



## Szélerergia innovációk a világban

Péliné Németh Csilla<sup>1</sup>, Bíróné Kircsi Andrea<sup>2</sup>, Dobi Ildikó<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MH Légierő Parancsnokság, peline.csilla@mil.hu

<sup>2</sup> EPAM System

<sup>3</sup> Országos Meteorológiai Szolgálat

DOI: 10.56474/Legkor.2023.3.2

A megújuló energia hasznosítása, széleskörű elterjedése elengedhetetlen az éghajlatváltozás következményeinek mérséklésében, negatív hatásainak enyhítésében, a fenntartható energiatermelés kialakításában. Az időjárásfüggő megújuló energiaforrások kiaknázását célzó rohamos technológiai fejlődés tapasztalható a világban. Számos innovációról, újszerű megoldásról olvashatunk szaklapokban, elektronikus sajtóban, a fejlesztések sok esetben kombinált módon, a nap- és a szélerergia együttes hasznosításával törekednek a fosszilis energiahordozók felhasználásának drasztikus csökkentésére vagy helyettesítésére. Cikkünkben ezekből adunk ízelítőt.

### Wind energy innovations in the world

The utilization and wide spread of renewable energy is essential in mitigating the consequences of climate change, mitigating its negative effects, and creating sustainable energy production. The world is experiencing rapid technological development aimed at exploiting weather-dependent renewable energy sources. We can read about numerous innovations and novel solutions in trade magazines and media, and in many cases, the developments strive to drastically reduce or replace the use of fossil fuels by using solar and wind energy together. We collect some examples of these in our article.

### Bevezetés

Az éghajlatváltozás következményeinek mérséklése kulcskérdés jövőnk szempontjából. Az utóbbi évek globális problémái rávilágítottak arra, hogy a fosszilis üzemanyagok kivételének halogatása nem megoldás, cselekedni kell a nagyobb energiafüggetlenség megvalósítása és a nettó zéró kibocsátási cél elérése érdekében. A megújuló energia széleskörű felhasználása,

a hibrid, többféle helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrás kombinált kiaknázása, akár világméretű hálózati betáplálás nélküli, szigetüzemű rendszerek kialakítása biztonsági, gazdasági és társadalmi érdek. Természetesen a helyi adottságok, nevezetesen milyen megújuló energiaforrások állnak rendelkezésre, alapvetően meghatározzák a lehetséges fejlesztési irányokat, célokat. Ugyanakkor körültekintő tervezéssel kiegyensúlyozható az egyes energiaforrások

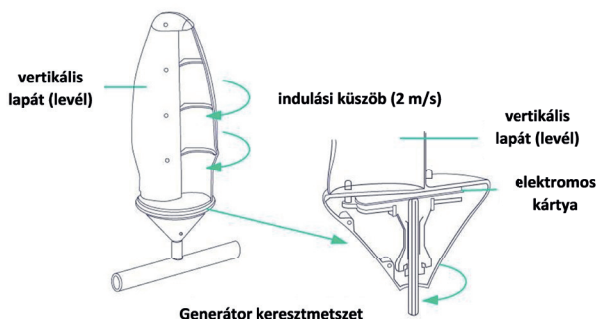
kiaknázhatóságának korlátai, technológiai, gazdaságossági gyengeségei. Jó példa erre Kaposvár város energia és távhőfejlesztése, ahol a földgáz felhasználást nagymértékben csökkentik a biomassza, a napelem park és a tervezett geotermikus energia felhasználásával. Ezen források kombinált felhasználása a földgázigény drasztikus csökkenését vonja maga után, mellyel jelentős költségeket takarítanak meg, figyelembe véve a földgáz magas világgpiaci árát, továbbá nagy lépést tesznek az energiafüggetlenség irányába és nem utolsó sorban jelentősen csökkentik az üvegházgáz kibocsátást [1].

A technológia fejlődésével a megújuló energia felhasználásának rohamos előretörése figyelhető meg a világban. Számos innovatív megoldást olvashatunk a szaklapokban, weboldalakon, mely megfizethető, elérhető megoldások a könnyebb telepítést, a hatékonyabb működést, így a beruházás gyorsabb megtérülését segítik elő.

Cikksorozatunk ezen részében az időjárásfüggő (nap- és szélenergia) innovációkból adunk ízelítőt, a teljesség igénye nélkül.

### Szélfa („Wind Tree”)

A hagyományos szélturbinák hátránya, hogy telepítésük költséges, helyigényesek és tájba nem illeszkedő megjelenésük miatt gyakran negatív kritikával illetik ezeket a tiszta energiát előállító rendszereket. Ezen tulajdonságuk, valamint zajterhelésük miatt városokban nem telepíthetők. Ezzel szemben az ún. szélfa (**Wind Tree**) egy olyan mesterséges, (az alap prototípus 11 méter magas, 8 méter koronaátmérőjű), legalább három acéltörzsből, illetve kisebb ágakból álló fa vagy bokor, mely miniatűr szélturbinákat tartalmaz levél alakban (Aeroleaf). A szélfa megalkotója, Jérôme Michaud-Larivière – a New World Wind cég alapítója –



1. ábra. Az Aeroleaf sematikus felépítése, keresztmetszete (Forrás: [www.newworldwind.com](http://www.newworldwind.com)).

szerint, egyéves időszakot tekintve, egy átlagos francia háztartás villamosenergia-fogyasztásának mintegy 80%-át képes előállítani a szerkezet. Városi környezetben való működéshez ideális a szélfa függőleges tengelyű mikroturbinája, az Aeroleaf (1. ábra), mely könnyű, gyantával kezelt műanyagból készített kúp. Alakja lehetővé teszi, hogy minden irányból hasznosíthassa a szél mozgási energiáját. Csendes generátora fogaskerekek és szíj nélkül készült, így mechanikus zajtól mentes [2] [14].

Ezeket az egy méter magas turbinákat már gyenge szélsébség (2,5 m/s) is mozgásba hozza, és 43 m/s szélsébségig, illetve 50 m/s szélleőkésig működőképesek, így az év során, a nap nagy részében képes az energiatermelésre. Egyaránt telepíthetők szélfára, épületre vagy akár oszlopra is, az egyes turbinák maximális teljesítménye 300 W, amely megközelíti a hagyományos tetőre szerelt napelemek teljesítményét. A turbinák párhuzamosan vannak kapcsolva, így egyes tagok meghibásodása nem okozza a rendszer teljes leállítását, azaz termelés kiesést. További előnye, hogy közepes méretű faként parkokban, kertekben is elhelyezhető a többi növény és fa közé (2. ábra). Létezik olyan modell is, mely fotovillamos cellákkal szerelt szirmokkal van ellátva, további 5%-kal növelve az energiatermelést. A szirmok (800 g, 3 mm vastag) felülete egyenként 0,3 négyzetméter, melyek 5 fokot zárnak be a vízszintessel, így a Venturi-hatás révén a szélsébség emelkedik, ezáltal a megtermelt szélenergia mennyisége is növekszik.

A New World Wind különböző alakú, méretű, turbinaszámú szélfái mindegyike telepíthető fotovillamos szirmokkal kombinálva. A szélturbinák szükségessé



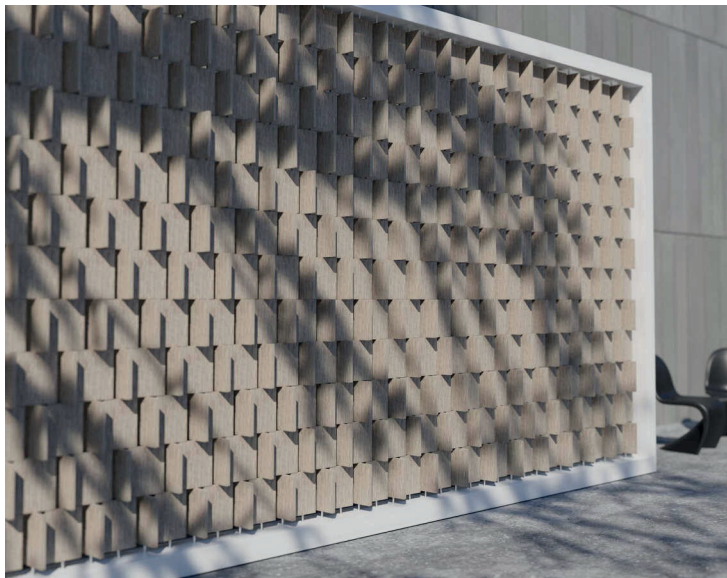
2. ábra. Szélfa (Wind Tree) egy parkban függőleges tengelyű mikroturbinákkal (Aeroleaf) és fotovillamos szirmokkal. (Forrás: [www.newworldwind.com](http://www.newworldwind.com))

számát a megtermelni kívánt energiamennyiség és a beruházásra szánt költség határozza meg. Az egyes típusok energiatermelését az 1. táblázat mutatja.

Az első prototípusokat 2013–2016 között tesztelték Franciaországban, Belgiumban és Németországban, a párizsi Concorde téren is telepítették több alkalommal a tesztidőszak során. Tesztüzemi alkalmazására került sor Szöulban, ahol egy nagyobb méretű Aeroleaf Wind Petal szerkezetet üzemeltettek egy töltőállomáson, hozzájárulva annak energiaigényéhez [3]. Az így megtermelt tiszta energia számos módon felhasználható, például irodák, parkolók, közösségi terek világítására, elektromos autók töltőállomásának energiafogyasztására.

Megnevezés	Névleges teljesítmény (kW)	Hibrid rendszer névleges teljesítménye (kW)	Alkalmazás
Aeroleaf	0,3	0,366	tető, terasz, utak mentén, telekommunikációs tornyok
Lotus (WindBush) 4 acéltörzs, 12 Aeroleaf	3,6	4,2	utak, városok, összetett környezet
Modular Tree (Wind Palm) 3-5 acéltörzs, 18-30 Aeroleaf	5,4-9,0	5,832-9,740	utak, kertek, parkok
Wind Tree 3 acéltörzs, 36 Aeroleaf	10,8	na.	cégek, közösségek

1. táblázat. A New World Wind által fejlesztett szélfa maximális teljesítményei különböző konstrukciók esetén [4]

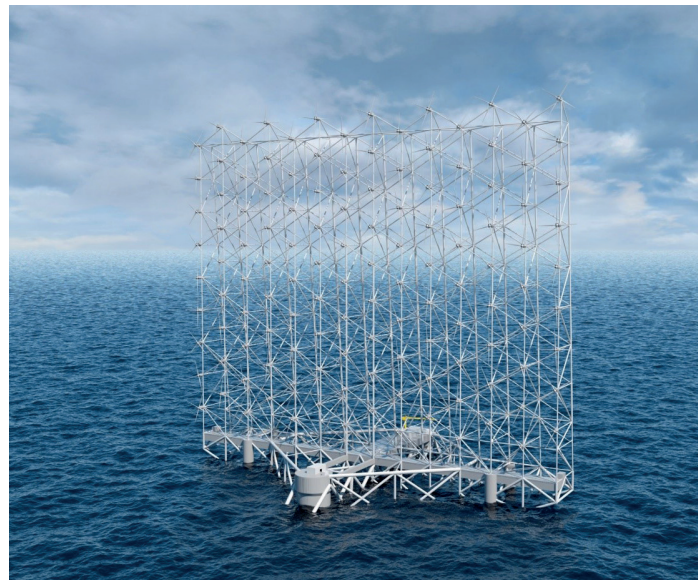


3. ábra. Egymástól függetlenül forgó szélturbinák a kinetikus falon (Forrás: www.designboom.com).

### Kinetikus szélturbina fal („kinetic wall”)

A turbinák további innovatív, kifejezetten városi, elővárosi környezetben való alkalmazásának egy esztétikus módja az ún. kinetikus fal („kinetic wall”), mely megoldás során az épületek falai előtt vagy közelében egy különálló, forgó generátorokkal felszerelt falat építenek ki (3. ábra), és a helyben megtermelt energiát az épületek villamosenergia-fogyasztására használják fel, tárolják vagy táplálják be a villamosenergia hálózatba.

Ez a kis területigényű kinetikus szélturbina fal feltalálója, Joe Doucet azt tűzte ki célul, hogy esztétikusan ötvözi a technológiát és a művészetet a megújuló energia innovatív felhasználása, otthonunk energiaszükségletének kielégítése érdekében. A kis szélturbinák a szél által keltett forgó mozgásból tiszta, elektromos energiát állítanak elő (a 25 turbinából álló prototípus által termelt villamos energia mintegy 10.000 kWh/év), mely kiváló alternatívája a fosszilis üzemanyagok felhasználásának [5].



4. ábra. Úszó szélfogó látványterve, egyetlen rendszer akár 80 ezer háztartás energiafogyasztásának ellátására is képes (Forrás: Wind Catching System).

### Úszó szélfogó („windcatcher”)

A norvég Wind Catching Systems tervezte azt a hatalmas szélerőműrendszert, amely egyszerre 100-nál is több turbinát képes működtetni, melyek lapátjai egy 324 méter magas vázra vannak szerelve. A szerkezetet az olajfűróknál alkalmazott módszerhez

hasonlóan, a tengerfenékhez rögzítik (4. ábra). Az ún. úszó offshore szélörművek ötlete nem újkeletű (Roddi<sup>r</sup> et al., 2010)], azonban az úszó szélfogó többturbinás rendszer egy előremutató megoldás.

A 4. ábrán látható 14 × 9 darab, 1 MW névleges teljesítményű turbinából álló szélfogó telep névleges teljesítménye 126 MW [11], mely 80 ezer háztartás energiaigényét fedezné, ráadásul várhatóan jóval hosszabb élettartammal rendelkezik, mint a hagyományos szélörművek. A szélfogónál is kis méretű turbinákat alkalmaznak, így könnyebb és olcsóbb cserélni, karbantartani őket, mint a hagyományos szélörműveket, ráadásul a teljes telep működését sem kell a javítás ideje alatt szüneteltetni. A tervezők szerint öt szélfogó telep képes ugyanannyi energia kinyerésére éves szinten, mint 25 darab 15 MW névleges teljesítményű hagyományos szélörmű, jóval kisebb területet elfoglalva. Várakozásaik szerint ezzel a technológiával jelentősen csökkenthető a szélenergia előállítási költsége, növelve versenyképességét [6].

A norvég cég úgy tervezi, hogy hagyományos villamos hálózaton keresztül biztosítaná az ily módon termelt energiát, de az energiaköltségek emiatt nem lennének magasabbak.

### PowerNEST, a szél- és napenergia termelés együttes alkalmazása városi környezetben

Az Ibis Power cég fejlesztette ki a legalább öt-emelet magas épületek tetejére telepíthető PowerNEST (Lunevich and Kloppenburg, 2023) nevű hibrid megújuló energia rendszert (5. ábra), ami fotovillamos



5. ábra. Az Ibis Power által fejlesztett PowerNEST hibrid rendszer egy épület tetején. (Forrás: desighboom.com).

elemek és városi környezetben is alkalmazható szélrotorok kombinációja, mely hatékony és csendes megoldást nyújt a megújuló energia kinyerésére, helyben hasznosítására. A PowerNEST előnyei közt meg kell említeni, hogy jelentősen csökkenti az energiaköltségeket, a szén lábnyomot, és hozzájárul az emissziós vállalatok teljesítéséhez. Közepes és magas épületek tetejére telepítve ezt a hibrid rendszert, 6–10-szeresére növelhető a megtermelt energia mennyisége, a hagyományos módszerhez, csupán napelemek alkalmazásához képest. A megtermelt energia mennyisége függ a tető beépíthető területétől (minimum 50 m<sup>2</sup>), az épület magasságától (minimum 5 emelet), az épület tájolásától, földrajzi elhelyezkedésétől és a környezetében található, az áramlást módosító akadályoktól [7, 10].



6. ábra. A PowerNEST hibrid rendszer turbinákkal és napelemekkel.

Az Ibis Power sikerének titka a rendszer felépítésében rejlik, miszerint a turbinákat egy moduláris fémszerkezettel veszik körül (6. ábra), melynek aerodinamikai módosító hatása révén a levegő 40–60%-kal gyorsabb áramlásra kényszerül a Venturi hatás eredményeképpen (a szűkebb átmérőjű térrészben gyorsabb az áramlás) különösen magában a turbinában. A hagyományos szélturbináktól szokatlan, rendkívül csendes (<43 dB), vibrációmentes PowerNEST a turbinákat (7. ábra) a hatékonyabb, kétoldalas (BiFacial solar panel [8]) napelemekből álló tetővel fedi le, melyek mindkét oldalukon képesek villamos energiát előállítani. Tovább növeli a rendszer hatékonyságát, hogy a napelemek hűtését az alattuk áramló levegő biztosítja.

Hollandiában, Eindhovenben 2013 júliusában egy 70 méter magas épületre telepítettek egy PowerNEST modult négy turbinával és 296 napelem modullal, mely 140 MWh energiát termel évente. A 10 egységből álló rendszer felemelése három napot vett igénybe, és



7. ábra. Az Ibis Power által fejlesztett, 25 év élettartamú, PowerNEST hibrid rendszer vertikális turbinája, mely rendszerint 2-15 m/s szélsősebesség mellett termel energiát, ugyanakkor akár 60 m/s-os szélsősebességet is elvisel károsodás nélkül (Forrás: ibispower.eu).

néhány hét alatt állították üzembe [9]. A PowerNest rendszer adatlapja szerint [7] a meglévő épületek statikai terhelése mintegy 100 kg/m<sup>2</sup>-rel növekszik. A turbinák és a napelem modulok garantált gyártói élettartama 25 év, az acélszerkezeté 50 év. A napelem modulok hatékonysága 0,6%-kal csökken évente.

A PowerNEST rendszer alkalmazásával egyszerű módon átalakíthatók lapostetős lakóépületek vagy irodaházak megújuló energia használatra, mellyel a fosszilis üzemanyagoktól való függésük nagyban csökkenthető vagy megszüntethető. Hollandiában már számos PowerNEST projekt megvalósult, illetve tervezik a rendszer telepítését más európai országokban és az Egyesült Államokban is [9].

## Összefoglalás

A szél- és a napenergia hasznosítás területén látható pezsgő, gyors technológiai fejlődés, innováció láttán reménykedhetünk abban, hogy meg tudunk küzdeni korunk legnagyobb kihívásával, az éghajlatváltozással. Nyilvánvaló azonban, hogy a beruházások megvalósításához nem elégséges feltétel a tudósok által régóta kommunikált, ismert (mára már közismert) tény, mely szerint a fosszilis energiahordozók és az emberi tevékenység jelentős negatív hatással bír a komplex éghajlati rendszerre, melyben rendkívül gyors változásokat tapasztalunk. Mivel a kölcsönhatások, hatásmechanizmusok nem teljeskörűen leírtak, azaz még minden

bizonytal szembeesülünk eddig soha nem látott problémákkal, visszafordíthatatlan folyamatokkal, így ezek alakulása attól is függ, hogy mennyire vesszük észre, hogy az utolsó pillanatban vagyunk, hogy cselekedjünk.

Önmagában kevés a technológia rendelkezésre állása, még ha így is van. Ellenben szükséges a szemléletváltás, a döntéshozók bölcsessége, felelős gondolkodása, mellyel globális és nemzeti szinten is megteremtik a megújuló alkalmazásának kedvező feltételeit, megőrizve az emberiség számára (is) élhető otthonunkat, a Földet.

## Hivatkozások

- Roddiar, D., Cermelli, C., Aubault, A., and Weinstein, A., 2010: WindFloat: A floating foundation for offshore wind turbines. *J. Renew. Sustain. Energy* 2., 033104. <https://doi.org/10.1063/1.3435339>
- Lunevich, I. and Kloppenburg, S., 2023: Wind energy meets buildings? Generating socio-technical change in the urban built environment through vanguard visions. *Energy Res. Soc. Sci.* 98, 103017. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103017>
- Wallaaldin, A.E., Jarupula, S., Sonu Kumar, S., and Koteswara, R., 2023: Design and analysis of a solar-wind hybrid renewable energy tree. *Results Engin.* 17, 100958. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100958>
- [1] Kaposvár Megyei Jogú Város Klímastratégiája. <https://kph.kaposvar.hu/data/dl/klimastratkaposvar20200217.pdf>
- [2] <https://www.pevbit.com/services/new-world-wind-wind-tree/?fbclid=IwAR1TmdUkMgO8HJuYkVuTonj14SI-wyH-f92OapJE-9sZvmfyXIJka6dv2lro>
- [3] <https://www.facebook.com/watch/?v=1729218260603961>
- [4] <https://www.newworldwind.com/our-products>
- [5] <https://www.designboom.com/design/joe-doucet-wind-turbine-wall-10-20-2021/>
- [6] <https://www.designboom.com/technology/floating-wind-power-windcatcher-multiple-turbines-03-15-2023/>
- [7] <https://ibispower.eu/powernest/>
- [8] <https://eu-solar.hu/blog/a-ketoldal-napelemek-forradalmasithatjak-a-napelemes-piacot/>
- [9] <https://www.energymatters.com.au/renewable-news/netherlands-integrated-rooftop-solar-panels-wind-turbines-for-high-rise-buildings/>
- [10] <https://www.designboom.com/technology/power-nest-wind-turbine-solar-panels-01-30-2023/>
- [11] <https://www.globalgreenshift.org/post/wind-catcher-the-next-step-in-the-evolution-of-offshore-wind-power>