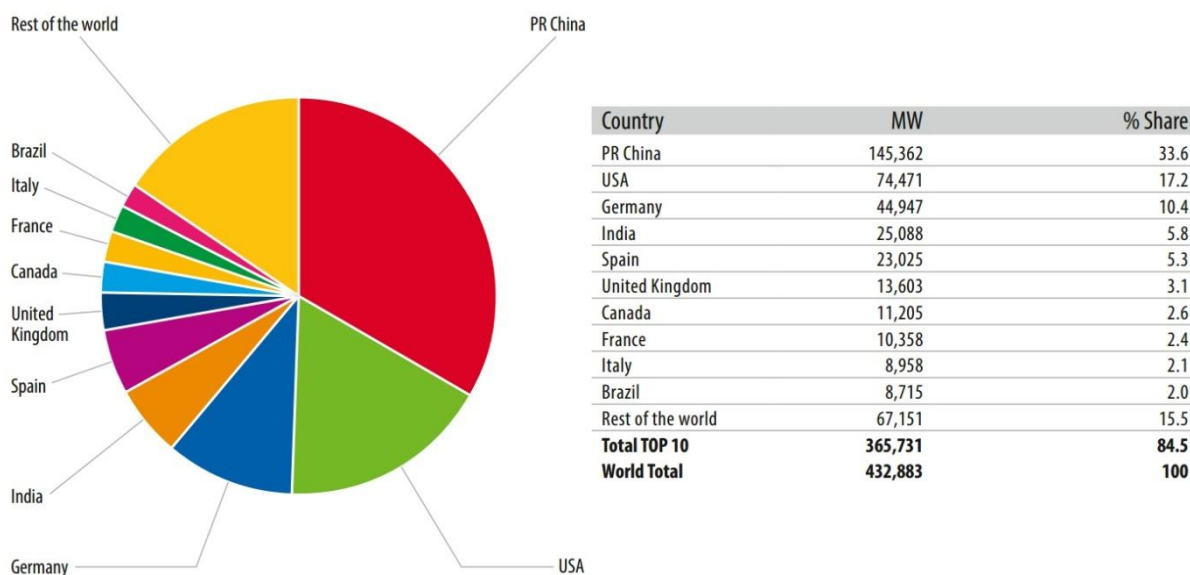


Háttérinformációk és szempontok a szélenergiával kapcsolatos szabályozás tárgykörében

Dr. Munkácsy Béla (ELTE TTK)

1. A szélenergetika helyzete a világon és az EU-ban

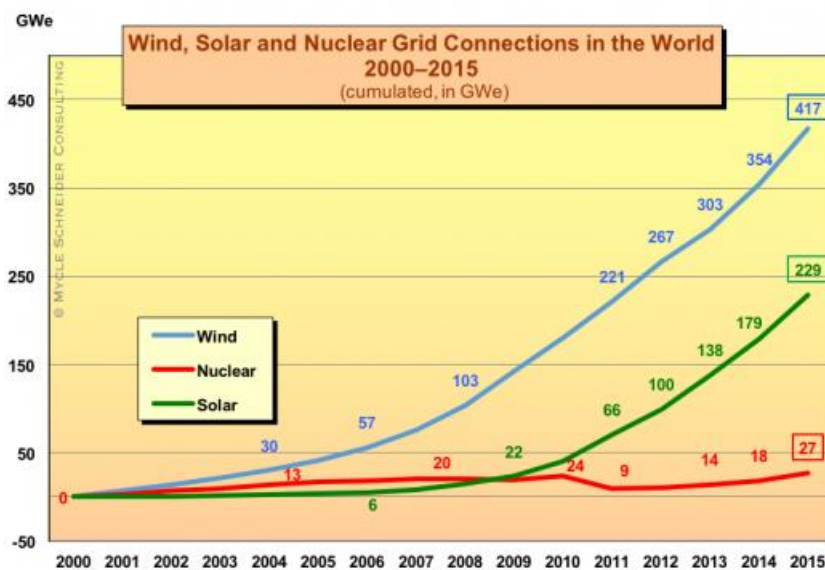
Jelenleg a szélenergetika a vezető, leggyorsabb növekedést, legnagyobb kapacitásbővülést produkáló energetikai technológia a világban. 2015-ben minden más megoldást megelőzve 63 000 MW (31,5 paksi atomerőműnyi) új szélturbina-kapacitást helyeztek üzembe. Az összesített kapacitás 17%-os növekedést felmutatva 2015 végére elérte a 433 000 MW-ot (216,5 paksi atomerőműnyi) - ebből hazánk részesedése 330 MW. Az atomenergetikánál a 2015. évi növekedés 3,3%, a napelemeknél 33%!



1. ábra: A szélenergetikában vezető országok 2015-ben (hazánk ide vonatkozó teljesítményadata 330 MW) – forrás: Global Wind Report 2015

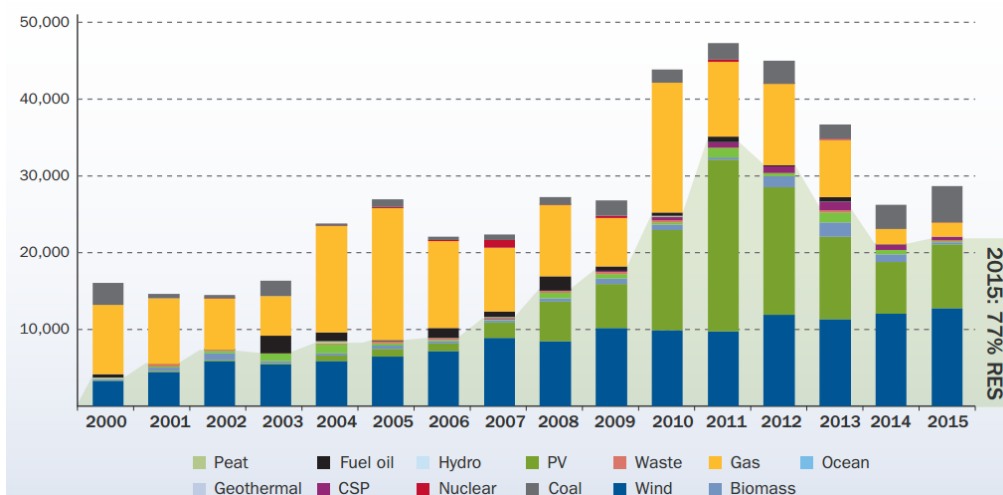
Az elmúlt években a legnagyobb szélenergiakapacitásokat **Kína** telepítette, amely 2014. évben átlépte a 100 000 MW-os bűvös határt. Csak a tavalyi évben 30 800 MW-tal (15,5 paksi atomerőmű) gyarapította a rendelkezésre álló szélturbina-teljesítményt, ez a világon átadott kapacitás 48,5%-a volt. Az előrejelzések szerint alig 3 év múlva, 2020-ra a szélenergiakapacitás meghaladja majd a 250 000 MW-ot (125 paksi atomerőművel megegyező kapacitás).

A szélenergia szerepének növelése az **Amerikai Egyesült Államokban** is kiemelt cél, részarányát 2030-ig 20%-ra kívánják növelni 300 000 MW (150 paksi atomerőműnyi) új szélturbina-kapacitás telepítésével.



2. ábra: Az elmúlt 15 évben hálózatra kapcsolt kapacitások a világban három versengő technológia esetében (forrás: The World Nuclear Industry Status Report 2016)

Az EU vonatkozásában is egyértelmű az energiafordulat iránya. Az elmúlt években az **újonnan üzembe helyezett kapacitások közel 80%-át(!)** a nap- és szélenergia adja (3. ábra).



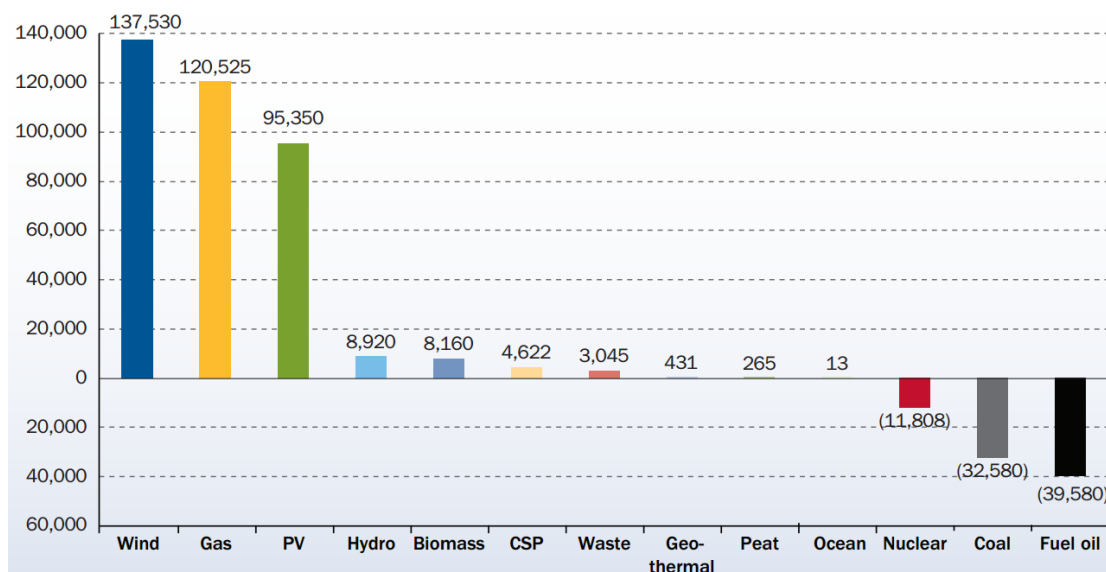
3. ábra: Új kapacitások az EU villamosenergia-rendszerében 2000-2015¹ – az alsó, zöld háttérű zóna mutatja a megújuló energiaforrásokra épülő technológiákat (ezek részaránya 20-ról 80%-ra nőtt az EU-ban).

Az elmúlt 20 esztendőben az EU országokban a kapacitásbővülés meghatározóan 3 technológiát, a szélenergia-termelést, a gázüzemű áramtermelést és a napelemez

¹ Wind in power – 2015 European statistics

<http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf>

rendszereket érinti (4. ábra). A leépítések legnagyobb mértékben az atomerőművek, a szén- és olajtüzelés terén történtek.



4. ábra: A nettó áramtermelési kapacitás változása technológiánként az EU-ban 1995 és 2015 között (MW-ban)²

Konzervatív hazai energetikusok vitatják a szélenergia jelentőségét, mondván, a kapacitásuk ugyan jelentős, ám a megtermelt áram vonatkozásában rosszul teljesítenek.

Lényeges, hogy az itt olvasható teljesítmények nem teljesen összevethetők más technológiák adataival, mert a szélenergia a szélesség függvényében változó pillanatnyi teljesítménnyel dolgozik. Névleges teljesítményüket (hazánkban általában 2 MW) csak 15 m/s-os szélességnél érik el. Ennek köszönhetően szükséges az egy év alatt ténylegesen megtermelt villamos energiát a névleges teljesítmény alapján elméletileg elérhető maximummal összevetni (ennek eredménye a **kapacitásfaktor** vagy a **csúscsúskihasználási óraszám** – mindkettő ugyanazt, vagyis a szélenergia éves átlagos kihasználtságát írja le). A tényleges áramtermelés évről-évre változó mértékű a változó átlagos szélesség miatt, de hazánkban a szélenergia kapacitásfaktora 22-26% körüli, ami európai viszonylatban meglepően jónak számít (ha egész éven át folyamatosan 15 m/s fölötti szélesség volna, akkor lenne 100%). Más, nem időjárásfüggő technológiáknál lehetséges folyamatosabb üzemeltetést biztosítani, így magasabb kapacitásfaktort elérni. Ezzel magyarázható, hogy adott teljesítményű atomerőmű 70-90%-os kapacitásfaktossal dolgozva kétszeres mennyiségű áramot termel egy ugyanakkora tengeri szélenergiafarmhoz, és háromszoros mennyiségű áramot termel egy ugyanakkora szárazföldi szélenergiafarmhoz viszonyítva. Vagyis 2000 MW atomerőmű kb. 6000-7000 MW-nyi szélenergiával vethető össze.

Ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy a szélenergia nem működik megfelelően ebből a szempontból, hiszen a felhasznált energiaforrás, a szél, lényegében korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre – nem úgy, mint a szén vagy az uránérc, amelyeknél elfogadhatatlan a különben általánosan jellemző 30-40%-os energetikai hatékonyság – vagyis az, hogy a felhasznált természeti erőforrásból kinyerhető energiának csak kisebb részét képes hasznosítani a rendszer, a nagyobb rész hulladékhőként, súlyos környezetterhelésként kerül a környezetbe.

² <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf>

Mindazonáltal a kapacitásfaktorial mért kihasználtság a jövöben a szélerömuvek javára tolodik el, ugyanis:

a) az atomerömuveknél ez az érték csökken, mert ezek teljesítményét a jövöben igyekeznek az igényekhez igazítani, vagyis völgyidöszakban a termelést visszafogni (ez műszakilag elvileg lehetséges, de gazdaságilag bizonyosan tragikus következményekkel jár az amúgy sem kedvezö megtérülési mutatókra, hiszen az atomenergia már most sem termel versenyképes áron – különösen nem az externális költségek figyelembe vételével);

b) a technológiai fejlődéssel (számos okból, de például a növekvö lapátméretetek, tehát a lapátok által súrolt felületen átáramló levegö mennyiségének növekedése miatt) a szélerömuveknél ez az érték évröl-évre növekszik.

Összességében a szélerömuvekkal **megtermelt áram mennyisége** a világban igen gyors ütemben növekedik, értéke 2015-ben 5600 TWh³ volt, míg az atomenergia esetében csak 2441 TWh⁴ (összehasonlítás képpen: hazánkban a bruttó villamosáram-termelés mindent összevetve 29,4 TWh). Noha globális léptékben a szélerömuvek jelentősége még nem kiemelkedö (az áramtermelés 3,7%-a), ám egyes térségekben már jelentös részarányt tesz ki: Dániában 42%; Portugáliában 22%; Írországban 21%; Spanyolországban 19,4%; Németországban 14,7%; az Egyesült Királyságban 10% (a 2015. év adatai alapján).

Független nemzetközi szakértök szerint a széleenergetika aktív részvételével a megújulókra való teljes átállás a Föld legtöbb országában műszaki szempontból minden további nélkül megoldható volna, a mérnöktársadalom csak a politikusok döntésére vár – lásd Dánia, ahol a Dán Mérnökök Társasága az energiaforradalom motorja. A kérdés csak az átállás gyorsasága kapcsán merül fel. Mindazonáltal már számos kormányzat célként tűzte ki a **100% megújuló részarány** elérését: **Skócia** az áramtermelésben 2020-ig; **Costa Rica** a teljes energiafogyasztásban 2021-re; **Dánia** a hő- és áramtermelésben 2025-re (az új kormány 2050-re toltta ki), **Norvégia** 2030-ra, **Svédország** 2045-re mindenre kiterjedően.

Az **energetikai rendszer gyökeres átalakulását** igazolja Steve Holliday álláspontja⁵, mely szerint „az alaptermelést adó nagy széntüzelésű vagy atomerömuvek koncepciója mára meghaladottá vált”. Holliday szerint a felhasználók szempontjából a háztetökön lévö napelemek fogják adni az „alaptermelést” (ami a mai megközelítéshez képest forradalmi megközelítés, hiszen ma a humán aktivitás követése – ahogyan az lényegében a napenergia esetében történik – nem számít alaptermelésnek). A központi erömuveket egyre inkább a csúcsterhelés kiszolgálására fogják használni. „Az energiapiacok egyértelműen a térben sokkal szétszórtabb termelés és a mikrogridetek irányába mozdulnak el.” Vagyis a változások abba az irányba mutatnak, hogy a lassan reagáló és igen drágán

³ Global Wind Report 2015 – http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf

⁴ The World Nuclear Industry Status Report 2016 – <http://www.worldnuclearreport.org/The-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2016-HTML.html>

⁵ a National Grid (az Egyesült Királyság és Északkelet-USA villamosenergia- és földgázelosztója) vezérigazgatója

termelő atomerőművek és szenes erőművek már középtávon ki fognak szorulni a „fejlett országok” energiarendszeréből.

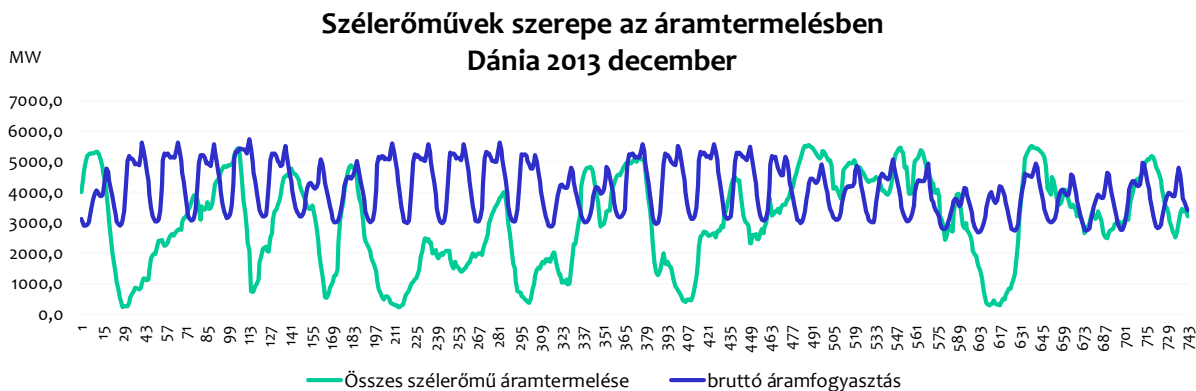
Lényeges, hogy a világon az országok döntő többsége (~85%-a), így számos jelentős gazdaság nem használja az atomenergiát (pl. Dánia, Ausztria, Olaszország, Portugália) vagy adott határidőre kiveszi az energiamixből (pl. Belgium, Japán, Németország, Svájc, Svédország). Az atomhatalmak közül Brazília, Kína, India, Japán és Hollandia ma már több áramot termel szél erőművekkel, mint atomerőművekkel.

2. A növekvő szélenergia részarány nem feltétlenül jelent romló ellátásbiztonságot, sőt... (készült a dán rendszerirányító 20 évre visszatekintő adatsora alapján)

Egyes hazai energetikusok a szél erőművek térnyerését összekapcsolják az ellátásbiztonság romlásával, pedig a valóságban a rendszerben való gondolkodással, a multidiszciplináris megoldások térnyerésével a szolgáltatás minősége még javulhat is!

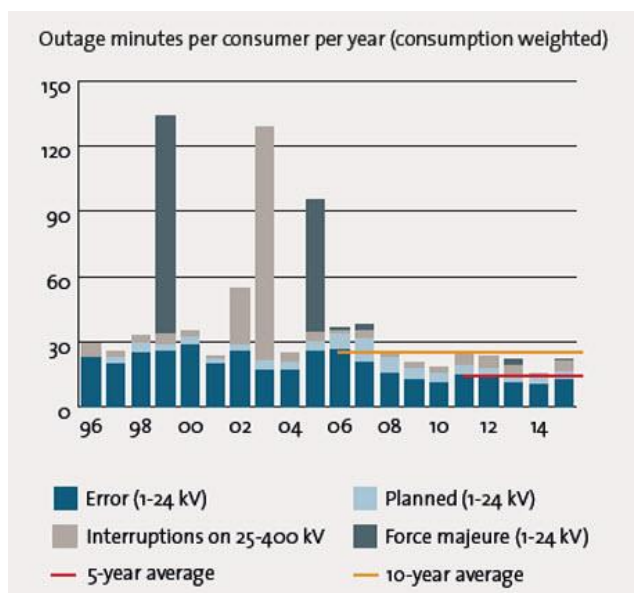
Dániában a szél erőművek által termelt áram részaránya a teljes termelésből folyamatosan növekszik: míg 2000-ben „csak” 12%, 2015-ben elérte a **42%-ot** (országos átlagként világviszonylatban ez a legmagasabb érték, ám Németország egyes tengerparti tartományaiban ez 87%, a tengertől távolabbi tartományokban 62-64% – mindeközben **hazánkban 1-2%**).

A magas éves átlagos részarány egyes rövidebb időszakokban igen nagy, Dániában akár 140%-os pillanatnyi szél erőművi részesedést is jelent a fogyasztói áramigényekhez képest (majd néhány óra alatt ez töredékére eshet vissza) (5. ábra). A túltermelés okozta nehézségek megoldása érdekében az áramot exportálni, tárolni vagy az igények időbeli átcsoportosításával (demand side management) felhasználni kell. A fenti feladatok magas szintű szervezettséget, szakmai ismereteket, fejlett infrastruktúrát igényelnek. **Dőreség tehát a rendszerbe integrálás nehézségei miatt a szél erőműveket kárhóztatni, valójában a csőlátású szemléletmód, a rendszerben való gondolkodás hiánya, az energiarendszer fejlesztésének több évtizedes, súlyos lemaradása a legfontosabb probléma.**



5. ábra: Szélerőművek által termelt villamos áram a fogyasztás tükrében, Dánia 2013. decemberi adatsor. Forrás: a dán rendszerirányító adatbázisa: energinet.dk

A fenti feltételek megléte esetében a növekvő szélerőműteljesítménnyel a villamos rendszer stabilitása akár javulhat is, így például Dániában az elmúlt 20 évben éppen ez történt!



6. ábra: A villamosenergia-rendszer ellátásbiztonságának javulása Dániában 1996 és 2015 között (forrás a dán rendszerirányító, az energinet.dk⁶)

A jelenség magyarázata az alábbiakban kereshető:

a) **Dániában viszonylag jól előrejelezhető és magasabb szélsőesség** (ezek a mutatók a technológiai fejlődéssel a későbbiekben telepített, korszerűbb hazai szélerőművekre is

⁶ <http://energinet.dk/EN/El/Nyheder/Sider/Forsyningssikkerhed-for-el-i-Danmark-er-fortsat-meget-hoej.aspx>

egyre jobban állnak majd, főként az egyre magasabb tornyok miatt [a szél nagyobb magasságban biztosabban és gyorsabban fúj]);

b) **Dániában felkészültebb, szemléletében és eszközrendszerében korszerűbb a rendszerirányítás** (hazánkban a műszaki felsőoktatás a nemzetközi élvonalhoz képest több évtizedes lemaradásban van a megújuló energiákkal, a fenntartható energiarendszer működésével kapcsolatos ismeretek tekintetében);

c) **Dániában előrehaladottabb az átállás a 21. századi energetikai megoldásokra:** a) okos rendszer – smart grid; b) rugalmas árképzés és fogyasztó oldali befolyásolás - demand side management; – a magyarországi gyakorlatban ezek a korszerű eszközök lényegében nem jelennek meg);

d) **Dániában jelentősebb, a kereslethez és kínálatához rugalmasan igazodó áramexport és -import** (ez hazánkban a nemzetközi kooperáció egyik kihasználatlan lehetősége, hiszen az energiátárolás szempontjából igen jó adottságú hegyvidéki országokkal vagyunk szomszédosak);

Kézenfekvő és igen lényeges lehetőségek még, amelyek terén Dániában az elkövetkező évek komoly fejlődést fognak hozni:

- a közlekedési szektor átállítása elektromos üzemre (ez energetikai értelemben hatékonyságjavulással, környezetegészségügyi szempontból a városi levegő minőségének javulásával, valamint a zajterhelésnek a jelentős csökkenésével jár);
- a decentralizált fix telepítésű akkumulátorok háztartási szintű alkalmazása (2015-ben Németországban az új napelemes alkalmazások 40-42%-a már akkumulátorokkal együtt került rendszerbe);
- a centralizált energiátárolás – hazánkban az adottságok sajnos nem alkalmasak a legegyszerűbb, szivattyús-tározás kapacitásainak létrehozására, más megoldások kutatásába kellene erőforrásokat fektetnünk, úgymint a sűrített levegős energiátárolás, hidrogén felszín alatti tárolása (power-to-gas).

3. A szélerőművek környezeti és társadalmi-gazdasági hatásai

A szélerőműves fejlesztések legfőbb mozgatórugói vázlatpontokban (ezeket veszítjük el a szélenergetika háttérbe szorításával):

- Olcsó energiatermelési technológia!
- Stratégiai cél az **energiafüggetlenség** javítása (hazánkban az energetikai kiszolgáltatottság mértéke 80% körüli - a statisztikák a 60-65% körüli értékkel erősen torzítanak[!], ugyanis az atomenergiát saját, hazai energiának tekintik, miközben sem a fűtőelemek, sem a technológia nem hazai);
- A szélerőművekkel járó decentralizálás előnyei a **biztonságosabb ellátás** és a kisebb szállítási veszteség (egy paksi blokk leállása jelenleg 500 MW, Paks II. esetében 1200 MW kapacitáskiesést okoz az energiarendszerben);

- Javul a lakosság ellátásbiztonsága, hiszen a műszaki meghibásodások esetén csak jelentéktelen kapacitás esik ki az energiarendszerekből – szemben az atom- és szénerőművek műszaki problémáival;
- A megújulás szektor fejlesztésével járó technológiai innováció és kutatás komoly **exportbevételeket** jelenthet;
- Több és helyben rendelkezésre álló **munkaerő** alkalmazása;
- **Regionális szintű** energetikai autonómia és a helyi gazdaság erősödése;
- A megújulókra általában is igaz a nagyjából egyenletes eloszlás – ennek eredményeképpen használatukkal drasztikusan **csökkenthető az erőforrásokhoz való hozzáférésre visszavezethető konfliktushelyzet** a várhatóan amúgy is fokozódó ellentétekkel terhes világban;
- Összehasonlíthatatlanul **kisebb környezeti terhelés**, kisebb karbonkibocsátás, kisebb természetrombolás a teljes életciklusra vetítve.

Az energiatermelés környezeti hatásainak megítéléséhez a 21. században az **életciklus-elemzés** módszerét használják.

Korunk egyik legnagyobb kihívása az éghajlatváltozás elleni küzdelem, amelyben a leghatékonyabb eszközök az energiahatékonyság és energiatakarékosság fokozása, valamint a szélerőművek telepítése. **Az összes áramtermelő technológia közül a szárazföldi szélerőművek átlagos karbonkibocsátása a legalacsonyabb** (és évről-évre csökken): a legújabb európai tudományos elemzés szerint a **teljes életciklusra vetítve** 7 g CO₂egyenérték/kWh⁷ (az atomerőműveké a legutóbbi összehasonlító elemzés alapján a teljes életciklus alatt 98-144 g CO₂egyenérték/kWh⁸).

Ennél is lényegesebb a hulladékok helyzete. Amíg az atomerőművek esetében százezer éves nagyságrendben kell megoldani a kiégett fűtőelemek biztonságos elhelyezését (és ezzel a világ minden egyes országa súlyos lemaradásban van, sőt, a nemrégiben bekövetkezett, drámai költségeket jelentő amerikai baleset⁹ tanulságaként kijelenthetjük, hogy még a technológia sem áll az emberiség rendelkezésére) – addig a megújulók esetében efféle kihívásokkal nem nézünk szembe.

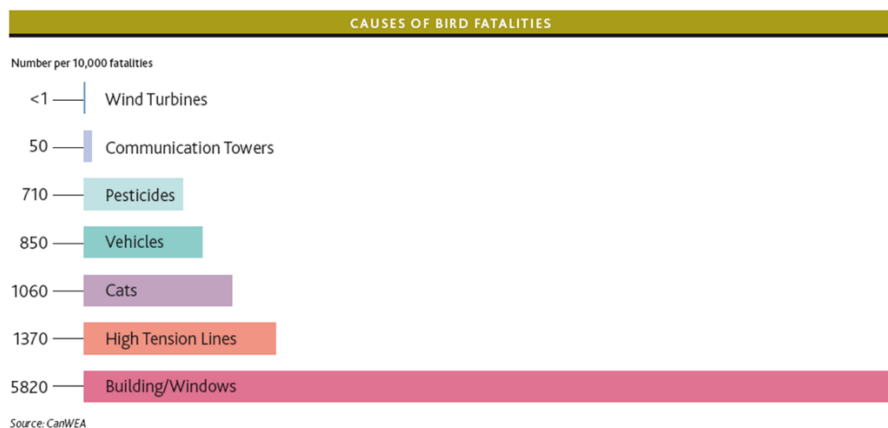
Mindemellett arról sem feledkezhetünk meg, hogy **az atomerőmű-balesetek semmihez sem fogható környezetegészségügyi kockázatot jelentenek** – ennek elkendőzése a szakértők és döntéshozók súlyos felelőssége.

⁷ Alexandra Bonou, Alexis Laurent, Stig I. Olsen (2016): Life cycle assessment of onshore and offshore wind energy - from theory to application. In: Applied Energy, Volume 180, 15 October 2016, Pages 327–337

⁸ Jan Willem Storm van Leeuwen (2012): Nuclear power, energy security and CO₂ emission <http://www.stormsmith.nl/Media/downloads/nuclearEsecurCO2.pdf>

⁹ Ralph Vartabedian: Nuclear accident in New Mexico ranks among the costliest in U.S. history. In Los Angeles Times <http://www.latimes.com/nation/la-na-new-mexico-nuclear-dump-20160819-snap-story.html>

Ugyanakkor a sokat emlegetett **természetvédelmi** szempontok a térinformatika eszközszerének segítségével jól érvényesíthetők a szélenergetikában. A megfelelő telepítési helyek kijelölésével elérhető, hogy a szélturbinák az eddig kiemelten veszélyeztetettnek hitt madárvilágot se fenyegezzék jelentős mértékben – ennek köszönhetően ma már a nemzetközi szinten egyik leginkább elismert brit természetvédő szervezet, a **Royal Society for the Protection of Birds**¹⁰, valamint a közismert aktivista és szakértő, David Attenborough¹¹ is a szélerőművek támogatói közé tartozik. A természetvédelem bevonása, megkérdése nélküli rossz telepítéssel azonban súlyos károkat okozhatnak a turbinák!



7. ábra: A madárpusztulások okai a Kanadai Szélenergia Társaság felmérése szerint (független elemzések hasonló eredményeket mutatnak). A legnagyobb problémát az épületek üvegfelületei, a villamosvezeték-rendszer és a macskák jelentik.

A társadalmi és gazdasági szempontrendszer nézőpontjából igen lényeges, hogy egyre több **globális nagyvállalat** (így a Google, Tesla, Apple, Amazon) ragaszkodik következetesen a tiszta energiaforrásokhoz (amibe a nemzetközi porondon az atomenergia nem tartozik bele), így a jelenlegi magyar energiafejlesztési koncepció fenntartása esetén ezek esetleges magyarországi beruházásai akadályokba ütköznek.

Ugyanakkor az is lényeges, hogy a **hétköznapi embereket** érdekeltté tegyük az energiaszektor működtetésében, így a szélerőművek térnyerésében – lásd energiademokrácia. Ennek kapcsán ne feledkezzünk meg arról, hogy mindezek háttérében a mindenkori kormányok felelőssége áll, hiszen a legnagyobb turbinacapacitással rendelkező országok már régen megteremtették a lehetőséget a **közösségi szélenergia-projektek** indításának.

¹⁰ <https://www.rspb.org.uk/forprofessionals/policy/windfarms/>

¹¹ <http://www.telegraph.co.uk/culture/music/glyndebourne/9026070/Sir-David-Attenborough-launches-noisy-wind-turbine-at-Glyndebourne.html>

A közösségi szélenergia-projektek közvetve számos előnnyel járnak, ezt több nemzetközi kutatás vizsgálja és igazolja¹². A befektetők itthon adóznak és költenek, így fellendítik a térség gazdaságát (például ez a güssingi biomassa alapú energiamodell legfőbb tanulsága). A szélenergia-erőművek telepítése és üzemeltetése elvileg munkahelyeket is teremt – ugyanakkor a hazai szakképzés és mérnökképzés e tekintetben egyelőre nincsen felkészülve.

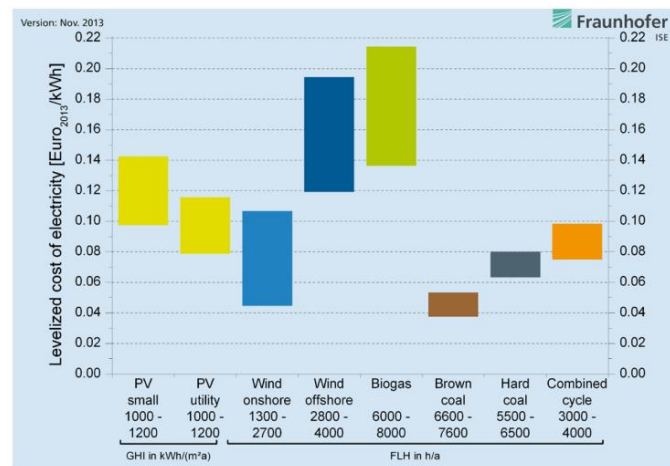
4. A szélenergetika, mint a pillanatnyilag elérhető egyik legolcsóbb technológia

A **Corvinus Egyetem Gazdálkodástudományi Karán végzett számítás szerint**: Amennyiben a teljes élettartamra hasonlítjuk az egyes technológiák költségeit, úgy azt láthatjuk, hogy a jelenlegi európai feltételek mellett a gáz és szénbázisú erőművek, valamint **a szárazföldi szél** egyaránt kedvezőbb **teljes élettartam költséget (LCOE – levelized cost of electricity)** mutatnak, mint a közelmúltban Nagy-Britanniában a Hinkley Point atomerőmű esetében elfogadott kb. 108 €/MWh garantált átvételi ár. Az induló brit projekt esetében a kormány 35 éves garanciát biztosít az atomerőművi beruházónak a fenti áron, amely közel 2,5-szerese a jelenlegi piaci áraknak és jelentősen magasabb, mint az aktuális német megújuló energia átvételi árak (2014. januártól 10 MW fölötti napelemes rendszereknél 94,7 euró/MWh, szárazföldi szélénél maximum 89,3 euró/MWh legfeljebb 20 éves időtartamra). 2012-ben az OECD a lehetséges magyar atomerőművi beruházást a kontinens

¹² Thomas Bauwens, Boris Gotchev, Lars Holstenkamp (2016). What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives. Megjelent: Energy Research & Social Science, Volume 13, March 2016, Pages 136–147

egyik legdrágább egységköltségű projektjeként tartotta nyilván 122 \$/MWh várható LCOE értéket számítva.

A Corvinus Egyetem számításaihoz hasonló eredményekre jutott a német független kutatóintézet, a Fraunhofer Institute is (8. ábra): a szélenergia a legolcsóbb áramtermelő megoldások közé tartoznak.



8. ábra: A jelenlegi európai feltételek mellett a szárazföldi szél az egyik legkedvezőbb teljes élettartam költséget (LCOE – levelized cost of electricity) mutatja

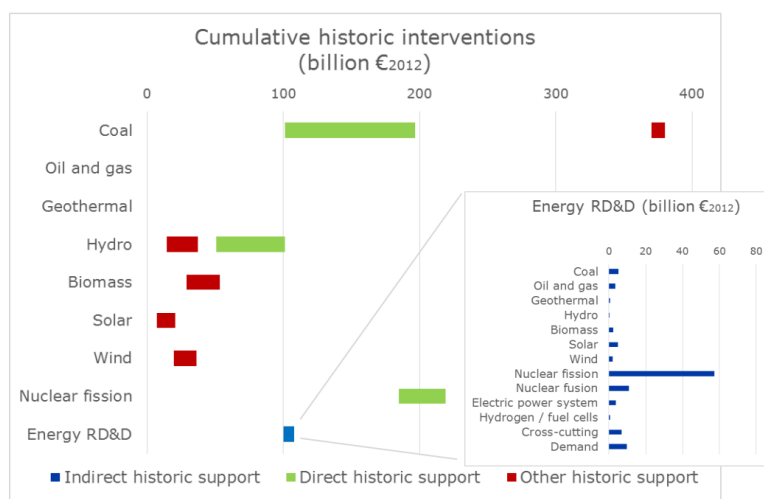
A szélenergia további előnye az igen alacsony **externális költség** – vagyis az a költség, amit az energiaárakba jelenleg nem számítunk bele, ám térben és időben máshol és/vagy máskor bizonyosan jelentkeznek (főként környezeti kiadások). Az EU erre fókuszáló kutatási programja (ExternE) a széntüzelésű erőműveket jelöli meg ebből a szempontból a legdrágább áramtermelő megoldásként.

Az LCOE és az externális költségek együttes alkalmazásával a jelenlegi technológiai megoldások közül a legolcsóbb éppen a szélenergia.

A fentieket tovább befolyásolják az egyes államok pénzügyi manőverei. A szektorba pumpált **támogatásokról** is téves kép él a társadalomban (és a hazai szakértők többségének körében is), miszerint a megújulók kapják a legnagyobb támogatásokat. Az Európai Bizottság számára ebben a témában készített egyik legutóbbi jelentés szerint az 1974-2007 közötti időszakban az állami pénzek 66%-át a fission nukleáris technológia, 12,5%-át a fúziós nukleáris technológia támogatása (együtt 78,5%) emésztette fel¹³. De hasonlóak az arányok a megújuló energiaforrások elterjesztésében élen járó Németországban is, ahol a legutóbbi időkig – meglepő módon – a forrásoknak csak alig 10%-át fordították a megújulás technológia támogatására¹⁴.

¹³ ECOFYS (2014): Subsidies and costs of EU energy - Final report https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf

¹⁴ Küchler, S. — Meyer, B. (2012): The full costs of power generation — A comparison of subsidies and societal cost of renewable and conventional energy sources. Bundesverband WindEnergie eV., Berlin. p. 20



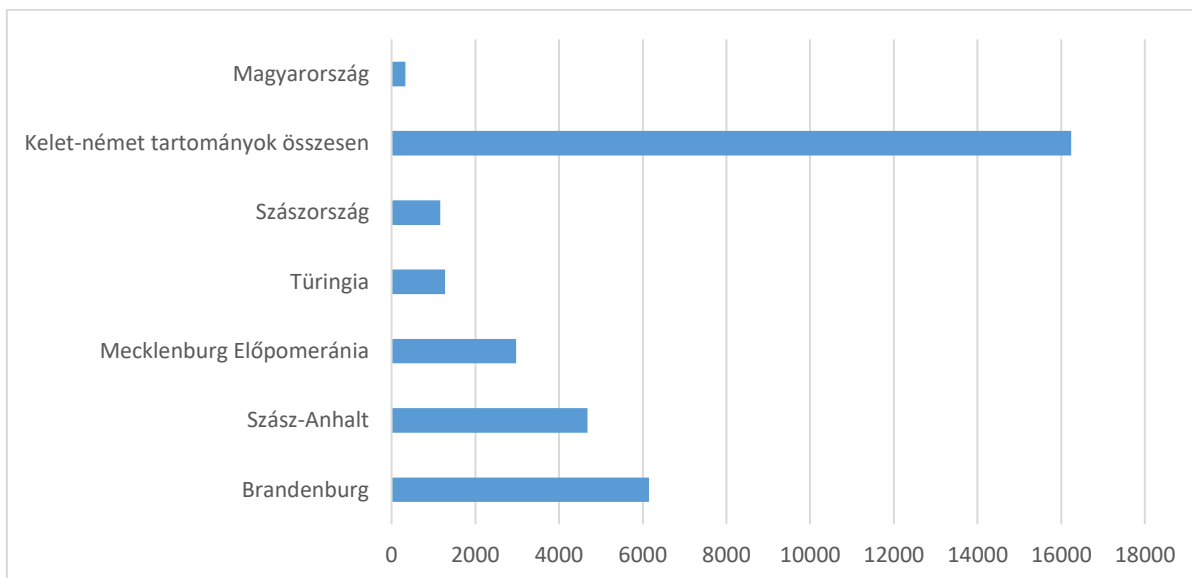
9. ábra: Az energiaszektorba érkező állami támogatások az EU-ban (a széntüzelés és az atomenergetika vitte el a támogatások döntő hányadát)¹⁵

5. Szélerőművek az egykori kelet-német területen (készült a DEWI [Deutsches Windenergie Institut] adatsorai alapján)

Figyelemre méltó, és a hazai helyzet szempontjából akár példaértékűnek (de legalábbis elgondolkodtatónak) tekinthető az egykori kelet-német tartományok szélerőművitésének fejlődése, bővülése. A terület 20. századi történelme hazánkéhoz hasonló, területében (~107 690 km²) és népességének számában (~13 millió) sincs nagyságrendi különbség.

A szélerőművek telepítése az újraegyesítést (1990) követően szinte azonnal megkezdődött. A turbinateljesítmény 2000-re 2136 MW, 2010-re 11 153 MW, **2016 júniusára 16 236 MW** (a hazánkban mindösszesen 330 MW, amit bármely kelet-német tartomány lényegesen túlszárnyal)!

¹⁵ ECOFYS (2014) Subsidies and costs of EU energy – Final report https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf



10. ábra: Szélerőmű-teljesítmények (MW) Németország keleti tartományaiban és Magyarországon a 2016. 06. 30-i állapot szerint

A 2016. szeptember 15-én elfogadott kormányrendelet jogszabálytervezete (T/11901. számú törvényjavaslat a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény módosításáról), illetve annak téves érvelése kapcsán látni kell, hogy **a szélerőművek méretnövekedése a hatékonyság és rendelkezésre állás javításának legfontosabb eszköze**. A 2016. első hat hónapjában Németországban telepített szélerőművek átlagos adatait az alábbi táblázat (1. táblázat) tartalmazza. Ennél kisebb berendezésekhez való hozzáférés (legalábbis az ipari léptékű alkalmazások vonatkozásában) a jövőben egyre nehezebb lesz.

1. táblázat: A szélerőművek legfontosabb műszaki paraméterei Németországban - 2016. első félév (forrás: Bundesverband WindEnergie, 2016¹⁶)

átlagos teljesítmény	2,828 MW
átlagos lapáthossz	55 m
átlagos toronymagasság	129 m

¹⁶ https://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/factsheet-status-offshore-wind-energy-development-germany-1st-half-2016/factsheet_status_land-based_wind_energy_development_1st_half_2016.pdf

Ugyanakkor – a szél erőmű-teljesítmények lehető legnagyobb fokozása és kihasználása mellett – valóban szükségszerű a szélturbinák okozta természet- és tájvédelmi problémák megelőzése, amelynek elengedhetetlen eszköze a térinformatika.

6. A technológia alkalmazásában rejlő lehetőségek Magyarországon (készült az „Erre van előre” kutatás eredményeire támaszkodva^{17, 18, 19)})

Ha figyelmen kívül hagyjuk a 2016. szeptember 15-én elfogadott kormányrendeletet, akkor a rendelkezésre álló, jelenleg is szigorú szabályozási dokumentumok következetes alkalmazásával, a térinformatika eszközeivel végzett, immár több mint egy évtizedes kutatás eredményeként megállapítható, hogy **hazánk területének kb. 5,5–6%-án lehetséges szél erőművek telepítése.** Ez az érték első megközelítésben igen szerénynek tűnik, ugyanakkor a jelenlegi technológiát, így a jelenlegi berendezések teljesítményét (3–5 MW), egymáshoz viszonyított optimális távolságát (park hatás) alapul véve négyzetkilométerenként körülbelül 9-10 MW teljesítménnyel számolhatunk, vagyis – figyelembe véve az előbb említett 5,5–6%-os korlátot – hazánk egész területére vetítve **48 800 MW (±10%) technikai szélenergia-potenciál** áll rendelkezésre. Ehhez képest a szél erőművek jelenlegi beépített kapacitása csak mintegy 330 MW. Levonhatjuk tehát a következtetést, hogy az energetikai irányváltás hazai végrehajtását nem a természet- és tájvédelem fogja megakadályozni, hiszen hatalmas lehetőségeink vannak még, amelyeket anélkül tudunk igénybe venni, hogy a természet, így leginkább a madárvilág és a denevérek állományainak, valamint a tájképi értékeknek a védelme sérülne.

A fent jelzett 48 800 MW-nyi szél erőművel a már működő hazai szél erőművek üzemeltetési adatai (2350 csúskihasználási óraszám, MEKH–MAVIR szerint) alapján évi 114,6 TWh (±10%) villamos energia termelése lenne lehetséges (ezt tekinthetjük műszaki potenciálnak), amely a 2015. év hazai villamosenergia-termelésének [30 TWh] mintegy 380%-a). Ugyanakkor lényeges megjegyeznünk, hogy ez az összevetés csak a nagyságrendek érzékeltetése szempontjából fontos, a valóságban nem szerencsés ekkora mértékű növekedést megcélolni egyetlen megújuló technológiára sem. **Helyesebb, ha a megújuló energiaforrásoknak minél szélesebb körét, valamint az energiahatékonyság és -takarékoság növelésének eszközeit alkalmazzuk.** Különösen, hogy a szélenergia hasznosítását időjárástól való függősége nehezíti – ám nem akadályozza, hiszen a

¹⁷ Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon. Vision 2040 Hungary 1.2 - <http://munkacsy.web.elte.hu/ERRE%20VAN%20ELORE%201.2x.pdf>

¹⁸ Erre van előre! A fenntarthatóság felé vezető út. Vision 2040 Hungary 2.0 - <http://ktf.elte.hu/wp-content/uploads/2014/09/ERRE-VAN-ELORE-2.0.pdf>

¹⁹ Kohlheb Norbert – Munkácsy Béla – Csanaky Lilla – Meleg Dániel: A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon c. tanulmány aktualizálásával, az eredeti megjelent: KOVÁSZ – 2015. TAVASZ–TÉL 19–50. oldal - <http://kovasz.uni-corvinus.hu/2015/renewables.pdf>

probléma megoldására számos jogi, gazdasági és műszaki szabályozási lehetőség áll rendelkezésre.

A valódi lehetőségek feltérképezése érdekében valós nemzetközi adatsorokat kell figyelembe vennünk. Az elmúlt évtizedekben megvalósult kelet-német szélenergia kapacitásbővítés jellemzőinek (már működő kapacitások területi [kW/km²] és lakossági [MW/ezer fő] fajlagos adatsorai) esetleges hazai interpretációját figyelembe véve igen jelentős fejlesztés volna elérhető. Tekintettel a két földrajzi terület közötti földrajzi és gazdasági különbségekre is, hazánk **2050-ig ténylegesen elérhető társadalmi-gazdasági szélenergia-potenciálja 7 623 és 10 694 MW** szélenergia teljesítmény közé tehető. Ezzel és a jelenleg átlagosnak tekinthető 2 350 csúcskihasználási órással (26,8%-os kapacitásfaktoral) számolva 64,5 és 94,5 PJ (18 és 26 TWh) közötti áramtermelés valószínűsíthető, ami jelenlegi áramtermelésünkkel (~30 TWh) összevetve jelentősnek tekinthető.

A fenti szélenergia alapú áramtermelés az ország területének töredékén, alig 1-2%-án igényelné szélenergia-telepítést – ráadásul oly módon, hogy eközben az érintett terület 80%-a továbbra is alkalmas maradna számos gazdasági célra.