

Dr. Munkácsy Béla<sup>1</sup> – Kovács Gábor<sup>2</sup> – Tóth János<sup>3</sup>

## Szélerőenergia-potenciál és területi tervezés Magyarországon

Annak érdekében, hogy érzékeltessük kutatási témánk fontosságát, néhány lényeges alapadatot fontosnak tartunk tanulmányunk első részében összefoglalni. Ennek oka, hogy miközben a témakör európai megítélése és támogatottsága meglehetősen kedvező, hazánkban a megújuló energiaforrások helyzete egészen más, sajnálatosan erősen háttérbe szorított. Kutatásunk célja a témakör alaposabb megismerése és megismertetése annak reményében, hogy lehetőségeink alapos feltárásával a megújuló energiaforrások alkalmazása hazánkban is sokkal nagyobb teret nyerhet. Az energiagazdálkodás Magyarországon eddig döntően mérnöki szakterületnek számított. Ám a pusztán mérnöki szemlélettel és ismeretanyaggal készített energetikai és környezetvédelmi programokban, stratégiákban az egyes megújuló energiaforrásokban rejlő lehetőségeket sok esetben csak „mérnöki becsléssel” tudták a szakértők megállapítani, ami nagyságrendekkel eltérhet a térinformatikai módszerrel, az adott földrajzi tér kínálati lehetőségei és korlátozó tényezők feltárásával számított eredménytől. Megítélésünk szerint kutatásunk azt is igazolja, hogy az interdiszciplináris megközelítésmód az energetikában is egyre nagyobb szerepet kellene betöltsön.

### 1. A szélerőenergia európai helyzete

Bár a szél mozgási energiájának villamos áram előállítására történő felhasználása meglepően régi időre, 1887-re tekint vissza, a szélturbinás technológiának valóban fontos szerepet csak a 20. század végén sikerült kivívnia. Európában Dánia kezdte a technológia meghonosítását az 1970-es években, majd Németország és Spanyolország is kiemelkedő eredményeket ért a technológia felhasználása és fejlesztése terén. Jelentősége néhány országban ma már egyenrangú a fosszilis energiahordozók és az atomenergia alkalmazásaival. 2006. december 31-én világviszonylatban 74 223 MW szélturbinakapacitás állt rendelkezésre, s ennek 69,3%-a Európában. A szélerőenergetika részaránya az egyes országok, térségek villamosenergia-ellátásában ma döntő mértékben a döntéshozók környezettudatosságának függvénye, s egyes kitüntetett – nem feltétlenül kedvező szélklímájú – helyeken, így például Németország keleti térségében eléri a 20-40% közötti értéket. A technológia fejlődésének köszönhetően az elkövetkező években a szélturbinák nagyobb léptékű elterjedése két térségben várható: Európa tengeri selfjeinek területén, illetve a kontinens belső zónáiban.

### 2. Szélerőművek Magyarországon

Az elmúlt néhány évben hazánkban is megjelentek a szél megújuló energiáján alapuló szélerőművek. Az első turbina 2000. évi telepítését követően nagy fejlesztésre csak 2006-ban került sor, amikor 43 MW-nyi szélerőmű-kapacitás épült ki Magyarországon. A jövőt illetően azonban több szempontból is kérdések merültek fel:

<sup>1</sup> Dr. Munkácsy Béla *Eötvös Lóránd Tudományegyetem, TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest* E-mail: munkacsy@elte.hu

<sup>2</sup> Kovács Gábor *Eötvös Lóránd Tudományegyetem, TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest* E-mail: bigdzsi@hotmail.com

<sup>3</sup> Tóth János *Eötvös Lóránd Tudományegyetem, TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest*

- hazánk klimatikus adottságai vajon milyen mértékben teszik lehetővé a szél turbinák alkalmazását villamosáram-termelésünkben;
- hogyan valósítható meg az egyre nagyobb berendezéseknek a hazai tájba való illesztése;
- milyen kockázattal jár a kiemelkedő ökológiai értékekkel rendelkező Kárpát-medence térségben a szél erőművek elterjedése;
- milyen szabályozási háttérrel és tervezéssel igényel a megújuló energiaforrásokon alapuló erőművek hazai körülmények közé illesztése?

Munkánk során arra kerestük a választ, hogy milyen további tartalékok rejlenek Magyarországon a szélenergia hasznosításában területi és energetikai értelemben. A kérdéskör megválaszolását elsősorban térinformatikai alapokon kezdtük el. Mintaterületeinken (Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Vas és Heves megyékben) meghatároztuk a szél erőművek telepítésére alkalmas területek nagyságát, majd ebből következően a technikai szélenergia potenciált. A nemzetközi adatok, összehasonlítások alapján pedig a gazdasági-társadalmi potenciálra következtettünk.

### 3. Technikai szélenergia-potenciál számítása

Első lépésben valóban a technikai potenciál felmérése tűnik kézenfekvőnek, hiszen ezzel képet kaphatunk az elméleti lehetőségekről. Értelmezésünk szerint a technikai potenciál a megújuló energiaforrások alkalmazásában rejlő lehetőségek feltárására szolgáló olyan elméleti érték, amely a jogszabályi korlátok figyelembe vételével kalkulált, az adott kor technológiai színvonalára jellemző maximális kapacitás. Vagyis a számítás igen egyszerű, két alapadat szorzatáról van szó:

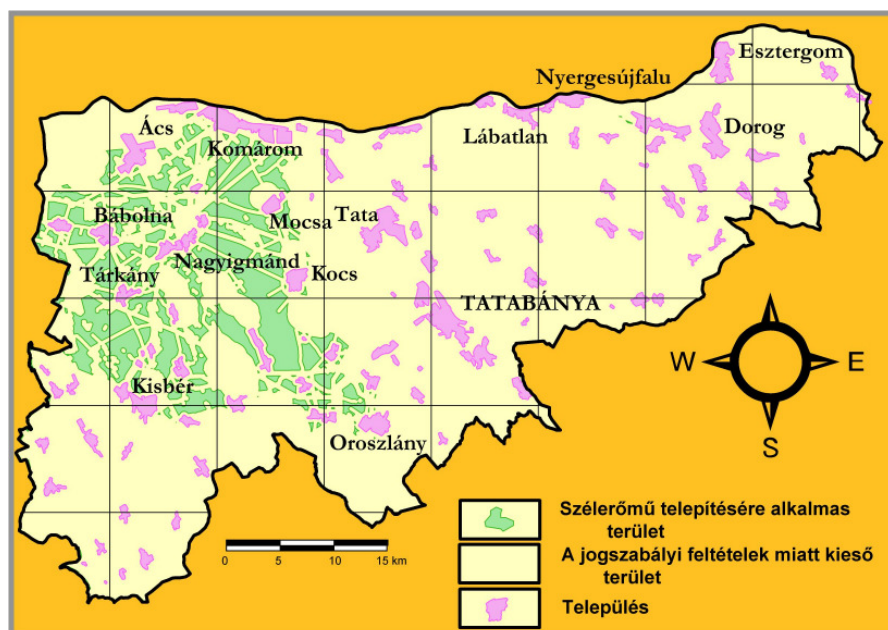
- 1) e tevékenység a hatályos jogszabályok korlátozásai alá nem tartozó területek mérete, illetve
- 2) az adott területen elérhető átlagos teljesítmény (ez évente, a technológia fejlődésével változó érték, vagyis az adott évben üzembe helyezett turbinák névleges teljesítményéből statisztikai elemzéssel kapott érték).

1. táblázat. A vizsgálat során használt védőzónák (Szerk.: Kovács G.)

Elem neve	Használt védőzóna
Közút	250 méter
Vasút	250 méter
Távvezeték	250 méter
Lakott terület	400 méter
Nemzeti park	1000 méter
Természetvédelmi terület	1000 méter
Tájvédelmi körzet	1000 méter
Természeti terület	1000 méter
Védett természeti terület	1000 méter
Natura2000	1000 méter
Erdő	250 méter
Tájképvédelem	0 méter
Vízrajz	0 méter

Az 1) pont esetében a kiindulási pont az engedélyezési eljárás ismerete, vagyis az, hogy a hatóságok milyen jogszabályok alapján döntenek a szél erőművek környezethasználati engedélyének kiadásáról. E tekintetben viszonylag könnyű a helyzetünk, hiszen a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium már több kiadásban publikálta azt a tájékoztató kiadványát, amely összefoglalta a hatóság e tárgyban kialakított véleményét [6], elsősorban a

természetvédelmi és tájkép-védelmi tényezők kapcsán. Emellett már csak néhány szem-pont, így például a repülőterek, katonai objektumok által jelentett területi korlátozás, illetve környezet-egészségügyi tényezők (pl. zajhatással kapcsolatos védőzóna) figyelembe vétele szükséges. Az említett jogszabályi korlátozás elemeit a megyei önkormányzatoktól beszerzett, illetve az 1:500.000-es méretarányú, EOV vetületi rendszerbe általunk geokódolt topográfiai térképek alapján vektorizáltuk, majd a meghatározott védőzónákkal kiegészítettük (*1. táblázat*). Az Egységes Országos Vetületbe való átszámítás azért fontos, mert az méter-rendszerű, így a későbbi számítások egyszerűbben végrehajthatók. Mindezek alapján térinformatikai módszerekkel létrehozható egy olyan egyesített vektoros térkép, amely a fenti korlátozásokat egyetlen ábrában (*1. ábra*) összegzi.



1. ábra. Komárom-Esztergom megye szélenergia-potenciáljának térképe (Szerk. Kovács G. – Tóth J.)

Kutatásaink során az ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékén az elmúlt években 4 megyére (Győr-Moson-Sopron, Vas, Komárom-Esztergom, Heves) végeztünk ilyen irányú vizsgálatokat (MUNKÁCSY B. et al. 2007). Ezek a potenciális területek tekintetében rendre 7,7 és 8,8% közötti eredményeket adtak, vagyis mindegyik megkutatott megyénk esetében igaz, hogy alapterületük több mint 90%-án nem lehetséges szélenergia-telepítés. A 7-8% körüli értékek első hallásra igen szerénynek tűnnek, de a továbbiakban részletesebben bemutatott vizsgálatunk azt igazolja, hogy ezzel országos szinten elméletileg körülbelül 60-65.000 MW névleges teljesítményű szélenergia-kapacitás kiépítésére van lehetőségünk. Természetesen elemzésünk arra vonatkozóan is támpontot nyújt, hogy az adott földrajzi térben – a jogszabályok tükrében – vajon hol érdemes szélenergia-beruházást elindítani. Célszerűnek tartanánk ezen eredményeket már az engedélyezési tevékenység elején alkalmazni, ezáltal az engedélyező hatóságok leterheltsége nagymértékben csökkenthető volna. Mintaként használható volna a német gyakorlat, amelyben a hatóság először kijelöli a turbinatelepítésre alkalmas helyszíneket, majd a beruházók ezek közül – helyszíni szélmérési és egyéb szempontok alapján – választják ki a számukra leginkább megfelelő területet (MUNKÁCSY B. 2004).

A 2) pont, vagyis egy adott területre vonatkozó átlagos turbinatelsítmény esetében nemzetközi statisztikai adatok elemzését végeztük el. A Dán Szélenergia-gyártók Szövetségének iránymutatása alapján ([www.windpower.org](http://www.windpower.org)) két mutató segítségével kiszámolható az egy területre jutó maximális kapacitás. Az egyik adat az adott évben

rendszerbe állított gépek átlagos teljesítménye (ez 1998-ban még csak 780 kW volt [REHFELDT, K. 1999], míg 2007. első felében már 1920 kW [ENDER, C. 2007]), míg a másik adat ugyanezen gépek esetében a rotorok hossza (20-25 m 1998-ban, illetve 35-40 m 2007-ben). Ezen adatokból számolva ez 1 km<sup>2</sup>-nyi területen optimális esetben 12 darab berendezés felállítását, ezzel kb. 9-10 MW beépített kapacitás létrehozását teszi lehetővé. A vizsgált megyék technikai szélturbina-kapacitása a fentiek alapján 1500-2300 MW volt – egyenként. Hazánk egész területére alkalmazva a fenti mutatókat, 60-65.000 MW-os technikai szélenergia-potenciált kapunk – mint a jogszabályok által behatárolt térben maximálisan elérhető elméleti lehetőséget.

#### 4. A társadalmi-gazdasági szélenergia-potenciál kiszámítása

A társadalmi-gazdasági potenciál kiszámítására azért van szükség, hogy a valódi lehetőségeket, a realitásokat feltárhassuk. Első lépésben egy olyan területet kellett kiválasztanunk, amely sok tekintetben hasonlatos hazánkhoz, ám a szélenergia fejlődése terén mérce lehet. Választásunk Németország keleti részére esett (2. táblázat).

2. táblázat. Hazánk és Kelet-Németország összevetése a szélenergetika első tíz éves fejlődésének tükrében (szerk. Munkácsy B.)

	Kelet-Németország	Magyarország
<b>Terület</b>	107 758 km <sup>2</sup>	93 030 km <sup>2</sup>
<b>Szélklíma</b>	1-2. szélosztály	1. szélosztály
<b>A technológia bevezetése</b>	1990	2000
<b>Turbinakapacitás 10 év múltán</b>	2136,3 MW (2000-ben)	~1842 MW (2010-ben) tervben 330 MW – 3,55 kW/km <sup>2</sup>
<b>Kapacitás/terület indikátor 10 év múltán</b>	19,8 kW/km <sup>2</sup>	19,8 kW/km <sup>2</sup>
<b>Klímapolitika</b>	Aktív	Passzív
<b>Összes kapacitás 2007. 01. 01.</b>	769 MW	61 MW
<b>Kapacitás/terület 2007. 01. 01</b>	41,8 kW/km <sup>2</sup>	0,66 kW/km <sup>2</sup>

Bár egy lényeges mutatója, a népsűrűsége némileg magasabb (153 fő/km<sup>2</sup>) a hazai értéknél (vagyis ebből a szempontból a szélturbinák befogadására ott korlátozottabbak a lehetőségek), ám az elmúlt 50 esztendő történelmi múltja, társadalmi folyamatai, a hasonló domborzat és szélklíma mégis lehetővé teszi az összevetést. A két térség napjainkban eltérő gazdasági helyzetét nem vettük figyelembe elemzésünkben, hiszen a turbinatelepítések általában nem állami finanszírozásban készülnek. Kutatásunk ezen fázisa a keleti német tartományoknak a szélenergetika terén 1990 és 2000 között elért fejlődéséből indult ki. Az első turbinák 1990 táján jelentek meg a vizsgált területen és 10 év alatt összesen 2136,3 MW összteljesítményt sikerült az öt tartományban kiépíteni. Ez 1 km<sup>2</sup> terület-egységre vetítve 19,8 kW turbinateljesítményt jelent. Ha hazánkban az első tíz év fejlődése pontosan ugyanilyen ütemű volna, akkor 2010-ig 1842 MW szélturbina-teljesítmény jöhetne létre. Sajnos tudjuk, hogy a Magyar Energia Hivatal erre az időszakra mindössze 330 MW turbinakapacitás kiépítését engedélyezte [1]. Ez a kapacitás tehát alig 20%-a annak, amit Németország keleti térsége az

első 10 esztendőben elért. Még tragikusabb a kép hazánk szempontjából, ha a következő hat év, vagyis a 2000 és 2006 közötti időszak gyarapodását is megfigyeljük, hiszen ekkor tovább gyorsult a növekedés üteme. Ha ezt a hazai viszonyokra alkalmazva csak megismételni, de nem túlszárnyalni szeretnénk, akkor 2017-ig mintegy 3900 MW szélturbina-kapacitást kellene kiépítenünk. Ehhez képest a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium terveiben még 2025-re is csak 525 MW szerepel.

A fenti számokban látható nagyságrendnyi különbség magyarázata véleményünk szerint főként a két ország eltérő klímapolitikájában rejlik. Németország esetében láthatóan központi kérdés a környezet állapotának illetően javítása, nálunk viszont csupán egyfajta felesleges – de a nemzetközi nyomás miatt elkerülhetetlen – feladatként értelmezik a globális klíma ügyét az országos politikában. Magyarországon is széles körben elterjedt az a téves nézet, hogy majd csak akkor kell a környezet védelmével foglalkoznunk, ha a gazdaságot már rendbe raktuk.

Az energiagazdálkodás problematikája azonban egyértelműen igazolja ezen álláspont hibás mivoltát.

- Egyfelől energiagazdálkodásunk átalakítása általában nem feltétlenül vesz igénybe állami forrásokat, megoldható magántőkéből – akár a lakosság bevonásával (gondoljunk a hatékony elektromos fogyasztók térhódítására, a napkollektorok, napelemek, kis teljesítményű szélkerekek elterjedésére más országokban). Így tehát nem von el forrásokat más fontos területekről.
- Másfelől az átalakítás valójában annál inkább segíti a gazdaság fejlődését, talpra állását, minél előrehaladottabb, hiszen minél jobban elterjednek a fenti technológiák, annál inkább csökken az importfüggőség és így az ezzel kapcsolatos állami kiadás.
- Harmadrészt egyszerűen nincs időnk a szükséges lépések további halogatására, az ökológiai katasztrófa már a küszöbünkön áll.

## 5. Összefoglalás

A szélenergia ipari léptékű alkalmazása hazánkban sem halogatható tovább. Kutatásunk szerint a jelenlegi szabályozási környezet a rendelkezésre álló terület 7,7-8,8%-án teszi lehetővé nagyteljesítményű szélturbinák telepítését – ugyanakkor igaz, hogy egyes földrajzi egységekben (legújabb vizsgálataink alapján ilyen például az Ister Granum Eurorégió) egyáltalán nem lehetséges szélerőművek építése. Hazánk a létrehozott turbinakapacitás tekintetében (61 MW) az európai élvonalhoz képest behozhatatlannak tűnő lemaradásban van, s ennek oka nem feltétlenül a természeti adottságokban rejlik, hiszen a szomszédos Ausztria a magyar határ közelében hozta létre 965 MW-os turbinakapacitásának nagyobb részét [2]. Némileg kedvezőbbnek tűnik a hazai helyzet, ha a többi szomszédos országhoz hasonlítjuk, hiszen Ausztrián kívül csak a jóval nagyobb Ukrajna kapacitása (85,5 MW) haladja meg hazánkét.

Ami a technológia jelentőségét illeti, megállapításaink szerint a szélenergiában rejlő lehetőségek meglepően komolyak – és ez Magyarországra is igaz, annak ellenére, hogy hazánk

- egyfelől a kontinens belső, kevésbé szeles térségében fekszik,
- másfelől, hogy a természet- és tájvédelmi korlátok meglehetősen nagy kiterjedésű terület igénybevételét zárják ki.

Az elsősorban műszaki, rendszerirányítási jellegű akadályok felszámolása után az elkövetkező 10 esztendőben akár 4000 MW szélturbina-kapacitás is kialakítható lenne, s ez egy igen gyenge, 20%-os hatásfokkal számolva már igen tekintélyes hányadát, 15-25%-át adhatná hazánk villamosenergia-termelésének. Hogy ez nem irreális elképzelés, azt két dolog támasztja alá: egyfelől ezt a fejlődést Németország keleti tartományai már visszaigazolták,

másfelől a technikai kapacitás számítása során kijelölt potenciális területek alig 6-7%-át, vagyis a teljes magyarországi terület 0,5-0,6%-át igénylik. Ráadásul ezt is csak töredékben, hiszen a turbinák közötti térség nagyrészt hasznosítható marad, például legeltetésre, növénytermesztésre.

Az éghajlatváltozás aggasztó jelei egyre sokasodnak, a hozzáértők szerint egyre közelebb a katasztrófa. Megelőzni már nincs esély, de legalább igyekezzünk tompítani a hatásokat. Ennek egyik eszköze a tanulmányunkban bemutatott technológia.

### Irodalom

- ENDER, C. 2007: Windenergienutzung in Deutschland – Stand 30.06.2007 – In: DEWI Magazin, No.31, pp. 27-39
- KANYÓ ZS. (szerk.) 2001: A szélenergia hasznosítása Győr–Moson–Sopron megyében. Kam-Kord Szolgáltató és Tanácsadó Kht. Kézirat, 58p.
- MUNKÁCSY B. 2004: A németországi regionális tájtervező irodák – In: Energiagazdálkodás, 45. 1. pp. 13-15
- REHFELDT, K. 1999: Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.1998 – In DEWI Magazin, No.14, p. 6-22
- [1] A szélenergiából villamos energiát termelő erőművek engedélyezése. Magyar Energia Hivatal, 2006, Budapest, 5p.
- [2] Az Európai Szélenergia Szövetség (European Wind Energy Association – EWEA) honlapja, 2007 ([www.ewea.org](http://www.ewea.org))
- [3] Guided Tour on wind energy. Danish Wind Industry Association, 2003, (<http://www.windpower.org/en/tour.htm> – letöltve 2003. 08. 14.)
- [4] Győr-Moson-Sopron Megyei Önkormányzat Közgyűlése 10/2005. (VI.24.) számú rendelete és 85/2005. (VI.10.) számú határozata a Győr-Moson-Sopron Megyei Területrendezési Tervről, VÁTI, 2005
- [5] Megújuló energiák feltárása és hasznosítási javaslata az osztrák-magyar határmenti energetikai együttműködés számára. Iparterv Rt. 1998, Kézirat, 237p.
- [6] Tájékoztató a szélenergia elhelyezésének táj- és természetvédelmi szempontjairól. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatal (KvVM-TVH), 2003, Budapest, 26p.