfigurációkban napkövető rendszereket alkalmaznak, ilyen esetben akár az is elképzelhető, hogy - a villamosenergia-termelés rovására - a növények védelme érdekében szuboptimális beállításokat alkalmaznak az aktuális dőlésszög tekintetében. Minden esetben kulcskérdés a sorok közötti megfelelő távolság alkalmazása, legyen szó akár a napelemek, akár a termesztett növények sortávolságáról.

Az **állattenyésztés** szempontjából is jelenthet komoly előnyöket a napelemek árnyékolása, ami az **állatjólét** egyre határozottabb felértékelődése kapcsán is értelmezhető helyes fejlesztési irányként.⁶⁴ Lényeges, hogy az extrém intenzitású napsütés egyre kevésbé korlátozódik a trópusi-szubtrópusi területekre, az egyre forróbb nyári időszakokban akár hazánk termőterületein is gyakorta jelentkezik. Kifejezetten érzékenyek az ilyen körülményekre a juhok, amelyek fokozott védelmet igényelnek, különösen fiatal korban. Speciális irányt képvisel a **méhészet** kombinálása napelemes rendszerekkel, hiszen ebben az esetben az adott termőterületnek akár háromszoros felhasználásáról is beszélhetünk.

Az AgroPV rendszerek esetében számos okból merül fel megoldandó kihívás. A legfontosabb a vegetáció és a művelési technológia helyes megválasztása. Emellett kérdéseket vethet fel, hogy az esetleges állványzat miatt számolni kell plusz kiadásokkal (és környezetterheléssel), illetve további feladat lehet ezek szélállóságának biztosítása.

A mezőgazdasági és a villamosenergia-termelés kombinációja még gyermekcipőben jár. Globálisan 2,8 GW összeteljesítménnyel mintegy 2200 kisebb rendszert működtetnek főleg Kínában, Japánban és Koreában összesen (ami a globális összeteljesítmény 0,36%-a). Európa fellegvárának **Németország** tekinthető, ahol a számítások szerint a műszaki potenciál 1700 GW körüli, miközben 200-500 GW tényleges telepítése elegendőnek látszik 2050-ig. Lényeges, hogy mindeközben a rendelkezésre álló termőterület felhasználásának hatékonysága 60-90%-kal növekszik (lásd LER). Mindebből az következik, hogy az energiaátmenet ezen része kényelmesen megvalósítható volna az értékes termőföldek feláldozása nélkül.⁶⁵

⁶⁴ Campos Maia, A. S., de Andrade Culhari, E., de França Carvalho Fonsêca, V., Maia Milan, H. F., & Gebremedhin, K. (2020). **Photovoltaic panels as shading resources for livestock**. Journal of Cleaner Production, 120551. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120551

⁶⁵ Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., ... Obergfell, T. (2021). **Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 140, 110694. doi:10.1016/j.rser.2020.110694

5. Néhány ország szabályozási hátterének bemutatása a tervezett napelemes fejlesztések nézőpontjából (Németország, Ausztria, Spanyolország, Portugália)

José Campos, Fehér Kinga, Munkácsy Béla

Portugália

Az ország területe és lakosságszáma alapján is kísértetiesen hasonló hazánkhoz, így a különféle adatok igen érzékletesen hasonlíthatók össze. Más hasonlóságok a most vizsgált témakörben sajnos kevésbé jelennek meg, hiszen Portugália évtizedekkel jár Magyarország előtt a megújuló energiaforrások hasznosításában. A megtermelt villamos energia 54%-át már most ilyen források felhasználásával állítja elő (hazánkban ez mindössze 11%⁶⁶). Igaz, hogy napelemes kapacitása 1,9 GW, ami a magyarországihoz hasonló, ám a szélenergia- és vízenergia-összeteljesítmények egyaránt sokkal jelentősebbek, nevezetesen 5,4 és 7 GW (hazánkban ugyanezek 0,3 és 0,05 GW).⁶⁷

A portugál integrált Nemzeti Energia- és Klímaterv a napenergia nagymértékű további kapacitásbővítését javasolja a szél- és vízenergia bővítésével együtt. A dokumentum a napelemes PV-kapacitás 9,9 GW-ra történő növelését javasolja 2030-ra (nálunk ez 6,5 GW lenne). Hasonlóképpen a szélenergia kapacitása is 9,2 GW-ra, a vízenergia pedig 9 GW-ra nőne⁶⁸ - ezek hazánk esetében a jelenlegi terv szerint érdemben nem változnak az elkövetkező évtizedben, tehát marad a 0,3 és a 0,05 GW. A fentiek tükrében nem meglepő, hogy a portugál terv 80% megújuló energiaforrást ígér a villamosenergia-termelésben 2030-ra, a hazai dokumentum 21%-ot.

A portugál szabályozás foglalkozik a napelemes fejlesztések esetleges káros következményeinek minimalizálásával, így például a következő zónákat kizárja a telepítésre alkalmasnak ítélt területek köréből:

- különleges védelmi övezetek (a madárállomány megőrzése szempontjából kritikus területek);
- védett természeti területek (pl. nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek);
- a vízellátási infrastruktúra víztározói, a legértékesebb mezőgazdasági területek (a mezőgazdasági tevékenység szempontjából nagyobb potenciállal rendelkező területek);
- elektromos vezetékek közvetlen környezete;

⁶⁶ MET (2020). Magyarország energiatermelése és fogyasztása, erőművei. <https://hugas.met.com/hu/energiapiaci-betekinto/magyarorszag-energiatermelese-fogyasztasa-eromuvek/8>

⁶⁷ International Energy Agency (2021). Portugal 2021 Energy Policy Review. OECD. <https://doi.org/10.1787/3b485e25-en>

⁶⁸ P-NECP (2019). Portugal - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030. https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/pt_final_necp_main_en.pdf

- az országos úthálózat.⁶⁹

Az önkormányzati rendeletek azonban további korlátozásokat írhatnak elő, vagy bizonyos területeken engedélyezhetik a napelemes rendszerek telepítését.⁷⁰ Ám egyes szakértők szerint szigorúbb jogszabályokra van szükség, és a környezeti és társadalmi hatások minimalizálása érdekében előnyben kellene részesíteni a fogyasztókhöz közelebbi, kisebb, a már meglévő infrastruktúrát kihasználó vagy a már leromlott állapotú területeken elhelyezett erőműveket.⁷¹ Fenntarthatóbb alternatíva lehet több kisebb (legfeljebb 1 MW-os) napelem-farm telepítése a nagyobb napelem-farmok helyett.⁷² Egy másik lehetőség az ipari épületek tetőinek hasznosítása a napelemek nagy területen történő telepítéséhez, hogy a területre gyakorolt hatást korlátozni lehessen.⁷³

Az elmúlt évek legfontosabb fejleménye ezen a téren, hogy Portugália - bár 150 MW-ig terjedő projekteket is támogat -, **az aukciókat előre meghatározott csatlakozási pontokra hirdette meg.**⁷⁴ ⁷⁵ Ez azt jelenti, hogy a háttérben komoly területi tervezési munka folyik a területhasználat optimalizálása érdekében.

Spanyolország

A megújuló energiaforrások aránya a spanyol villamosenergia-termelésben megközelíti a 40%-ot. A megújulók közül a szélenergia beépített összteljesítménye a legnagyobb (25,6 GW), ezt követi a vízenergia (20 GW) és a napenergia (~9 GW). A villamosenergia-termelésre szolgáló fototermikus kapacitás jelenleg mindössze 2,3 GW.⁷⁶ Az atomerőművek villamos teljesítménye 7,1 GW, amelyet a nemzeti energia- és éghajlatvédelmi terv (S-

⁶⁹ Dias, L., Gouveia, J. P., Lourenço, P., & Seixas, J. (2019). Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use. Land Use Policy, 81, 725-735. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.036>

⁷⁰ PDM (2020). Plano diretor municipal. <https://www.cm-evora.pt/municipe/areas-de-acao/ordenamento-territorio-e-urbanismo/planos-municipais/plano-diretor-municipal/>

⁷¹ GEOTA (2021). Energia solar: os fins não justificam os meios. Grupo de estudo de ordenamento do território e ambiente. <https://www.geota.pt/blogs/energia-solar-os-fins-nao-justificam-os-meios>

⁷² Dias, L., Gouveia, J. P., Lourenço, P., & Seixas, J. (2019). Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use. Land Use Policy, 81, 725-735. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.036>

⁷³ Poggi, F., Firmino, A., & Amado, M. (2018). Planning renewable energy in rural areas: Impacts on occupation and land use. Energy, 155, 630-640. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009>

⁷⁴ Varga K. (2020). Jönnek a hatalmas napelemparkok? Metazsúl blog. <https://blog.rekk.hu/bejegyzes/29/jonnek-a-hatalmas-naperomuparkok>

⁷⁵ Río, P. - Lucas, H. - Dézsi, B. - Diallo, A. (2019). Auctions for the support of renewable energy in Portugal Main results and lessons learnt. http://aures2project.eu/wp-content/uploads/2020/02/AURES_II_case_study_Portugal.pdf

⁷⁶ MITECO (2019): ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA 2019. Secretaría de estado de energía. https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/ElectricasAnuales/ElectricasAnuales_20192021/2019/Resumen%20de%20datos%202019/Industria_energia_electrica_anual_2019.pdf

NECP) szerint 2030-ra 3,1 GW-ra kell csökkenteni. Az atomerőművek kivezetésének ellensúlyozására és az energiamix további dekarbonizálására a S-NECP azt javasolja, hogy a napelemes teljesítmény több mint négyszeresére, a szélenergiából származó villamosenergia-termelés pedig a jelenlegi beépített teljesítmény kétszeresére emelkedjen.⁷⁷

Az első szintű környezetvédelmi előírásokat, amelyek befolyásolják a naperőművek telepítését, a nemzeti kormány (Mezőgazdasági, Élelmezési és Környezetvédelmi Minisztérium) állapítja meg. (A regionális kormányok is rendelkeznek bizonyos autonómiával, így a szabályok az egyes régiókban is eltérhetnek.) Az országos szabályozás szerint a következő övezetekben nem lehet napelemparkokat telepíteni:

- városiasnak minősített földterületek - ott csak lakóházak vagy gyárak építhetők (2004. évi 10. törvény);
- természetvédelmi területek, nemzeti parkok, természeti emlékek, folyók és egyéb környezeti szempontból érzékeny területek, amelyek kiemelkedő vagy egyedi természeti értékük miatt védettek (2007. évi 42. törvény);
- Natura 2000 hálózat, amely szintén védett természeti területnek minősül: Közösségi jelentőségű területek (SCI), madárvilág különleges védelmi területei (2004. évi 10. törvény);
- kulturális örökségi területek, a turisztikai műemlékek történelmi értékű területei (2007. évi 42. törvény).

Érdekes adalék, hogy egy nemrégiben elvégzett elemzés szerint a rendelkezésre álló tetőfelület elegendő napelemes rendszert tudna befogadni akár a jelenlegi teljes villamosenergia-igény kielégítésére. Ez a települések esetében 46%-os, az országos léptékben 0,22%-os területigényt jelent.⁷⁸

Ausztria

Ausztriában a villamosenergia-termelés több mint háromnegyede már ma is helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrásokból származik.⁷⁹ A vízenergia a legfontosabb forrás a nemzeti energiamixben, 2021-ben 11,8 GW beépített teljesítménnyel. A napelemek beépített teljesítménye 1,8 GW, ami hasonló a jelenlegi magyarországi helyzethez, a szélenergia-teljesítmény azonban a magyarnak a tízszerese, 3,2 GW.⁸⁰

⁷⁷ S-NECP (2020). Spain - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030. https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/es_final_necp_main_en.pdf

⁷⁸ Gomez-Exposito, A., Arcos-Vargas, A., & Gutierrez-Garcia, F. (2020). On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 132, 110074. doi:10.1016/j.rser.2020.110074

⁷⁹ IEA (2020). Austria 2020 Energy Policy Review. IEA, 2020. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ea419c67-4847-4a22-905a-d3ef66b848ba/Austria_2020_Energy_Policy_Review.pdf

⁸⁰ ENTSOE. (2021). Installed Capacity per Production Type. <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>

Ausztria integrált nemzeti energia- és éghajlatvédelmi terve (A-NECP) azt javasolja, hogy a 2021-es szinthez képest háromszorosára növeljék a napelemes rendszerekből származó villamosenergia-termelést, a szélenergia-termelést pedig mintegy kétszeresére. A vízenergia a teljes villamosenergia-termelés akár 85%-át is kiteheti 2030-ban.⁸¹

A 2021-2030-as A-NECP az épületeken és épített struktúrákon elhelyezett napelemes rendszerek támogatására, valamint az értékes földterületeken (szántóföldek és gyepterületek) történő felhasználás megelőzésére törekszik, ezért a hulladéklerakók, közlekedési töltések, zajvédő falak, valamint mindenféle ipari és kereskedelmi létesítménytípus felhasználását javasolja. A „100 000 háztető” elnevezésű program arra ösztönzi a magánszemélyeket és a vállalkozásokat, hogy a tetőfelületeket nagyobb mértékben használják fel napelemek elhelyezésére. A beruházási támogatás rangsorolási kritériumaként az önellátási részarányt is figyelembe veszik. Egy másik, a napelem-telepítéseket ösztönző mechanizmus a saját termelésű villamos energiára kivetett adó eltörlése.

Németország

A megújuló energiaforrások egyik kiemelkedő európai nagyhatalma 2045-re tervezi elérni a klímasemlegességet.⁸² Egyelőre a villamosenergia-termelés több mint felét állítják elő megújuló energiaforrásokból. A szélenergia 27,4%-kal, a napenergia 10%-kal veszi ki a részét.⁸³ A szélenergia-összteljesítmény eléri a 63,8 GW-ot, a naperőműveké pedig az 58 GW-ot.⁸⁴ Az atomerőművek beépített villamosenergia-termelő kapacitása 8,1 GW, de ezeket 2030 előtt le kívánják állítani. Németország integrált nemzeti energia- és éghajlatvédelmi terve (N-NECP) azt tartalmazza, hogy **elsősorban a napenergia- és szélenergia-termelő teljesítmények növekedésével kell kompenzálni a nukleáris és széntüzeléses termelés fokozatos leépítését.** A napenergia-teljesítmény 2030-ra várhatóan eléri a 98 GW, a szélenergia-összteljesítmény pedig a 87-91 GW beépített teljesítményt.⁸⁵ Ennek hozadékeként akkorra a bruttó villamosenergia-fogyasztás 65%-a

⁸¹ A-NECP (2019). Austria - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/at_final_necp_main_en.pdf

⁸² Wirth, H. szerk. (2021). Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

⁸³ Fraunhofer ISE (2021a). Annual renewable shares of electricity production in Germany. https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l=en&c=DE&stacking=grouped

⁸⁴ Fraunhofer ISE (2021b). Net installed electricity generation capacity in Germany in 2021. https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l=en&c=DE&stacking=stacked_absolute

⁸⁵ N-NECP (2019). Germany - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030. https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/de_final_necp_main_en.pdf

megújuló forrásból származik majd. A megújuló energia törvény legújabb, idén megjelent verziója az alábbi területhasználatra vonatkozó főbb változtatásokat tartalmazza:⁸⁶

- a még beépítetlen földterületekre és egykori bányaterületekre 10 MW helyett immár 20 MW-ig lehet telepíteni;
- autópályák és vasútvonalak mellé telepíthető napelemek távolsága ökológiai okokból 110 méter helyett immár 200 méter, amely magában foglal egy 15 méter széles folyosót a légcserét elősegítendő;
- telepítésre olyan barnamezős területek használhatók csak fel, amelyek gazdasági, közlekedési, lakásépítési vagy katonai használatban voltak;
- természetvédelmi terület és nemzeti park területén ipari méretű napelemes alkalmazást elhelyezni tilos;
- termőterületekre csak abban az esetben lehet napelemes rendszert telepíteni, ha az mezőgazdasági szempontból hátrányos minőségű.

Lényeges, a 16 szövetségi tartományra való felosztottságból fakadó adottság, hogy az egyes tartományok szabályozási rendszerében is előfordulnak eltérések. Érdekes például a délkeleti fekvésű Baden-Württemberg esete, amely a 2017-es Megújuló Energiaforrások Törvény korlátozásai alól felmentést kapott, hogy saját lehetőségeihez igazíthassa a napelemek telepítésére vonatkozó szabályozást. Ez a jogszabály ugyanis főleg a barnaövezetek és a vasútvonalak/autópályák melletti területek napelemes hasznosíthatóságát szorgalmazta, ám ilyen területekben a tartomány nem bővelkedik, így lemaradtak volna az északi és keleti országrészekről. A tartományi beavatkozással - gondosan ügyelve a talaj- és természetvédelmi előírások betartására - 900 000 hektárnyi területet nyitottak meg a napelem-telepítések céljára (Freiflächenöffnungsverordnung), amely a tartomány mezőgazdaságilag hasznosított földjeinek közel kétharmadát teszi ki.⁸⁷

Egy másik példaként szolgálhat a német összevetésben kiváló adottságú Bajorország, ahol 2020-ban a németországi napenergia-beruházások egynegyede valósult meg.⁸⁸ Mivel Bajorország már 2040-re el szeretné érni a klímasemlegességet, így Baden-Württemberghez hasonlóan ez a tartomány is segíti a hátrányosnak ítélt földterületekre való napelem-

⁸⁶ Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2011, (2011): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, § 1 Zweck und Ziel des Gesetzes (2), Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamt für Justiz. https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2011/BJNR106610014.html

⁸⁷ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2017). Weg für mehr Solarstrom in Baden-Württemberg ist frei - Kabinett verabschiedet Freiflächen-Verordnung. <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/weg-fuer-mehr-solarstrom-in-baden-wuerttemberg-ist-frei-kabinett-verabschiedet-freiflaechen-verord/>

⁸⁸ Bayerische Staatsregierung, (2021): Klimaland Bayern, https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2021/07/210804_regierungserklaerung_Online_210x297mm.pdf

telepítést, hogy jobban ki tudja használni a potenciáljait: a jelenlegi 14 GW teljesítményű naperőmű-teljesítményt 80 GW-ra tervezik növelni.⁸⁹

A fent vázolt szabályozási lépések konfliktusokhoz vezethetnek a földhasználat terén, ha a mezőgazdasági művelés helyett villamosenergia-termelésre állnak át. Éppen ezért kap kiemelt figyelmet Németországban az agroPV technológia. Az ország legnagyobb ilyen kutatóintézete, amely a Fraunhofer ISE egyik szervezeti egységéként Heggelbachban (Dél-Németország) található, 0,2 MW villamos energia teljesítménnyel is rendelkezik.⁹⁰

⁸⁹ Bundesverband der Solarwirtschaft e.V., Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V., (2021): Gemeinsames Memorandum zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in Bayern

<https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/politisches-programm/6120>

⁹⁰ Fraunhofer ISE (2021). Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and Energy Transition. <https://agri-pv.org/en/>

6. A napenergia termikus hasznosítása és alkalmazási lehetőségei Magyarországon

Csontos Csaba, Mátyás András, Munkácsy Béla

A Nemzetközi Energia Ügynökség szakértői szerint a napenergia termikus hasznosítása a 95 °C-nál alacsonyabb hőigények kielégítésében 2050-re világszerte megkerülhetetlenné válhat, és akár a végső energiafelhasználás 16%-át is fedezheti.⁹¹ A napkollektorok - földrajzi adottságoktól függően - egyes európai országok hőtermelésének akár 12%-át is adhatják.⁹² A fenti jelentősnek látszó távlatok fényében meglepő, hogy hazánkban a szakmai kommunikáció és a közbeszéd is elsősorban a napenergia fotovoltaiikus hasznosítására fókuszál, a napenergia termikus hasznosítása, mint lehetőség, lényegében elsikkad. Pedig a tudományos elemzések szerint az egységnyi földterületre vetített kinyerhető energiamennyiség terén a napkollektorok kínálják a legjobb lehetőséget Közép-Európában (31. ábra).⁹³

Dániában például 2010 és 2019 között több mint tízszeresére nőtt a távhőrendszerekbe integrált napkollektorfelület, csak 2016-ban 42%-os növekedés regisztráltak, miközben 100 fölé nőtt az efféle fejlesztésekkel érintett települések száma. Napjainkra az összfelület meghaladja az 1,6 millió m²-t, hőtéljesítményük eléri a 1 100 MW_{th}-t.⁹⁴ A dániai fejlemények annak fényében különösen érdekesek, hogy a besugárzás értéke meglehetősen szerény (950-1 050 kWh/m²/év) már hazánkkal való összevetésben is (1 100-1 350 kWh/m²/év).⁹⁵

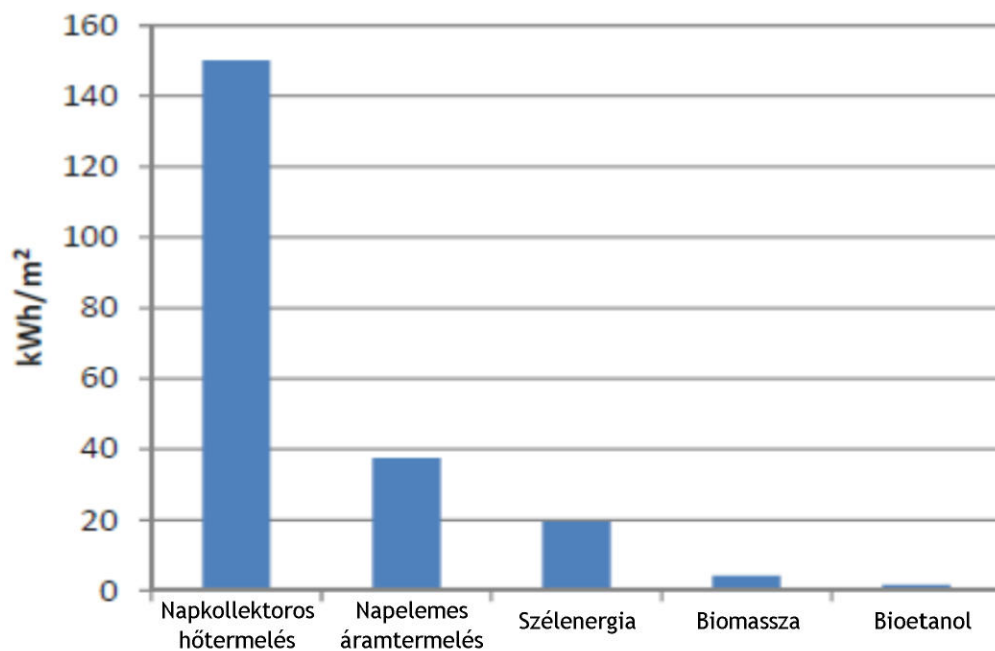
⁹¹ International Energy Agency (2012). **Technology Roadmap Solar Heating and Cooling**. Paris <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-solar-heating-and-cooling>

⁹² Tschoppa, D., Tianb,Z., Berberichc, M., Fand, J., Perersd, B., Furbod, S. (2020). **Large-scale solar thermal systems in leading countries: A review and comparative study of Denmark, China, Germany and Austria**. *Applied Energy*, 270, 114997 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114997>

⁹³ Holter, C. (2020). **BigSolar for the decarbonization of current district heating systems Potentials & Challenges**. SOLID Solar Energy Systems GmbH <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2020/Apr/Technology-specific-focus-Challenges-Christian-Holter.pdf?la=en&hash=EAA625BF93CD57D0F847A0DFBD5963C79CB1E0FC>

⁹⁴ Planenergi (2021): <https://planenergi.eu/activities/district-heating/solar-district-heating/1-gw-sdh-in-dk/>

⁹⁵ Solargis (2014): <https://solargis.info/imaps/>



31. ábra: A különböző megújuló energiaforrások felhasználásával egy m²-nyi területre vetítve egy év alatt kinyerhető energia mennyisége Közép-Európában⁹⁶

A jelenség magyarázata az, hogy vezető dán kutatók és üzemeltetők egyöntetű és velős véleménye szerint „a napkollektoros hőtermelés olcsó, egyszerű és hatékony”. A napkollektorok termelte meleg vizet világviszonylatban is korszerűnek számító távhőrendszerek fogadják be, amelyek legalább néhány napos, de nem ritkán szezonális hőtárolóval is rendelkeznek. Egy rendszerben általában 3-4 olyan technológia logikus kombinációja valósul meg, amelyekkel hazánkban távhőrendszerekben még csak találkozni sem nagyon lehet szerencsénk, így például a szélturbinákkal, illetve az ezekkel kooperáló hőszivattyúkkal (például Hvide Sande esetében) vagy kiterjedt hulladék hő-hasznosítással (például Aalborg esetében). Ezek ismeretében nem csoda, hogy Dániában már a negyedik generációs, alacsony hőmérsékletű távhőrendszerek általánossá tételén dolgoznak.^{97 98}

Ami a napkollektoros rendszereket illeti, Dánia egyik 50 ezer lakosú középvárosában, Silkeborgban 2016-ban adták át a világ jelenleg legnagyobb, 156 694 m²-es kollektorfelületű, 110 MW_{th} teljesítményű ilyen rendszerét. A rendszer egyelőre

⁹⁶ Holter, C. (2020). **BigSolar for the decarbonization of current district heating systems Potentials & Challenges**. SOLID Solar Energy Systems GmbH <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2020/Apr/Technology-specific-focus-Challenges-Christian-Holter.pdf?la=en&hash=EAA625BF93CD57D0F847A0DFBD5963C79CB1E0FC>

⁹⁷ Lund, H., Duic, N., Østergaard, P., Vadmathiesen, B. (2016). **Smart energy systems and 4th generation district heating**. Energy 110. pp. 1 - 4. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.105>

⁹⁸ Schmidt, D., Kallert, A., Blesl, M., Svendsen, S., Li, H., Nord, N., Sipilal, K. (2017). **Low Temperature District Heating for Future Energy Systems**. Energy Procedia 116. pp. 26 - 38. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.052>

nagyobb részét földgáz üzemű, de hőszivattyúval és két, egyenként 16 000 m³-es hőtárolóval is ellátták. Mivel szezonális tárolót egyelőre még nem építettek ki, ezért a napenergia részaránya csak 20% körüli.



32. ábra: A silkeborgi napkollektor-rendszer a tájban⁹⁹

Silkeborg 40 hektáros, azaz hozzávetőleg a Budai várnegyeddal megegyező méretű napkollektor-mezőjének esete azonban rávilágít a dán koncepció Achilles-sarkára, hiszen az ilyen zöldmezős projektek megvalósíthatósága a sűrűn lakott Nyugat- és Kelet-Európa agglomerációs zónáiban erősen vitatható. Éppen ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a dán példa esetleges hazai adaptációja során a területhasználatra. A megújuló energiaforrások térnyerésének minden szempontból a fenntarthatóságot kell szolgálnia, ezért az új projekteknél kiemelten fontos a területhasználat racionalizálása. Erre jó példa **Graz esete**. Itt 2008-ban összesen 5 000 m²-nyi napkollektort szereltek négy különböző ipari létesítmény tetejére, amelyeket közvetlenül a városi távfűtéshez kapcsolták.¹⁰⁰ Ezzel egyfelől új funkciót adtak már meglévő épületeknek és elkerülték értékesebb területek használatba vételét. A jó eredmények okán 2014-ben újabb kollektormezővel bővítették a rendszert, ezúttal az egyik távfűtőmű közvetlen közelében lévő barnamezős területen. Az összterület így 7 750 m²-re nőtt, az éves hőtermelés pedig elérte a 3,8 GWh-t.¹⁰¹ Az első eredmények azt mutatják, hogy a rendszer megvalósíthatósága akkor a legjobb, ha a

⁹⁹ GSTEM (2017). Silkeborg's solar district heating to cover 20 % of heating demand. Global Solar Thermal Energy Council <http://www.solarthermalworld.org/content/silkeborgs-solar-district-heating-cover-20-heating-demand>

¹⁰⁰ Solid (2016): Reference project - District heating/CENTRAL. https://www.solid.at/images/pdf/District_heating_english.pdf

¹⁰¹ Reiter, P., Poier, H., & Holter, C. (2016). BIG Solar Graz: Solar District Heating in Graz - 500,000 m² for 20% Solar Fraction. Energy Procedia, 91, 578-584. doi:10.1016/j.egypro.2016.06.204

napkollektorok a távhőszükséglet 9-26%-os részét képesek fedezni. Graz esete azt példázza, hogy okos tervezéssel miként lehet a megújulás fejlesztéseket oly módon megvalósítani, hogy nem veszünk igénybe újabb értékes zöldterületeket.

A dán, német, osztrák és lett példák ellenére a jobb természeti adottságokkal megáldott Magyarországon nem tudtak gyökeret eresztetni ilyen projektek. Elvi szándék van efféle fejlesztésekre, hiszen a NEKT stratégiai céljai között is szerepel a megújulóenergia-alapú falufűtőművek támogatása és egyre gyakrabban hallani a meglévő távhőrendszerek zöldítéséről is.

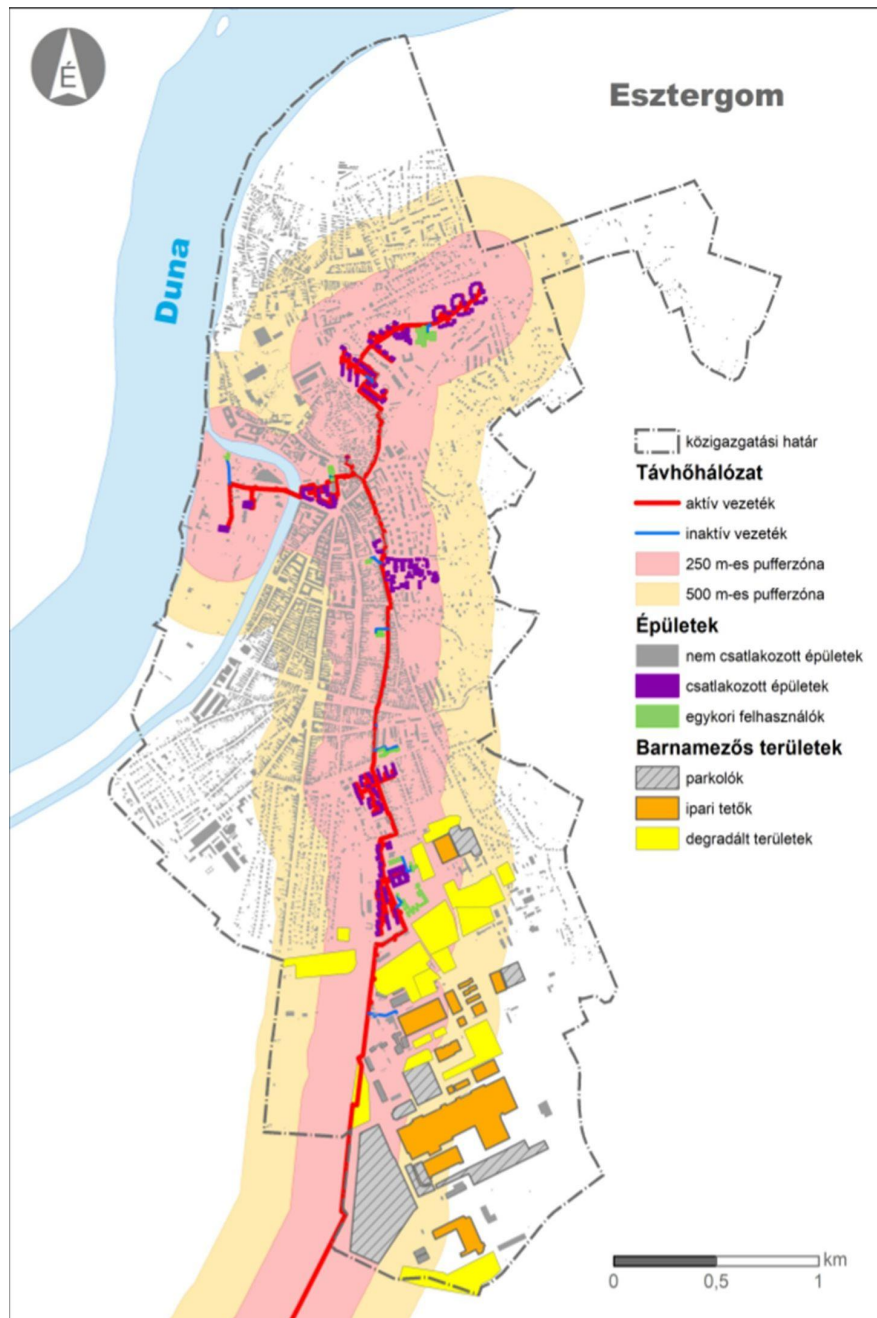
Az ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékén évek óta folyik ebben a témakörben vizsgálódás, melynek földrajzi fókuszában Veresegyház, Dorog-Esztergom, Salgótarján, Miskolc, illetve a Bükk térségének települései állnak. **Veresegyház** esetében akár 2500 háztartás ~40 GWh/év hőigényét kielégítő, ~90 000 m² felületű napkollektor rendszer esetében is alig több mint 200 000 m²-nyi barnamezős földterületre lenne szükség. A kutatási területen végzett felszínborítás-elemzés rávilágított arra, hogy **ez az érték alig az negyede a távhővezetékek környezetében rendelkezésre álló barnamezős zónák összterületének.**¹⁰²

A **dorog-esztergomi távhőrendszer** napkollektoros kiegészítésére is készültek számítások egy hasonló módszertan felhasználásával. A különbség ez esetben az volt, hogy a szerzők a felszínborítás elemzésekor a távhővezetékekhez képest egy szűkebb, 250-500 m-es zónára végezték el a számításokat. Ezek szerint ~64 000 m²-es napkollektor-felületre lenne szükség ahhoz, hogy a város hőigényének 13%-át fedezni lehessen, ami a rendelkezésre álló **barnamezős területeknek 19%-ának felhasználásával megoldható volna.** Egy ilyen projekt megvalósítása előtt a meglévő távhőrendszer fogyasztóoldali bővítése és a hőtárolás beépítése további vizsgálatokat igényelne.

Miskolc esetében is rendelkezésre áll megfelelő terület, akár egy nemzetközi viszonyban is kiemelkedő méretű napkollektoros rendszer kialakításához a távfűtőrendszer 400 és 600 m-es zónáján belül értékes termőterületek bevonása nélkül, ill. már degradált felszínek hasznosításával. A távhőrendszer keleti részén fekvő barnamezős terület önmagában elég volna egy, a silkeborgihoz hasonló kapacitás kiépítéséhez. Ráadásul a hulladékhő-források terén is jelentős kiaknázatlan potenciál található a távhőhálózat 50 méteres közelségében, hiszen a szupermarketek hűtőrendszereinek hulladékhője akár 35 GWh/év hőmennyiséggel volna képes támogatni a hőigény kielégítését. A távhőrendszertől 5 km-re található szennyvíztisztító-telep folyamatosan keletkező, éves viszonylatban 94 GWh/év hulladékhője még ennél is sokkal nagyobb lehetőséget biztosítana, ha sikerülne a rendszerbe integrálni.¹⁰³

¹⁰² Csontos, Cs. (2017). A veresegyházi geotermikus távfűtési rendszer napkollektoros bővítési lehetőségének feltérképezése térinformatikai módszerek alkalmazásával. ELTE TTK, OTDK pályamunka <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/37959>

¹⁰³ Várallyay Gergely (2019). A miskolci távhőrendszer napenergiával és hulladékhővel való ellátási lehetőségének vizsgálata térinformatikai módszerek alkalmazásával. ELTE TTK, diplomadolgozat



33. ábra: A Dorog-Esztergom távhőhálózat forrásoldali és fogyasztóoldali fejlesztési lehetőségei Esztergom településen¹⁰⁴

Lényegesen kisebb lakosságú, távhőrendszerrel még nem rendelkező **bükkaljai települések** kapcsán is folyt kutatás helyi erőforrásokra támaszkodó hibrid távhőrendszerek megvalósításának érdekében. A geotermikus erőforrások és a biomassa mellett a kutatás kiterjedt a napenergia termikus hasznosíthatóságára is. A vizsgálatba vont 20 település esetében a lakott területektől 500 méteres körzetbe eső földterületekre

¹⁰⁴ Papp, L., Sádli, Gy., Soha, T., Csontos Cs., Munkácsy, B., Csüllög, G., Horváth, G., - Harmat, A., - Szabó, M. (2018). Esztergom távhőszolgáltatásáról és annak lehetséges bővítéséről az energiaföldrajz tükrében. Területfejlesztés és Innováció, 12(1) pp. 3-19.

http://terinno.hu/szamok/teruletfejlesztés_és_innováció_2018_1_papp_l_etal.pdf

készültek felszínborítás-elemzések, amelyek során a már degradált, kevésbé értékes területeket kiemelt figyelmet kaptak. Az eredmények alapján 13 település esetében álltak rendelkezésre a vizsgálati szempontoknak megfelelő területek¹⁰⁵, ami jól jelzi, hogy napenergia termikus hasznosításával nem csak a városi terekben, de akár rurális környezetben is érdemes számolni.

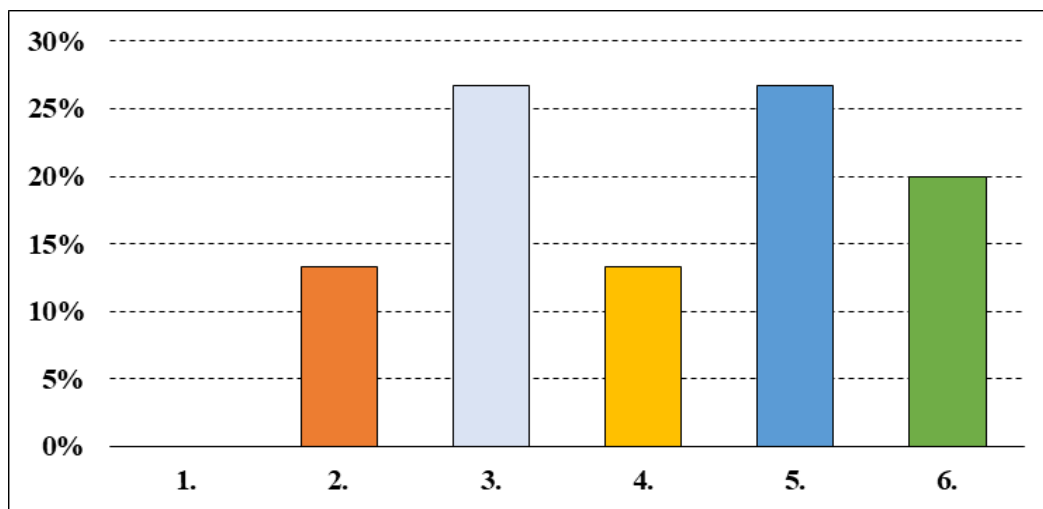
¹⁰⁵ Csontos, Cs., Soha, T., Harmat, Á., Campos, J., Csüllög, G., Munkácsy, B. (2020). **Spatial analysis of renewable-based hybrid district heating possibilities in a Hungarian rural area.** International Journal Of Sustainable Energy Planning And Management 28. 17-36. DOI:10.5278/ijsepm.3661

7. A hazai szakértőkkel készített felmérés bemutatása és kiértékelése

Vajdovich Noémi, Pataki Kata, Csontos Csaba, Munkácsy Béla

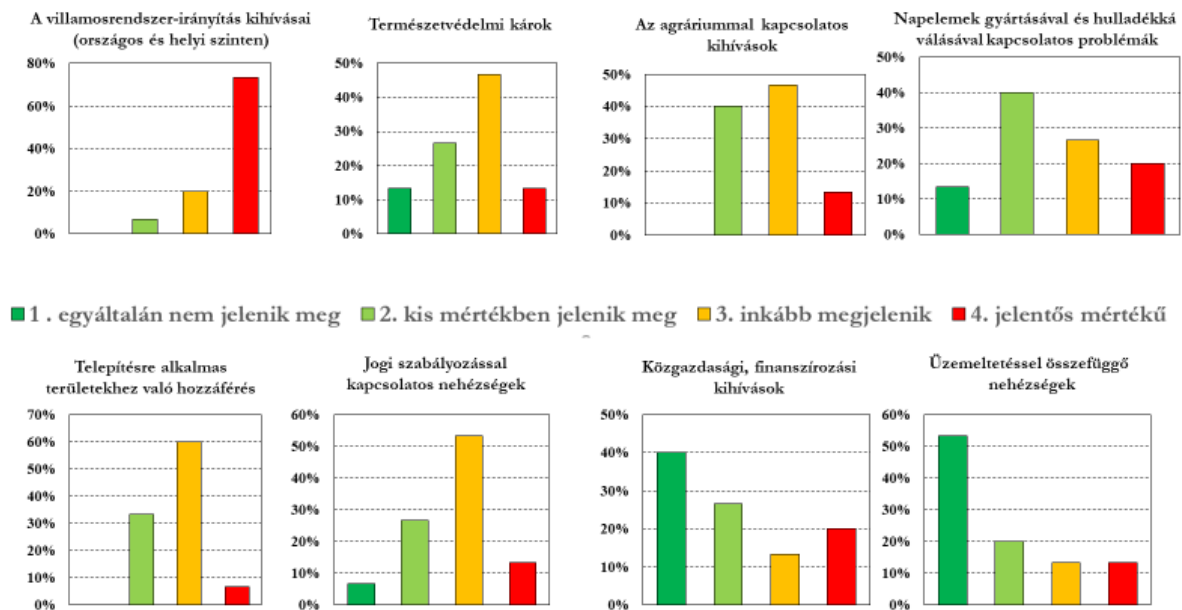
Jelen projekt keretében egy kérdőíves vizsgálat is készült a hazai energetikai átalakulás lehetőségeit és annak kockázatait firtatva, elméleti és gyakorlati szakemberek véleményét kikérve. A kérdőívezés meghívásos alapon történt 15 fő bevonásával, a multidiszciplinaritás elvét figyelembe véve.

A kérdések közül az első arra irányult, hogy a *Nemzeti Energia és Klímatervben* 2040-re tervezett 12 ezer MW-os napelemes teljesítmény milyen nehezen volna megvalósítható. Erre egytől hatig terjedő skálán lehetett választ adni, ahol az egyes a *teljesen irreális*, míg a hatos a *könnyen megvalósítható* jelentette. A kérdés kapcsán az a vélemény az uralkodó, miszerint a terv megvalósítható. Nem volt olyan válaszadó, aki e cél elérését teljesen lehetetlennek tartotta volna, miközben a másik véglet esetében - vagyis, hogy szerintük egyáltalán nem ütközne akadályba a teljesítmény ilyen mértékű növelése - hárman (20%) foglaltak állást (34. ábra).



34. ábra: „Mennyire tartja reálisnak a Nemzeti Energia és Klíma Tervben jelenleg szereplő 12 000 MW napelemes összteljesítmény megvalósítását 2040-re?” Az 1-től 6-ig terjedő skálán az 1-es a "teljesen irreális", míg a 6-os a "könnyen megvalósítható".

A kérdéshez kapcsolódó kifejtős részből az derül ki, hogy a válaszadók szinte egyhangú véleménye alapján a napelemes villamosenergia-termelés fejlődő és fókuszban lévő terület. Többségük szerint kulcskérdés, hogy mennyire terjednek majd el Magyarországon a háztartási léptékű alkalmazások. Kihívásként említik a tárolási kapacitások terén tapasztalható hazai lemaradást, a hálózatfejlesztés hiátusait, az integrálhatóság problémakörét és mindezek költségvonzatait. Volt olyan válaszadó, aki szerint ezeknek a megvalósítása kizárólag politikai akarat kérdése.

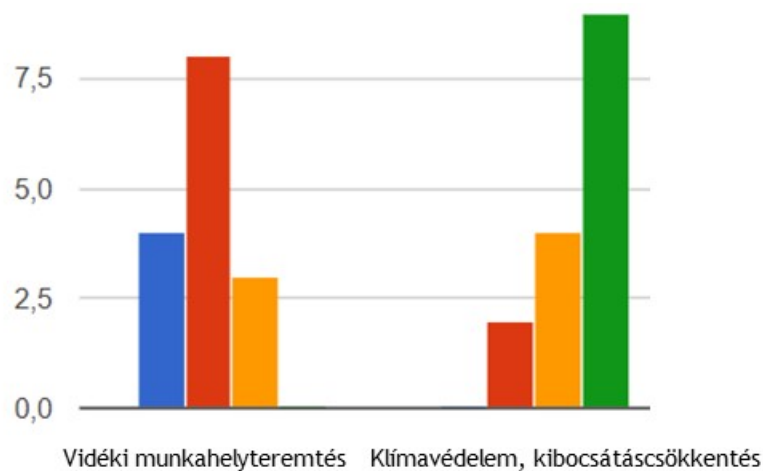


35. ábra: „Ön szerint az alábbi kihívások milyen mértékben fognak megjelenni a 12 000 MW kapacitás kialakítása kapcsán?”

A negyedik kérdés a beépített teljesítmény kialakítása során **várható kihívásokra** irányult (35. ábra). A válaszadók a legnagyobb nehézségeket a villamosrendszer-irányítás kapcsán várják. A szakértők döntő többsége véli úgy, hogy az agráriummal, a termőfölddel kapcsolatos kihívások is meg fognak jelenni, bár nem drámai mértékben. Többségük szerint a természeti károk mérsékeltek maradnak. A napelemek gyártásával és azoknak hulladékká válásával kapcsolatban születtek a legkevésbé konzekvens eredmények. Nyolcan kisebb-nagyobb problémát jeleznek előre, heten inkább pozitív jövőképet vizionálnak. A *jogi szabályozással kapcsolatos nehézségek* kapcsán a többség lát arra lehetőséget, hogy - kisebb vagy nagyobb mértékben - ezek problémaként fognak megjelenni a teljesítménybővítés akadályaként. *Finanszírozási kihívástól* és *üzemeltetéssel összefüggő nehézségektől* a válaszadók döntő többsége nem tart.

Az ötödik kérdésben (7. ábra) a 2030-ra **tervezett torz energiamix** kapcsán fejthették ki véleményüket. A válaszadók túlnyomó többsége rossznak, 46,7%-uk pedig kifejezetten aggasztónak találja a tervekben szereplő elképzelést.

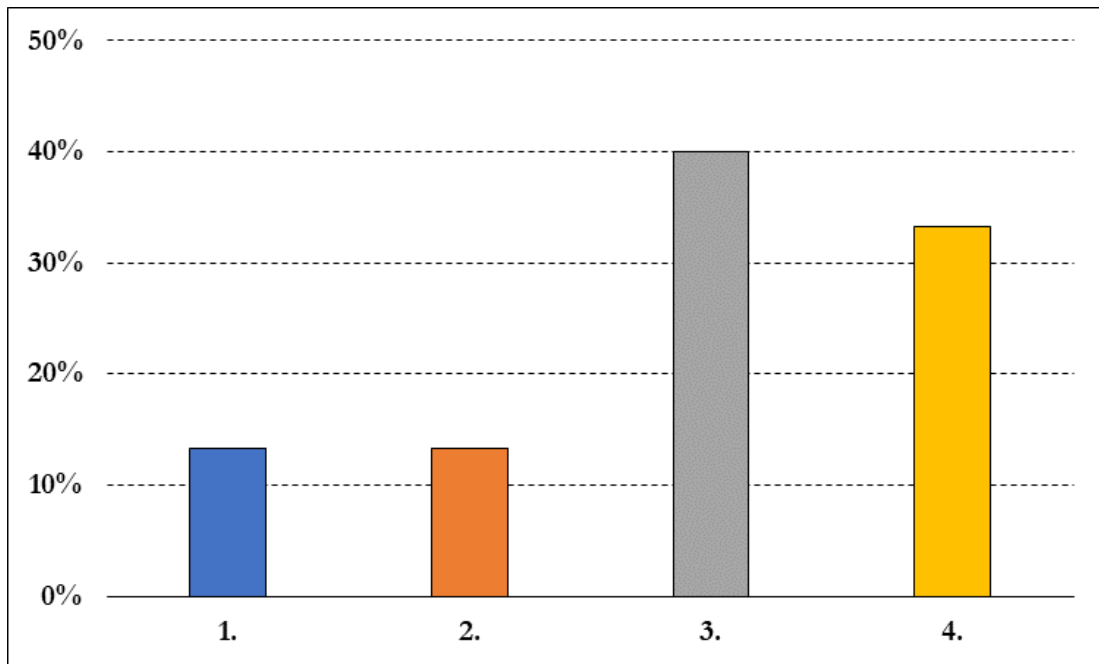
A következő pontban arról fejthették ki véleményüket a válaszadók, hogy milyen **eredményeket** várnak a teljesítménynövelés megvalósulása kapcsán. A legkomolyabb pozitív hatást a klímavédelemben és a kibocsátásnövekedésben várják a szakértők, döntő többségük egyenesen áttörést vizionál ezen a téren. A legszerényebb hozadéka a vidéki munkahelyteremtésben lehet a napelemes fejlesztéseknek - a megkérdezettek 80 %-a vagy egyáltalán nem vár eredményt, vagy csak nagyon csekély esélyt lát pozitív változásokra (36. ábra).



- egyáltalán nem várok nagy eredményeket
- kevésbé valószínűnek tartom, hogy pozitív változások lesznek
- inkább valószínűnek tartom, hogy pozitív változások lesznek
- jelentős eredményeket/áttörést várok

36. ábra: „A felsoroltak közül Ön mely területeken várja a legfontosabb eredményeket a 12 000 MW napelemes teljesítmény megvalósulásának köszönhetően?” A legszerényebbek a remények a vidéki munkahelyteremtés kapcsán, a legkomolyabbak az éghajlatvédelemben

Az energiaközösségek tényérése a villamosenergia-árak megfizethetősége és az ellátásbiztonság növekedése kapcsán szinte minden megkérdezett csak kisebb változásokra számít a jelentős napelemes teljesítménybővítés eredményeként.



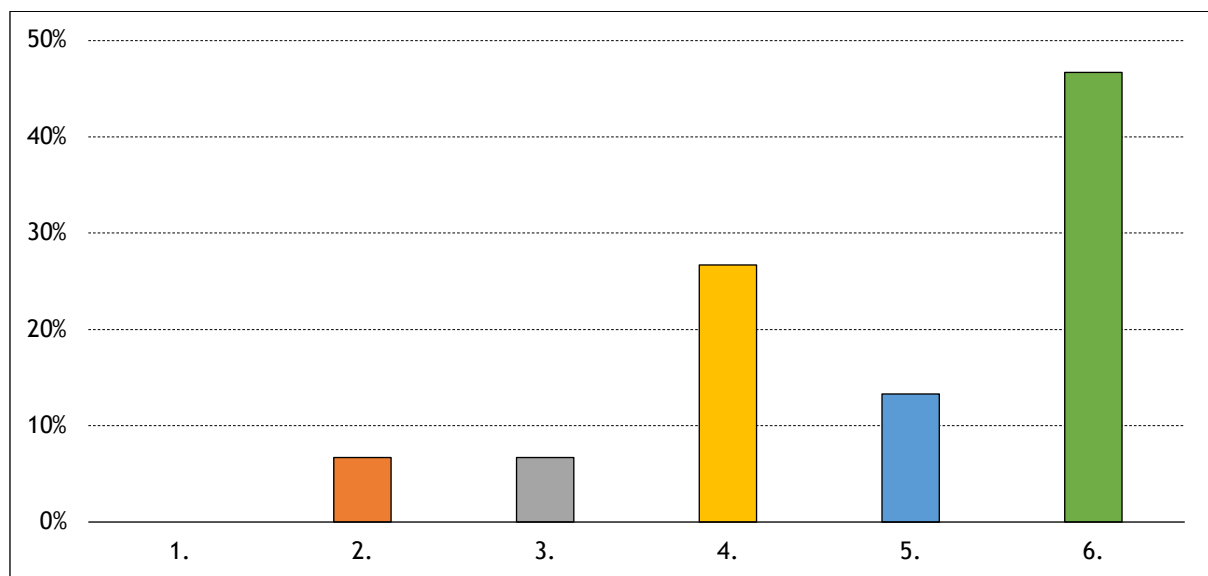
37. ábra: „Mennyire tartja fontosnak, hogy a napelemek mellett nagyléptékű napkollektoros alkalmazások is megvalósuljanak? Az 1-től 4-ig terjedő skálán az 1 a "egyáltalán nem fontos", míg a 4 a "kiemelkedően fontos".”

A válaszadók több mint kétharmada fontosnak tartja, hogy a napelemek mellett nagyléptékű napkollektoros alkalmazások is megvalósuljanak (37. ábra), és abból öt fő (33%) kiemelkedő hangsúlyt helyezne a területre.

8. Megfontolásra szánt javaslatok a mindenkori kormányzat és kormányzati tanácsadók számára

Harmat Ádám, Csontos Csaba, José Campos, Munkácsy Béla

A projektben megkérdezett 15 külsős szakértő meglehetősen világosan úgy foglalt állást, hogy a napelemes villamosenergia-termelés kizárólagos favorizálása a megújulóenergia-alapú kapacitásbővítésben nem szerencsés: ketten kevésbé, míg tizenhárman inkább érzik ezt problémának (38. ábra).



38. ábra: A 15 külső szakértő válaszai arra a kérdésre, hogy „Mennyire tartja aggasztónak, hogy csak a napenergia-hasznosítást favorizálja az aktuális hazai energiastratégia, miközben minden más megújuló energiaforrásra (biogáz-technológia, geotermia) legfeljebb csak szerény figyelmet szentel vagy egyenesen tilt (szélenergia)?” Az 1-től 6-ig terjedő skálán az 1-es a "cseppet sem aggasztó, sőt, kifejezetten logikus", míg a 6-os a "Kifejezetten aggasztó, hibás elképzelés".

Ez is visszaigazolja azt a tudományosan elfogadott alaptételt, miszerint a megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák minél szélesebb körére van szükség az optimális energiamix kialakításánál, természetesen minden esetben a helyi lehetőségekre figyelemmel.^{106 107} Erre való hivatkozással kijelenthetjük, hogy **az elsőszámú kormányzati**

¹⁰⁶ Barnett, D. (2013). **Energy diversification as a fundamental contribution to sustainable development.** Council of Europe, Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development. <http://www.assembly.coe.int/LifeRay/SOC/pdf/TextesProvisoires/2013/20131112-EnergyDiversification-EN.pdf>

feladat az energiamix diverzifikálása, illetve megújulóenergia-alapúvá alakítása, különösen abban az esetben, ha a NE2030-ban és a NEKT-ben egyaránt szereplő elsődleges stratégiai célkitűzést, nevezetesen az energetikai autonómítás növelését (vagyis hazánk kiszolgáltatottságának csökkentését) valóban komolyan gondolták a kormányzati szereplők. A napelemteljesítmény bővítésére irányuló tervek fényében **a szél erőművek telepítésére vonatkozó tiltást azonnal meg kell szüntetni,** mert ez sem energiagazdálkodási, sem gazdasági, sem társadalmi szempontból nem elfogadható, ráadásul a környezeti fenntarthatóság nézőpontjából sem védhető.^{108 109}



39. ábra: Dánia legnagyobb szárazföldi szélfarmját (22 darab 3,3 MW-os turbina Ringkøbing térségében) egy napelemes rendszerrel kombinálták. A tulajdonosok között a helyi lakosság is felsorakozik, 750 millió dán koronát investálva a projektbe.

A napelemes villamosenergia-termelés kapcsán - nemzetközi összevetésben és a hazai adottságok fényében - a jelenlegi kormányzati tervek cseppet sem ambiciózusak, ugyanakkor egészen bizonyos, hogy a jelenlegi gyakorlat, miszerint a kapacitások döntő többsége zöldmezős beruházás keretében valósul meg - rossz és éppen ezért elfogadhatatlan. Az alábbi területeken szükséges megfontolni a változtatást a minél diverzebb területhasznált érdekében:

¹⁰⁷ Kosai, S., & Unesaki, H. (2020). Short-term vs long-term reliance: Development of a novel approach for diversity of fuels for electricity in energy security. Applied Energy, 262, 114520. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114520

¹⁰⁸ Végh Zs. (2016). Évi 25 milliárdba fáj a szél erőművek mellőzése. Interjú Mezösi Andrással, a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) kutató főmunkatársával. https://rekk.hu/hir/32/evi-25-milliardba-faj-a-szeleromuvek-mellozese/?mobile_view=0

¹⁰⁹ Baji G.Sz.N., Gyura G., Jókuthy L., Papp D. (2020). A hazai megújulóenergia-termelés finanszírozása. Kihívások és lehetőségek. <https://mnb.hu/letoltes/20210121-hazai-meguulo-energiatermeles-finanszirozasa.pdf>

- 1 MW-nál kisebb napelem-farmok telepítése a nagyobbak helyett;¹¹⁰
- ipari épületek tetőszerkezeteinek, hulladéklerakóknak, zajvédő falaknak minél kiterjedtebb alkalmazása;¹¹¹
- háztartások minél szélesebb körének bevonásával lakóépületekre történő telepítések, különösen városi területeken;¹¹²
- egyes víztestek és termőföldek kettős felhasználása villamosenergia-termelésre is.¹¹³

Nyilvánvalóan elkerülhetetlen kormányzati feladat az **energiahatékonyság fokozására** irányuló minden lehetséges lépés és megoldás támogatása, mert az energialánc mentén számítható rendszerhatékonyság döbbenetesen alacsony. Különösen fontos ez a lépés annak fényében, hogy a jövőben várható az energiafogyasztás átrendeződése, nevezetesen a villamosenergia-fogyasztás további növekedése. Ugyanakkor korábbi energiarendszer-modellezés, illetve kutatási eredmény igazolja, hogy az energia- és klímapolitika radikális átalakítása révén elérhető volna olyan mértékű hatékonyságjavítás, amellyel **megelőzhető a villamosenergia-fogyasztásra visszavezethető primerenergia-fogyasztás növekedése**¹¹⁴, különösen annak fényében, hogy az EUROSTAT előrejelzése szerint hazánk népessége 2050-ig legalább 10%-kal csökken az elkövetkező 30 esztendőben.¹¹⁵

A gazdasági dimenziót illetően kulcsfontosságú volna a **rugalmas árképzés** mielőbbi és minél teljesebb körű bevezetése, hogy ezáltal lehetővé váljon az intelligens energiarendszerre (smart energy system) való átállás.¹¹⁶ A saját termelésű villamos energiára kivetett adók eltörlése, hogy a magánszemélyeket és a vállalkozásokat napelemes rendszerek telepítésére ösztönözzék.

¹¹⁰ Dias, L., Gouveia, J. P., Lourenço, P., & Seixas, J. (2019). **Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use.** Land Use Policy, 81, 725-735. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.036>

¹¹¹ Poggi, F., Firmino, A., & Amado, M. (2018). **Planning renewable energy in rural areas: Impacts on occupation and land use.** Energy, 155, 630-640. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009>

¹¹² Gomez-Exposito, A., Arcos-Vargas, A., & Gutierrez-Garcia, F. (2020). **On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 132, 110074. doi:10.1016/j.rser.2020.110074

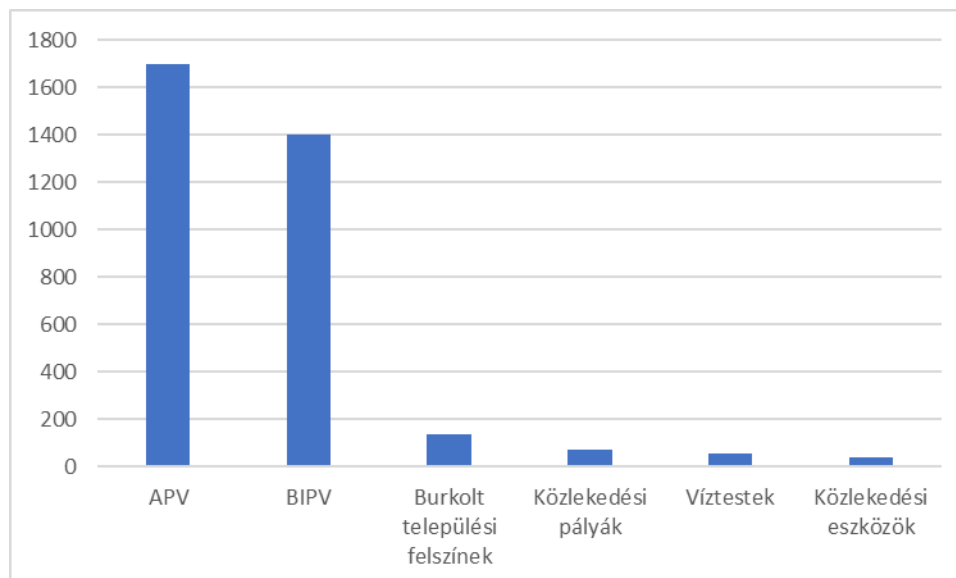
¹¹³ Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Oberfell, T., Bopp, G., Reise, C., ... Weber, E. (2020). **Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications.** Applied Energy, 265, 114737. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114737

¹¹⁴ Munkácsy B. et al. (2011). **Erre van előre. Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision 2040 Hungary 1.0** <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/51512>

¹¹⁵ Harsányi P. (2021). **EU: Nem kicsit fog csökkenni Magyarország lakossága 2050-ig.** <https://novekedes.hu/elemezsek/eu-nem-kicsit-fog-csokkenni-magyarorszag-lakossaga-2050-ig>

¹¹⁶ Mathiesen B.V., Lund H. (2021). **Global smart energy systems redesign to meet the Paris Agreement.** Editorial. Smart Energy <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955221000241>

A fentieket kiegészítendő az **energiatárolás**, ezen belül elsősorban a szezonális léptékű megoldások tekintetében is komoly fejlesztésekre van szükség, mindenekelőtt azt szem előtt tartva, hogy ez nem probléma, hanem számos szempontból sokkal inkább lehetőség.¹¹⁷



40. ábra: Németország technikai potenciálja a napelemek különféle kombinált alkalmazásai szempontjából (GW). Jól látható, hogy a lehetőségek meghatározóan az agro-fotovillamos alkalmazások és a meglévő épületállomány felhasználása kapcsán jelentkeznek¹¹⁸

8.1 Területhasználati szempontok

Mindenekelőtt azt kell leszögezni, hogy a területi tervezés a napelemes fejlesztések területhasználatával kapcsolatban elengedhetetlen - ugyanakkor más energiatervezési feladatok esetében is legalább ennyire fontos! Az elsődleges cél a jelenlegi, a környezeti szempontokat teljes mértékben nélkülöző telephelyválasztás felváltása egy olyan rendszerrel, amelyben regionális (például megyei) szintű tervezés történik a területhasználat optimalizálása érdekében. Az energiaföldrajz eszköztára (benne a térinformatika) éppen efféle feladatok elvégzésére alkalmas, az egyetemek pedig a felkészült szakembereket biztosítják ehhez a munkához.

¹¹⁷ Ajanovic, A., Hiesl, A., & Haas, R. (2020). On the role of storage for electricity in smart energy systems. Energy, 117473. doi:10.1016/j.energy.2020.117473

¹¹⁸ Trommsdorff, M. (2020). Performance Indices for Parallel Agriculture and PV Usage - Approaches to quantify land use efficiency in agrivoltaic systems. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/09/07_M.-Trommsdorff_A-PV_T13-Workshop.pdf

A közelmúltban végzett németországi potenciálfelmérések azt jelzik, hogy az agrofotovillamos és az épületállománnyal szinergiában működő alkalmazások a többihez képest messze kiemelkedő, hatalmas lehetőséget jelentenek az energetikai fordulatban (40. ábra), ami azt is jelenti, hogy az **agrármérnökök és építészmérnökök** bevonása az energiatervezési folyamatokba, illetve képzésük ezirányú reformja egyaránt kulcsfontosságú az energetikai átmenet megvalósításában.

Ami a közeljövő sürgető feladatait illeti hazánkban, a területhasználat optimalizálása érdekében szükségesnek látszik a jelenlegi METÁR szabályozás újragondolása. Ahhoz, hogy a METÁR érdemben tudja szolgálni a barnamezős területek hasznosítását, és arra ösztönözze a beruházókat, hogy ne zöldmezős területeket keressenek napelemes fejlesztésre, két dolognak kell egyszerre teljesülnie.

- a) Elsőként szükséges volna azon területek világos lehatárolása, amelyek ténylegesen barnamezős területnek számítanak. Ha volna egy ilyen - bárki számára elérhető - adatbázis, akkor lenne értelme a barnamezős területeknek érdemi előnyt biztosítani. A barnamezős területek lehatárolása önkormányzati hatáskörben 2021. december 31-ig meg kellene valósuljon.¹¹⁹ Azonban - azon túl, hogy **a települések döntő többségénél a megfelelően képzett szakemberek nem állnak rendelkezésre - az ezen területeket összegző adatbázis is hiányzik.** Ez a probléma a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program Plusz (KEHOP Plusz) segítségével oldódhat meg, az Országos Környezeti Kármentesítési Program adatbázisának fejlesztésével - ennek átfutási ideje azonban várhatóan több év.
- b) Másodsorban, mivel az így lehatárolt területek már ténylegesen visszatükrözik a definícióban foglalt barnamező jellegét, így azok napelemes villamosenergia-termelésre való hasznosítása nagy valószínűséggel plusz költségekkel jár. Így azonban csak olyan az esetben tudnak versenyképesek lenni a zöldmezős pályázatokkal szemben, ha a jelenleginél nagyobb, valós előnyben részesíti őket a szabályzat. Ezért érdemes lenne megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy - ahogyan a „kicsi” és „nagy” kategóriában külön tudnak indulni a pályázók - legyen külön költségkeret a barnamezős pályázatoknak. **A leghatékonyabb forráselosztás érdekében célszerűnek látszik a kármentesítési alapokkal összekötni a METÁR-t, hogy ne annak korlátozott pénzkerete fordítódjon a barnamezős területek ártalmatlanítására.** Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a barnamezős területek adatbázisa vélhetően még évekig várat magára, ugyanakkor a jelenlegi tervek szerint a METÁR vonatkozásában jövőre írják ki az utolsó tendert.
- c) Az eddigi tapasztalatok alapján indokoltnak látszik a barnamezősként besorolt pályázatok helyszínének valamiféle ellenőrzése annak érdekében, hogy a visszaéléseket ki lehessen zárni.

¹¹⁹ Lásd: 314/2012-es kormányrendelet

9. Végszó

Méhes Martina

A napenergia hasznosítása lehetőséget nyújt számos XXI. századi probléma megoldására: az éghajlatváltozás mérséklése, a légszennyezés csökkentése, az energiához való hozzáférés mindenki számára történő kiterjesztése. Ezen kívül hozzájárulhat a globális gazdasági jóléthez. A napenergia földhasználati hatásai azonban kevésbé tanulmányozott terület, hazánkban sajnos jelenleg elenyésző számú kutatás és eredmény létezik. Hiába a napenergia hasznosítás rengeteg előnye, ha nem fordítunk kellő figyelmet az energiatermelő egységek területi, szocioökonómiai és élő környezetére. A napenergia rohamos elterjedésével nem hagyhatjuk figyelmen kívül ezek megfelelő és mélyreható vizsgálatát, melyre alapozni lehetne egy nemzeti és regionális energia- és területtervezési stratégiát. Ahogy az Európai Unió egyre több megújuló energiát szorgalmaz, a fejlesztőknek figyelembe kell venniük az úgynevezett „energiaburjánzás” - az energiafejlesztés növekvő földhasználati lábnyomának - környezeti és földhasználati hatásait. Miközben karbonsemleges és zöldebb jövő felé haladunk, és egyre több napelemet kapcsolunk be, szem előtt kell tartanunk az energiafejlesztésünk területhasználatából fakadó következményeket. Ez a tanulmány nagyszerű betekintést nyújt abba, hogy miként érhetjük el a tiszta villamos és hőenergia biztosításának, valamint az élelmezés és az élővilág számára értékes földterületek megőrzésének kettős célját.

Átgondolt tervezés esetén a napenergia-projektek elkerülhetik a földhasználati konfliktusokat. Az épített táj jelentős lehetőségeket kínál a kis méretű napenergia rendszerek elhelyezésére, többek között a tetőkön és a falakon. Nagyobb méretű napenergia alkalmazások esetén a vízfelületeken, illetve barnamezős területeken elhelyezve csökkenthetők az ökológiai, gazdasági és területhasználati negatív hatások. A napenergia segíthet enyhíteni, nem pedig súlyosbítani hazánk vízgazdálkodási problémáit, valamint olyan energiaigényes tevékenységeket is elláthatnánk energiával, mint a termények öntözése vagy a vízszivattyúzás, csökkentve ezzel az ipari szén-dioxid-kibocsátást. A napenergia alkalmazások mezőgazdasági rendszerekbe is integrálhatók, így mind a villamos és hőenergia termelésben, mind a mezőgazdasági tevékenységben jelentős hatékonyságjavulás, illetve további környezetvédelmi, gazdasági és társadalmi jóléti célok valósulhatnak meg. A szél- és napenergia termelésének egy létesítményben történő kombinálása csökkentheti a szükséges földterület igényt és infrastruktúrát, valamint segíthet a szakaszosság problémáinak kiegyenlítésében.

Ahhoz, hogy a napenergia az éghajlatváltozás enyhítéséhez szükséges mértékben sikeres legyen, a napenergia-létesítményeket össze kell hangolni az ökoszisztémával, a mezőgazdasággal és az emberi szükségletekkel. Ha a helyi közösségeket kizárják, és figyelmen kívül hagyják az átgűrűző hatásokat, a megújuló energia előnyeit ellensúlyozhatják a negatív következmények. Ha azonban az innovatív stratégiák és az inkluzív megközelítések hazánkban is lendületet kapnak, a magyar napenergia jövője fényes lesz.

Felhasznált irodalom

A.González-González, M.Collares-Pereira, F.Cuadros, T.Fartaria. (2014): **Energy self-sufficiency through hybridization of biogas and photovoltaic solar energy: an application for an Iberian pig slaughterhouse.** Journal of Cleaner Production, 65, 318-323.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.021>

Ajanovic, A., Hiesl, A., & Haas, R. (2020). **On the role of storage for electricity in smart energy systems.** Energy, 117473. doi:10.1016/j.energy.2020.117473

Barnett, D. (2013). **Energy diversification as a fundamental contribution to sustainable development.** Council of Europe, Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development.

<http://www.assembly.coe.int/LifeRay/SOC/pdf/TextesProvisoires/2013/20131112-EnergyDiversification-EN.pdf>

Baji G.Sz.N., Gyura G., Jókuthy L., Papp D. (2020). **A hazai megújulóenergia-termelés finanszírozása. Kihívások és lehetőségek.** <https://mnb.hu/letoltes/20210121-hazai-megujulo-energiatermeles-finanszirozasa.pdf>

Bayerische Staatsregierung, (2021): **Klimaland Bayern,** https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2021/07/210804_regierungserklaerung_Online_210x297mm.pdf

Benzaghta, Mostafa & Mohamad, Thamer. (2009). **Evaporation from reservoir and reduction methods: An overview and assessment study.** https://www.researchgate.net/publication/279983251_Evaporation_from_reservoir_and_reduction_methods_An_overview_and_assessment_study

Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., & Szabó, S. (2019). **A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114, 109309. doi:10.1016/j.rser.2019.109309

Buck, M. - Redl, C. - Steigenberger, M. - Graichen, P. (2016). **The Power Market Pentagon A Pragmatic Power Market Design for Europe's Energy.** Agora Energiewende 53. p. Transition https://www.agoraenergiewende.de/fileadmin2/Projekte/2016/Power-Market-Pentagon/Agora_PENTAGON_WEB.pdf

Budapest Portál (2021): **Vegyések a napelemekre vonatkozó építési szabályok Budapesten.** <https://budapest.hu/Lapok/2021/vegyesek-a-napelemekre-vonatkozo-epitesi-szabalyok-budapesten.aspx>

Bundesverband der Solarwirtschaft e.V., Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V., (2021): **Gemeinsames Memorandum zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in Bayern** <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/politisches-programm/6120>

Burck, J. - Uhlich, T. - Bals, Ch. - Höhne, N. - Nascimento, L. - Tamblyn, A. & Reuther, J. (2021). **Climate Change Performance Index 2022.** <https://ccpi.org/download/climate-change-performance-index-2022-2/>

Campos Maia, A. S., de Andrade Culhari, E., de França Carvalho Fonsêca, V., Maia Milan, H. F., & Gebremedhin, K. (2020). **Photovoltaic panels as shading resources for livestock.** Journal of Cleaner Production, 120551. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120551

Cuevas, A. (2005). **The Early History of Bifacial Solar Cells.** Proceedings of the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference

- Csontos, Cs. (2017). A verseyházi geotermikus távfűtési rendszer napkollektoros bővítési lehetőségének feltérképezése térinformatikai módszerek alkalmazásával. ELTE TTK, OTDK pályamunka <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/37959>
- Deutsche WindGuard GmbH (2021). Status of onshore wind energy development in Germany, year 2020. https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/dokumente-englisch/statistics/Status_of_Onshore_Wind_Energy_Development_in_Germany_-_Year_2020.pdf
- Dias, L., Gouveia, J. P., Lourenço, P., & Seixas, J. (2019). Interplay between the potential of photovoltaic systems and agricultural land use. Land Use Policy, 81, 725-735. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.036>
- Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 299-308. doi:10.1016/j.rser.2015.10.024
- Dörenkämper, M., Wahed, A., Kumar, A., de Jong, M., Kroon, J., & Reindl, T. (2021). The cooling effect of floating PV in two different climate zones: A comparison of field test data from the Netherlands and Singapore. Solar Energy, 214, 239-247. doi:10.1016/j.solener.2020.11.029
- ENTSOE. (2021). Installed Capacity per Production Type. <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>
- Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021, (2021): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, § 1 Zweck und Ziel des Gesetzes (2), Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamt für Justiz. https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html
- Eurostat (2021). Electrical capacity for wind and solar photovoltaic power - statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electrical_capacity_for_wind_and_solar_photovoltaic_power_-_statistics
- Exley, G., Armstrong, A., Page, T., & Jones, I. D. (2021). Floating photovoltaics could mitigate climate change impacts on water body temperature and stratification. Solar Energy, 219, 24-33. doi:10.1016/j.solener.2021.01.076
- Ezzaeri, K., Fatnassi, H., Bouharroud, R., Gourdo, L., Bazgaou, A., Wifaya, A., ... Bouirden, L. (2018). The effect of photovoltaic panels on the microclimate and on the tomato production under photovoltaic canarian greenhouses. Solar Energy, 173, 1126-1134. doi:10.1016/j.solener.2018.08.043
- Farkas I. (2010). A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. Magyar Tudomány, 171. évf. 2010. 08. pp. 937-947. <http://www.matud.iif.hu/2010/08/05.htm>
- Fertőd város polgármesteri határozata 18/2021 (2021). http://www.fertod.hu/fertod/www.fertod.hu/doctar/2021-kepv-jgyvk/17_pm.pdf
- Fraunhofer ISE (2021). Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and Energy Transition. <https://agri-pv.org/en/>
- Gajdics Á. (2021). A napelemek elterjedésének jogi és adminisztratív akadályai és a megoldás lehetőségei Budapesten. EMLA Egyesület. https://budapest.hu/Documents/Budapest_Nappal_hajtvajogi_elemzes_2021.pdf
- GEOTA (2021). Energia solar: os fins não justificam os meios. Grupo de estudo de ordenamento do território e ambiente. <https://www.geota.pt/blogs/energia-solar-os-fins-nao-justificam-os-meios>
- Gomez-Exposito, A., Arcos-Vargas, A., & Gutierrez-Garcia, F. (2020). On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 132, 110074. doi:10.1016/j.rser.2020.110074
- GSTEC (2017). Silkeborg's solar district heating to cover 20 % of heating demand. Global Solar Thermal Energy Council <http://www.solarthermalworld.org/content/silkeborgs-solar-district-heating-cover-20-heating-demand>

Harsányi P. (2021). EU: Nem kicsit fog csökkenni Magyarország lakossága 2050-ig. <https://novekedes.hu/elemezsek/eu-nem-kicsit-fog-csokkenni-magyarorszag-lakossaga-2050-ig>

Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PLOS ONE, 13(11), e0203256. doi:10.1371/journal.pone.0203256

Heide, D. - Bremen, L. Greiner, M. - Hoffmann, C. - Speckmann, M. (2010). Seasonal optimal mix of wind and solar power in a future, highly renewable Europe. Renewable Energy, 35. 11. 2483-2489 pp. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.03.012>

Holter, C. (2020). BigSolar for the decarbonization of current district heating systems Potentials & Challenges. SOLID Solar Energy Systems GmbH <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2020/Apr/Technology-specific-focus-Challenges-Christian-Holter.pdf?la=en&hash=EAA625BF93CD57D0F847A0DFBD5963C79CB1E0FC>

International Energy Agency (2020). Austria 2020 Energy Policy Review. IEA, 2020. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ea419c67-4847-4a22-905a-d3ef66b848ba/Austria_2020_Energy_Policy_Review.pdf

International Energy Agency (2021). Portugal 2021 Energy Policy Review. OECD. <https://doi.org/10.1787/3b485e25-en>

International Energy Agency (2012). Technology Roadmap Solar Heating and Cooling. Paris <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-solar-heating-and-cooling>

IRENA (2016). End-of Life Management - Solar PV Panels. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf

Isofoton.es - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PV_Soundless_Freising.jpg

Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P., & Mathur, S. (2021). Agrovoltatics: Step towards sustainable energy-food combination. Bioresource Technology Reports, 15, 100766. doi:10.1016/j.biteb.2021.100766

Komoróczy E. (2021). Vertikális kétoldalas napelemes zajvédő falak telepíthetőségi és energiatermelési potenciálvizsgálata a Budapest-Szob vasútvonal mentén. OTDK dolgozat, ELTE TTK

Kosai, S., & Unesaki, H. (2020). Short-term vs long-term reliance: Development of a novel approach for diversity of fuels for electricity in energy security. Applied Energy, 262, 114520. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114520

Kost, Ch. - Shammugam, S. - Jülch, V. - Nguyen, H-T. - Schlegl, T. (2018). Levelized cost of electricity - renewable energy technologies. Fraunhofer Institute. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf

KSH STADAT. (2018): 8.1.1.3. Coverage by CORINE Land Cover categories [km²] https://www.ksh.hu/stadat_files/fo/en/fo0003.html

Kumar, M., & Kumar, A. (2019). Experimental validation of performance and degradation study of canal-top photovoltaic system. Applied Energy, 243, 102-118. doi:10.1016/j.apenergy.2019.03.168
Kúria Köf.5.022/2019/4. számú határozata

KVM (2010). Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve. http://www2.vizeink.hu/files/vizeink.hu_0643_Orszagos_VGT_rovid_20100218.pdf

Lund, H., Duic, N., Østergaard, P., Vadmathiesen, B. (2016). Smart energy systems and 4th generation district heating. Energy 110. pp. 1 - 4. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.105>

Mathiesen B.V., Lund H. (2021). **Global smart energy systems redesign to meet the Paris Agreement.** Editorial. Smart Energy
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666955221000241>

MAVIR (2021). **Trendforduló az áramtermelésben - több nap, és gáz, kevesebb szén.**
<https://www.mavir.hu/web/mavir/-/trendfordul%C3%B3-az-%C3%A1ramtermel%C3%A9sben-t%C3%B6bb-nap-%C3%A9s-g%C3%A1z-kevesebb-sz%C3%A9n?returnPlid=237657540>

MET (2020). **Magyarország energiatermelése és fogyasztása, erőművei.**
<https://hugas.met.com/hu/energiapiaci-betekinto/magyarorszag-energiatermelese-fogyasztasa-eromuvek/8>

METÁR 1-2-3 pályázati dokumentációk

Milousi, M., Souliotis, M., Arampatzis, G., & Papaefthimiou, S. (2019). **Evaluating the Environmental Performance of Solar Energy Systems Through a Combined Life Cycle Assessment and Cost Analysis.** Sustainability, 11(9), 2539. doi:10.3390/su11092539

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2017). **Weg für mehr Solarstrom in Baden-Württemberg ist frei - Kabinett verabschiedet Freiflächen-Verordnung.**

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/weg-fuer-mehr-solarstrom-in-baden-wuerttemberg-ist-frei-kabinett-verabschiedet-freiflaechen-verord/>

MITECO (2019): **ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA ELÉTRICA 2019. Secretaría de estado de energía.**

https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/ElectricasAnuales/ElectricasAnuales_20192021/2019/Resumen%20de%20datos%202019/Industria_energia_electrica_anual_2019.pdf

Munkácsy B. et al. (2011). **Erre van előre. Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision 2040 Hungary 1.0** <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/51512>

Munkácsy B. et al. (2020). **Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervének értékelése a fenntartható energiagazdálkodás nézőpontjából.** Energiaklub.

<https://energiaklub.hu/files/study/Energiaklub%20NEKT%20v%C3%A9lem%C3%A9ny.pdf>

Munkácsy B. et al. (2020). **A szélenergia a 21. században - és Magyarországon.**

https://energiaklub.hu/files/study/Energiaklub_Sz%C3%A9lenergia%20a%2021.%20sz%C3%A1zadban_2.pdf

A-NECP (2019). **Austria - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030.**

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/at_final_necp_main_en.pdf

N-NECP (2019). **Germany - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030.**

https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/de_final_necp_main_en.pdf

P-NECP (2019). **Portugal - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030.**

https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/pt_final_necp_main_en.pdf

S-NECP (2020). **Spain - Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030.**

https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/es_final_necp_main_en.pdf

Nordmann, T. - Clavadetscher, L. (2004). **PV on noise barriers.** Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 12, 6, 485 - 495.

https://www.tnc.ch/wp-content/uploads/2017/10/PV_on_noise_barriers.pdf

Papp, L., Sádli, Gy., Soha, T., Csontos Cs., Munkácsy, B., Csüllög, G., Horváth, G., - Harmat, A., - Szabó, M. (2018). **Esztergom távhőszolgáltatásáról és annak lehetséges bővítéséről az energiaföldrajz tükrében. Területfejlesztés és Innováció, 12(1) pp. 3-19.**

<http://terinno.hu/szamok/teruletfejlesztes-es-innovacio-2018-1-papp-l-et-al.pdf>

- Planenergi (2021): <https://planenergi.eu/activities/district-heating/solar-district-heating/1-gw-sdh-in-dk/>
- PDM (2020). Plano diretor municipal. <https://www.cm-evora.pt/municipe/areas-de-acao/ordenamento-territorio-e-urbanismo/planos-municipais/plano-diretor-municipal/>
- Poe, C. - Plovnick, A. - Hodges, T. - Hastings, A. - Dresley, S. (2017). Highway Renewable Energy: Photovoltaic Noise Barriers. U.S. Department of Transportation. <https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/62000/62300/62341/fhwahep17088.pdf>
- Poggi, F., Firmino, A., & Amado, M. (2018). Planning renewable energy in rural areas: Impacts on occupation and land use. *Energy*, 155, 630-640. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009>
- Puertas, R., & Marti, L. (2021). International ranking of climate change action: An analysis using the indicators from the Climate Change Performance Index. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111316. doi:10.1016/j.rser.2021.111316
- Reiter, P., Poier, H., & Holter, C. (2016). BIG Solar Graz: Solar District Heating in Graz - 500,000 m² for 20% Solar Fraction. *Energy Procedia*, 91, 578-584. doi:10.1016/j.egypro.2016.06.204
- Ridden, P. (2011). Infrabel and Enfinity announce completion of 16,000-panel solar train tunnel. <https://newatlas.com/solar-rail-tunnel-completed/18881/>
- Río, P. - Lucas, H. - Dézsi, B. - Diallo, A. (2019). Auctions for the support of renewable energy in Portugal Main results and lessons learnt. http://aures2project.eu/wp-content/uploads/2020/02/AURES_II_case_study_Portugal.pdf
- Roser, M. (2020). Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth? *Our World in Data*. 2020. december 1. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>
- Ryuto Shigenobu, Masakazu Ito, Hisao Taoka (2021). Optimal design of bifacial PV system to mitigate duck-curve problem of power system with the UC problem. *Energy Reports*, 7, 7004-7014, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2021.10.060>.
- Sachankar B, Kaustubha M, Pinakeswar M. (2021): Hybridization of solar photovoltaic and biogas system: Experimental, economic and environmental analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101050>
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., ... Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265, 114737. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114737
- Schmidt, D., Kallert, A., Blesl, M., Svendsen, S., Li, H., Nord, N., Sipilal, K. (2017). Low Temperature District Heating for Future Energy Systems. *Energy Procedia* 116. pp. 26 - 38. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.052>
- Sekiyama, T., & Nagashima, A. (2019). Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Typical Shade-Intolerant Crop. *Environments*, 6(6), 65. doi:10.3390/environments6060065
- Siqueira, M. B., & Monteiro Filho, A. (2021). Hybrid concentrating solar-landfill gas power-generation concept for landfill energy recovery. *Applied Energy*, 298, 117110. doi:10.1016/j.apenergy.2021.117110
- Solargis (2014): <https://solargis.info/imaps/>
- Solid (2016). Reference project - District heating/CENTRAL. https://www.solid.at/images/pdf/District_heating_english.pdf

- Szabó S, Bódis K, Ioannis K, Moner-Girona M, Jäger-Waldau A, Barton G, Szabó L. (2017): **A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 1291-1300. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.117>
- Szarvas N., Gyura G., Jókuthy L., Papp D. (2020). **A hazai megújulóenergia-termelés finanszírozása. Kihívások és lehetőségek.** <https://mnb.hu/letoltes/20210121-hazai-megujulo-energiatermeles-finanszirozasa.pdf>
- Szolidáris Gazdasági Központ (2021). **A napelembloom sötét oldala.** 49 p. https://szolidarisgazdasagkozpont.hu/documents/napelembloom.pdf?fbclid=IwAR1Ydbk61_-f27MRRrC9rkrVdxRpT6sCAcpMe9wFL2jyLXcpzuCRs1Zc86Q
- TNC and Effienergie AG weboldal <https://www.tnc.ch/en/strom-statt-laerm/>
- Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021). **Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns).** Sustainability, 13(12), 6871. doi:10.3390/su13126871
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., ... Obergfell, T. (2021). **Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 140, 110694. doi:10.1016/j.rser.2020.110694
- Trommsdorff, M. (2020). **Performance Indices for Parallel Agriculture and PV Usage - Approaches to quantify land use efficiency in agrivoltaic systems.** Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/09/07_M.-Trommsdorff_A-PV_T13-Workshop.pdf
- Tschoppa, D., Tianb,Z., Berberich, M., Fand, J., Perersd, B., Furbod, S. (2020). **Large-scale solar thermal systems in leading countries: A review and comparative study of Denmark, China, Germany and Austria.** Applied Energy, 270, 114997 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114997>
- Varga K. (2020). **Jönnek a hatalmas napelemparkok?** Metazsúl blog. <https://blog.rekk.hu/bejegyzes/29/jonnek-a-hatalmas-naperomuparkok>
- Várallyay Gergely (2019). **A miskolci távhőrendszer napenergiával és hulladékével való ellátási lehetőségének vizsgálata térinformatikai módszerek alkalmazásával.** ELTE TTK, diplomadolgozat
- VDMA (2020). International Technology Roadmap for Photovoltaic
- Végh Zs. (2016). **Évi 25 milliárdba fáj a széleróművek mellőzése.** Interjú Mezősi Andrással, a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) kutató főmunkatársával. https://rekk.hu/hir/32/evi-25-milliardba-faj-a-szeleromuvek-mellozese/?mobile_view=0
- Végh Zs. (2016). **Évi 25 milliárdba fáj a széleróművek mellőzése.** Interjú Mezősi Andrással, a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK) kutató főmunkatársával. https://rekk.hu/hir/32/evi-25-milliardba-faj-a-szeleromuvek-mellozese/?mobile_view=0
- Wirth, H. szerk. (2021). **Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.** Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- Xin-gang, Z., & Zhen, W. (2019). **Technology, cost, economic performance of distributed photovoltaic industry in China.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110, 53-64. doi:10.1016/j.rser.2019.04.061