

Dr. Tar Károly¹ – Tóth Tamás² – Rózsavölgyi Kornél³

A potenciális szélenergia mennyiségének összefüggése a szeles napok számával

1. Bevezetés

Nyugat-Európa kedvező szélpotenciállal rendelkező országaiban a 70-es években bekövetkezett olajárrobbanás hatására jelentős kutatás-fejlesztés indult meg a szélenergia-hasznosítás terén. A meteorológiai alapkutatások elvégzésével és az alkalmazható berendezések műszaki-technikai megalapozásával egy olyan technológiai innováció vette kezdetét, amelynek tovagyűrűzése a rákövetkező közel negyven évben mind tudományos mind gazdasági szinten megkérdőjelezhetetlen.

A szélenergia hasznosítása kezdetben leginkább a tengerparti területekre koncentrált, azonban a későbbiekben egyrészt a szélpotenciál egyre pontosabb mérési és statisztikai módszerekkel történő meghatározása miatt, másrészt a műszaki lehetőségek bővülése révén a szélenergia-hasznosítás kiterjedt a selfterületekre és a kontinens belső területeire is.

A szélenergia hasznosításának alapvető feltétele – ami minden megújuló energiaforrás esetében teljesül – a természeti potenciál megléte. Emellett azonban a széleskörű hasznosítás és elterjedés csak komplex társadalmi-gazdasági-politikai-ökológiai kompromisszum teljesülése mellett lehetséges. A megújuló energiaforrások alkalmazása a környezeti adottságokon túl függ az adott térség fogyasztói struktúrájától, történelmi, gazdasági és politikai háttérétől. Az megújuló széleskörű hazai elterjesztése szempontjából nem elhanyagolható tényező, hogy a lakosság körében mennyire ismertek, mennyire elfogadottak. Az érintett területek lakosságának tisztában kell lenni az alkalmazások következményeivel, hatásaival. Másfelől a lakosság véleménye visszajelzésként szolgálhat a különböző döntéshozói szintek felé – elsősorban a központi kormányzat felé – útmutatást nyújtva, például a kedvezőbb támogatási rendszerek kidolgozásában.

A Csereháton végzett kutatásaink (PÉNZES J. et al. 2005) a fent említettekre kereste a választ. A kérdőíves attitűdvizsgálatainak eredményeiből kitűnik, hogy a lakóhely közelében működő megújuló energiaforrást hasznosító berendezések közül a legnagyobb támogatottságot a szél- és napenergia hasznosításához kapcsolódó eszközök élvezik, ahogyan ez az *1. ábrán* is látható. Ezek közül is a legtöbben a napelemeket és szélérőgépeket tolerálnák leginkább. Azonban mivel a szélérőműveket általában a településtől több km-re telepítik és nem pedig a lakóhelyek közelébe, ezért valószínűsíthető, hogy a szélturbinák elfogadási hajlandósága lényegesen magasabb. A szélenergetikai beruházás első lényeges lépése a megfelelő a természeti potenciállal bíró helyszín kiválasztása. Ennek egyik meghatározó szempontja a rendelkezésre álló szélenergia mennyisége. A szélirány és szélsébség térben és időben a legváltozékonyabb éghajlati elemek közé tartozik, ezért a szélérőművek tervezésekor a szélturbina-gyártó cégek részletes szélmérési eredményeket várnak el a beruházótól. Csak így lehet ugyanis leginkább meggyőződni a kiválasztott helyszín alkalmasságáról és így határozható meg a helyszín adottságaihoz legjobban illeszkedő műszaki paraméterekkel rendelkező szélérőmű.

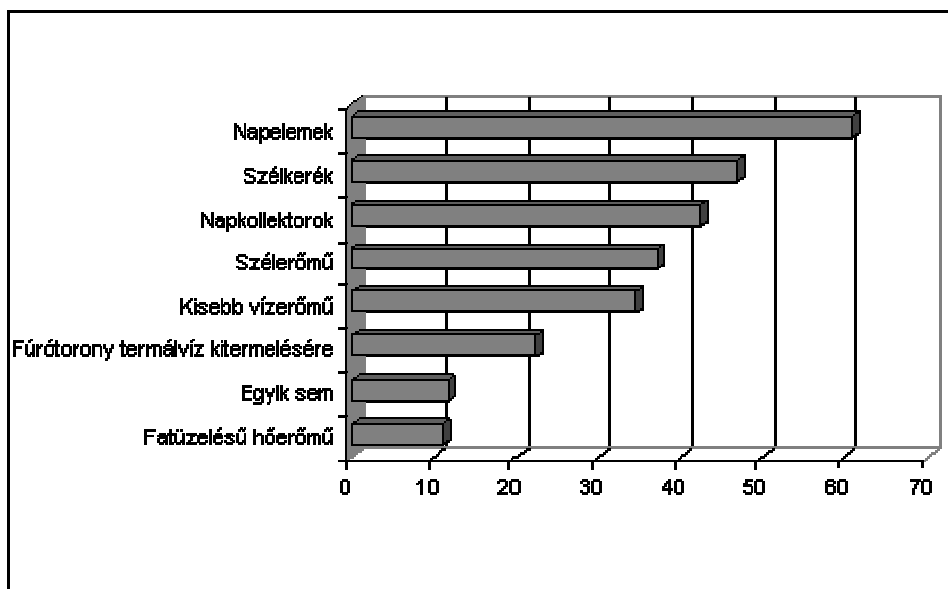
Az energetikai szélmérésekre alkalmas hely kiválasztásához rendelkezni kell a területre jellemző előzetes meteorológiai információkkal. Léteznek olyan térinformatikai és statisztikai

¹ **Dr. Tar Károly** Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, Debrecen E-mail: tark@puma.unideb.hu

² **Tóth Tamás** Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, Debrecen E-mail: tamas.toth1@gmail.com

³ **Rózsavölgyi Kornél** Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, Debrecen E-mail: rozsavolgyi@tigris.unideb.hu

módszerek, amelyek segítségével többek között különböző feltételek alapján meghatározható a szélenergia optimális térbeli hasznosítási helye (RÓZSAVÖLGYI K. 2007a, 2007b), vagy akár közelítően előre jelezhető a termelendő energia mennyisége. Szükséges azonban olyan módszerek kidolgozása is, amelyek az adott helyre jellemző szélpotenciálról előzetes közelítő tájékoztatást képes nyújtani.



1. ábra. A megújuló energiaforrásokhoz kapcsolódó létesítmények lakossági elfogadása a lakóhely közelében (%)

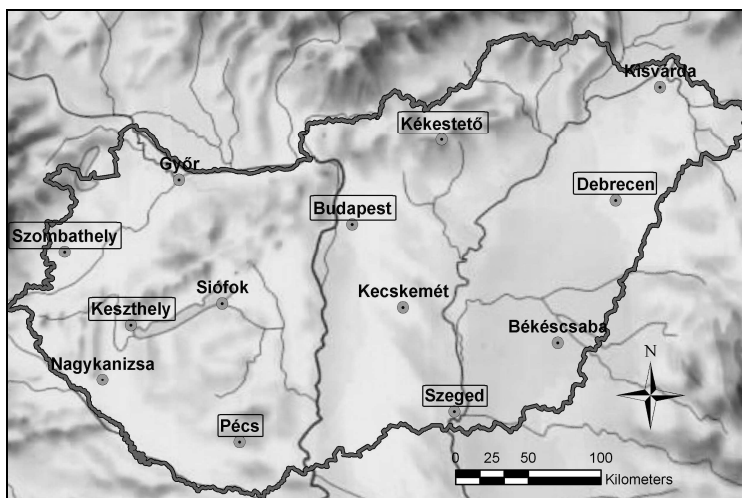
2. A vizsgálat célja, adatbázisa

Az energiatartalom tehát a szélmező egyik fontos strukturális eleme, amellyel kapcsolatos alapvető kérdés a mennyisége. Magyarországon a szélenergia döntő hányadát a ritkán előforduló nagyobb szélesebességek adják (TAR K. 1991). Vizsgálatainkba – amelynek legfontosabb részeredményeit közöljük most – ezért bevontuk a szélmező egyik, eddig még igazából nem elemzett karakterisztikáját, a 10 m/s-nál nagyobb maximális szélesebességgel bíró napok, az ún. *szeles napok havi számát* is.

A szeles napok havi számát leíró valószínűségi változóból vett mintánkat *d10*-nek fogjuk nevezni. Ennek elemeit az OMSz *Havi jelentések* c. kiadványából vettük az 1971. január – 2005. december (420 hónap) időszakban. Csak azoknak a meteorológiai állomásoknak az adatait dolgoztuk fel, amelyeken a szélmérés körülményei változatlanoknak tekinthetők a fenti időszakban, azaz szeles napok havi adatsorai a homogénnek vehetők. Ezek a következők: Debrecen, Szeged, Budapest-Pestlőrinc, Pécs, Keszthely, Szombathely és Kékestető. A 2. ábrán bemutatjuk ezen állomások térbeli elhelyezkedését és megadjuk a pontos földrajzi koordinátákat, valamint az anemométer magasságát. Megjegyezzük, hogy Keszthelyen csak az 1971. január – 1998. december időszakban (336 hónap) álltak rendelkezésünkre adatok.

Előző munkáinkban (TAR K. 2006a, 2006b; TAR, K. et al. 2007, 2008) egy rövidebb időszak (1971–2000) adatai alapján feltártuk a szeles napok havi számának részletes statisztikai szerkezetét és a szélenergetikai paraméterekkel, valamint az időjárási helyzetekkel való kapcsolatát abból a célból, hogy a szélenergia előzetes becslésére egy könnyen hozzáférhető paramétert kapjunk. Eredményeink hozzájárulnak Magyarország szélklimájának részletesebb feltáráshoz is.

Ebben a cikkben röviden áttekintjük a d10 alapstatisztikáit és eloszlását a most vizsgált hosszabb időszakban, majd egy, a havi átlagos fajlagos szélteljesítménnyel arányos mennyiség és a havonkénti szeles napok számának kapcsolatát vizsgáljuk egy, az óránkénti szélességek ismeretét megkívánó regressziós modell segítségével az 1991–2000 évtizedben.



	φ	λ	h (m)	h_a (m)
Szombathely	47°16'	16°38'	219	9
Keszthely	46°46'	17°14'	117	15
Pécs	46°00'	18°14'	201	10
Budapest	47°27'	19°13'	130	12
Szeged	47°15'	20°06'	83	9
Debrecen	47°30'	21°38'	111	10
Kékestető	47°52'	20°01'	1011	26

2. ábra. Az adatbázist biztosító meteorológiai állomások elhelyezkedése, pontos földrajzi koordinátái (φ : szélesség, λ : hosszúság, h : tszf. magasság) és az anemómeter magassága (h_a) (ZENTAI, L. 1996; SZABÓ, G. 2004)

3. A szeles napok havonkénti idősorának statisztikai szerkezete

A d10 mintákból meghatározott legfontosabb statisztikai karakterisztikák az 1. táblázatban láthatók a teljes időszakban (1971–2005) és ennek a kiválasztott részében (1991–2000). Látható, hogy a szeles napok előfordulásának valószínűsége ($p(d10)$) Keszthely kivételével meglepően nagy. A két időszak $p(d10)$ értékei közötti különbség Pécsen és Budapesten valószínűleg szignifikánsan nagy. Az átlagos hosszak közötti eltérések azonban csak Keszthelyen haladják meg lényegesen az 1 napot. A szórás értékei orográfiai differenciálódást mutatnak, ugyanis Szombathelyen, Keszthelyen és Pécsen (nem típusosan síkvidéki állomások) a teljes időszakban lényegesen nagyobbak, míg síkvidéki állomásokon (Budapest, Szeged, Debrecen) és Kékestetőn (hegyvidéki állomás) a helyzet fordított, vagy az értékek egyenlők. A többi pereméter értékei semmilyen rendszerbe nem foglalhatók. Egy dologra érdemes még figyelni: a táblázat szerint az átlag és a medián értékei igen közel esnek egymáshoz, ami az eloszlásvizsgálat szempontjából (szimmetria) lényeges lehet.

Korábbi munkáinkban (TAR, K. et al. 2007, 2008) további statisztikákat is bevontunk az elemzésbe. A *ferdeség* mérőszámának értékei azt mutatják, hogy az eloszlás Budapesten áll legközelebb a szimmetrikushoz, a többi helyen elég nagy aszimmetriával rendelkezik. A *binomiális eloszlás* egyrészt emiatt egyik esetben sem ad azonban értékelhető közelítést

másrészt azért nem, mert a d10 eloszlásának *lapultsága* mindig alatta van a binomiális eloszlásénak. A *Poisson-eloszlás* ferdeségi együtthatója $1/\lambda$, ahol λ a várható érték. A $\lambda=6$ értéktől ez az eloszlás is kvázi-szimmetrikussá válik (YULE, G. U. – KENDALL, M. G. 1964). Az 1. táblázat adatai alapján látható, hogy esetünkben is ez következik be. Olyan eloszlást keresünk tehát, amelynek ferdeségi és csúcossági paraméterei megfelelnek a d10 hasonló empirikus paraméterei viselkedésének. A *folytonos eloszlások* közül a gamma-eloszlást sejtettük ilyennek (DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. 1988; MATYASOVSKY I. 2002).

1. táblázat. A szeles napok havonkénti számának (d10) legfontosabb statisztikai jellemzői a két vizsgált időszakban ($p(d10)$: a szeles napok valószínűsége, q_1 : alsó kvartilis, q_2 : medián, q_3 : felső kvartilis)

	időszak	p(d10)	átl.	szór.	var. együtth.	min.	q ₁	q ₂	q ₃	max.
Szombathely	1971–2005	0,4367	13,3	5,1	0,39	2	10	13	17	30
	1991–2000	0,4249	13,2	4,7	0,36	2	10	13	17	26
Keszthely	1971–2005	0,2715	8,3	4,7	0,57	0	5	8	11	24
	1991–2000	0,2105	6,5	4,2	0,64	0	3	6	9	19
Pécs	1971–2005	0,4204	12,8	5,4	0,42	0	9	12	16	28
	1991–2000	0,3676	11,7	4,9	0,42	0	8	12	15	26
Budapest	1971–2005	0,4104	12,5	5,2	0,42	1	9	12	16	27
	1991–2000	0,3893	11,9	5,1	0,43	2	8	11	15	25
Szeged	1971–2005	0,4184	12,7	4,8	0,38	2	10	13	16	27
	1991–2000	0,4112	12,5	4,8	0,39	2	10	12	16	25
Debrecen	1971–2005	0,4006	12,2	5,0	0,41	0	9	12	15	26
	1991–2000	0,4090	12,5	5,4	0,43	3	9	11	16	26
Kékestető	1971–2005	0,6492	19,8	5,0	0,25	5	16	20	24	31
	1991–2000	0,6302	19,2	5,5	0,29	6	15	20	24	29

A gamma-eloszlással való közelítés jóságát/elfogadhatóságát a Kolmogorov-Szmirnov-féle egymintás próbával határoztuk meg (DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. 1988). Azt kaptuk, hogy Kékestető kivételével a szokásos 0,05 szignifikancia szinten mindenhol elfogadható a gamma-eloszlással való közelítés. Kékestetőn a Poisson-eloszlás bizonyult ilyennek.

4. A havi átlagos fajlagos szélteljesítmény meghatározása közelítő függvénnyel

Egy (nem feltétlenül egymás után következő) naptári napokból álló időszak egy napjára átlagosan jutó fajlagos szélteljesítményt (P_{fmd}) a következőképpen definiáljuk: a szélsébség köbök mérési időpontonkénti átlagának napi menetét közelítő függvény görbe alatti területe szorozva a levegő sűrűségének felével. A P_{fmd} tulajdonságai tehát a vele arányos, a szélsébség köbök óránkénti átlagára illesztett folytonos függvény görbe alatti területén (határozott integrálján) keresztül vizsgálhatók (TAR K. – KIRCSI A. 2001; TAR, K. et al. 2002; TAR K. 2004, TAR K. et al. 2006; TAR K. 2007a, 2007b; TAR, K. 2008).

A közelítő függvény a következő:

$$f_2(x) = a_0 + \sum_{m=1}^2 \left(a_m \cos \frac{2\pi mx}{N} + b_m \sin \frac{2\pi mx}{N} \right), \quad (1)$$

vagyis egy trigonometrikus polinomokból álló Fourier-sor első két eleme, ahol tehát N a napi mérési időpontok száma, $x=0,1, 2, \dots, N-1$. Ennek primitív függvénye:

$$F_2(x) = a_0 x + \sum_{m=1}^2 \left(\frac{a_m}{\alpha_m} \sin \alpha_m x - \frac{b_m}{\alpha_m} \cos \alpha_m x \right) \quad (2)$$

ahol $\alpha_m = \frac{2\pi m}{N}$. Ha tehát az a_m és b_m együtthatók meghatározásához a szélesség köbök mérési időpontenkénti átlagának idősorát használjuk, akkor az időszak egy napjára átlagosan jutó fajlagos szélteljesítmény:

$$P_{\text{fmd}} = \frac{P}{2} [F_2(N-1) - F_2(0)],$$

ahol tehát

$$T_{\text{ga}} = F_2(N-1) - F_2(0) \quad (3)$$

a görbe alatti terület.

A fent leírt módszerrel a rendelkezésünkre álló óránkénti (N=24) szélesség adatbázis felhasználásával az 1991–2000 (Keszthelyen 1991–1998) időszak minden hónapjára meghatároztuk a T_{ga} értékeit a hét állomáson. A 2. táblázatban megadjuk a T_{ac} legfontosabb statisztikai jellemzőit az 1991–2000 időszakra az anemométer magasságában. A táblázatból látható, hogy a legnagyobb átlagos széle energiájú hely – ahogyan az várható – Kékestető, a további sorrend pedig a következő: Szombathely, Szeged, Pécs, Debrecen, Budapest, Keszthely. Az utóbbi állomáson legnagyobb a változékonyságot mutató variációs együttható, ezt Szombathely követi, majd Pécs és Szombathely. Az, hogy a három alföldi állomáson a többenél kisebb értékeket kapunk, bizonyos orográfiai meghatározottságra utal. Az átlag és a medián között általában elég nagy az eltérés, így a normál eloszlással való közelítésről valószínűleg nem lehet szó. A legnagyobb és a legkisebb értékek különbségeként előálló ingás a nagy széle energiájú helyeken nagy, de nem követi a fent leírt sorrendet. A ferdeség és a csúcsosság paramétereiből pedig a következőket vonhatjuk le: az eloszlás mindenhol baloldali aszimmetriával rendelkezik és csúcsos. Az átlagnál kisebb értékek tehát nagyobb valószínűséggel fordulnak elő mindenhol, mint a nála nagyobbak.

2. táblázat. A hónap egy napjára átlagosan jutó fajlagos szélteljesítménnyel arányos görbe alatti területet (T_{ga}) legfontosabb statisztikai jellemzői (1991–2000)

T_{ga}	Szombathely	Keszthely	Pécs	Budapest	Szeged	Debrecen	Kékestető
átlag	3254,2	830,9	1580,3	907,6	1741	1252,1	3775,1
szórás	2161,0	649,1	895,5	443,4	830,3	619,8	2021,5
var. együtth.	0,66	0,78	0,57	0,49	0,48	0,50	0,54
alsó kv.	1796,3	395,1	924,0	631,3	1157,7	792,1	2027,4
medián	2672,1	621,3	1456,7	863,6	1680,9	1089,0	3472,0
felső kv.	3926,2	1052,7	2036,5	1192,9	2208,6	1554,0	4884,5
maximum	11 926,3	3602,7	4702,1	3051,9	5839,1	3810,6	10 528,3
minimum	443,4	88,5	241,5	307,8	474,9	323,5	922,7
terjedelem	11 482,9	3514,2	4460,6	2744,1	5364,2	3487,1	9605,6
ferdeség	1,70	1,83	1,11	1,53	1,51	1,36	0,92
csúcsosság	3,39	3,61	1,01	4,13	4,60	2,40	0,61

Az óránkénti mért szélességekből a (3) összefüggéssel meghatározott görbe alatti terület (T_{ga}) havi (a trend és a periodicitás kiszűrése nélküli) értékeinek empirikus eloszlásának elméleti eloszlásokkal való közelítésénél geográfiai/orográfiai különbségeket tapasztaltunk: a síkvidéki állomásokon a négyzetgyökös normál, a nem síkvidékieken a lognormál a jobb, sőt Keszthelyen és Szombathelyen nincs is más az adott elfogadási szinten. A többi helyen Weibull-eloszlás mellett bejött a Rayleigh-eloszlás is, ami megkönnyíti a

helyzetet, mert csak egy paramétere van, ami az átlagból igen könnyen meghatározható (SCHÖNWIESE, C.-D. 2000).

A nem síkvidéki állomásokon az alkalmazott próba (PRÉCSÉNYI I. et al. 1995) szerint a görbe alatti területek havi idősorában reálisnak tekinthető lineáris trendet találtunk Szombathely kivételével. A trend egyenesek egyenlete alapján Pécsen és Keszthelyen a T_{ga} (így a havi átlagos fajlagos szélteljesítmény) növekvő tendenciája figyelhető meg $83 \text{ (m}^3/\text{s}^3)/\text{év}$, illetve $58 \text{ (m}^3/\text{s}^3)/\text{év}$ értékkel. Kékestetőn a tendencia csökkenő, aminek egy évre eső mértéke $202 \text{ (m}^3/\text{s}^3)/\text{év}$. Az idősorok alapján meghatározhatók az átlagnál kisebb T_{ga} értékek valószínűségei is. Ezek a következők: Keszthely 0.686, Szombathely 0.627, Pécs 0.626, Budapest 0.600, Debrecen 0.592, Kékestető 0.583, Szeged 0.550, összhangban az eloszlások szimmetriájával kapcsolatos előbbi megjegyzéssel.

5. Regressziós modell a havi átlagos fajlagos szélteljesítmény idősoraira

Ebben a fejezetben az előzőekben definiált, a havi átlagos fajlagos szélteljesítménnyel arányos görbe alatti terület és a szeles napok havonkénti számának sztochasztikus kapcsolatát vizsgáljuk a lineáris korreláció és regresszió módszerével. A $LKRM(T_{ga}, d10)$ modell legfontosabb paramétereit a 3. táblázatban adjuk meg: a korrelációs együtthatót (r) és az $y=a+bx$ regressziós egyenlet konstansait: a regressziós együtthatót (b) és a regressziós konstans (a , $a\%$).

3. táblázat. A $LKRM(T_{ga}, d10)$ modell legfontosabb paramétereit: a korrelációs együttható (r), a regressziós együttható (b) és a regressziós konstans (a , $a\%$)

	Szombathely	Keszthely	Pécs	Budapest	Szeged	Debrecen	Kékestető
r	0.539	0.115	0.638	0.487	0.529	0.593	0.728
b	247.98	17.554	117.36	43.063	93.768	67.994	269.17
a	-10.784	668.58	241.49	423.72	618.82	405.58	-1388.4
$a\%$	-0.3	80.3	15.0	45.4	34.5	32.4	-36.8

A korrelációs együttható Keszthely kivételével mindenhol szignifikáns 0,05 szinten a t -próba szerint (YULE, G. U. – KENDALL, M. G. 1964). A $(T_{ga}, d10)$ szignifikáns kapcsolat Kékestetőn a legerősebb és Budapesten a leggyengébb. Az a regressziós konstans esetünkben a 0 szeles naphoz tartozó átlagos görbe alatti területet adja meg. A $d10=0$ ugyan kívül esik a regresszió érvényességi tartományán Pécs és Keszthely kivételével, de az egyenletek csak Szombathely és Kékestető esetében adnak negatív T_{ga} értéket. Keszthelyen azonban a kapcsolat nem értékelhető. A többi állomásra bevezettük az $a\%$ paramétert, ami azt mutatja meg, hogy az a hány százaléka az átlagnak. A táblázat szerint a havi átlagos szélteljesítménynek Budapesten 45%-a, Debrecenben és Szegeden több, mint 30%-a, Pécsen viszont csak 15%-a származik a 0 szeles nappal rendelkező hónapokban.

A b regressziós együttható megmutatja, hogy a szeles napok számának egy nappal való megváltozása mennyivel növeli a görbe alatti területet. Vagyis a prediktandusz érzékenységét a prediktor változására. A 3. táblázat szerint a T_{ga} , így a havi átlagos fajlagos szélteljesítmény is a szóbajöhető állomások közül Kékestetőn a legérzékenyebb, Budapesten pedig a legkevésbé érzékeny a $d10$ változására. A köztük lévő sorrend azonban eltér a korrelációs együtthatók sorrendjétől.

A következőkben a modell hibáját vizsgáljuk. A regressziós egyenletekkel a $d10$ értékekből visszaállítjuk a görbe alatti területek idősorát (T_{gad10}) és meghatározzuk ezen regresszióval előállított idősorok átlagos relatív hibáját. A %-ban kifejezett relatív hibát a következő összefüggés adja:

$$E_r = \frac{100 | T_{ga} - T_{gad10} |}{T_{ga}} \quad (4)$$

A 4. táblázatban megadjuk a becült értékek (T_{gad10}) és a relatív hiba legfontosabb statisztikai jellemzőit a hat szignifikáns regresszióval rendelkező állomáson.

A modellezett idősorok átlagai természetesen megegyeznek az eredeti idősor átlagaival, azonban a változékonyságot jelző paraméterek (szórás, variációs együttható, ingás) lényegesen kisebbek, átlagosan fele akkorák, mint az eredeti idősor esetében, azaz modellünk tompítja a szélsőségeket. Az előbbi paraméterek csökkenő sorrendjében viszont határozottabb orográfiai elkülönülés látszik: mindhárom esetében Kékestető, Szombathely és Pécs szerepel az első három helyen (nagy szélenergiájú, nem típusosan síkvidéki helyek), majd a síkvidéki állomások következnek. Mivel ehhez hasonló sorrendet az eredeti idősorunknál is sikerült kimutatni a variációs együttható esetében, levonhatjuk azt a következtetést, hogy az átlagos fajlagos szélteljesítmény változékonysága a viszonylag homogén orográfiai környezetben kisebb.

4. táblázat. A görbe alatti terület modellezett értékeinek és a modell relatív hibájának statisztikai jellemzői.

		átlag	szórás	var. együtth.	max.	min.	ingás
Szombathely	T_{gad10}	3255,2	1201,5	0,37	6436,7	485,2	5951,5
	E_r (%)	42,2	39,6	0,94	172,2	0,9	171,3
Keszthely	T_{gad10}	783,4	73,3	0,09	1002,1	668,6	333,5
	E_r (%)	82,3	92,8	1,13	675,6	2,4	673,2
Pécs	T_{gad10}	1612,1	573,2	0,36	3292,9	241,5	3051,4
	E_r (%)	39,6	37,6	0,95	177,4	0,1	177,3
Budapest	T_{gad10}	934,0	221,7	0,24	1500,3	509,8	990,4
	E_r (%)	35,0	32,2	0,92	178,6	0,7	178,0
Szeged	T_{gad10}	1792,5	452,4	0,25	2963,0	806,4	2156,7
	E_r (%)	37,7	31,7	0,84	167,7	0,6	167,1
Debrecen	T_{gad10}	1252,1	367,3	0,29	2173,4	609,6	1563,9
	E_r (%)	34,6	31,9	0,92	170,6	0,0	170,6
Kékestető	T_{gad10}	3773,5	1429,1	0,38	6417,5	226,6	6190,9
	E_r (%)	30,5	28,1	0,92	134,6	0,2	134,4

A relatív hiba átlaga és szórása Szombathelyen a legnagyobb (42,2 és 39,6%) és Kékestetőn a legkisebb (30,5 és 28,1%), utóbbit a három síkvidéki állomás előzi meg. Levonható tehát az a következtetés, hogy a síkvidéki állomásokon és a bizonyos értelemben hasonlóan szabad horizonttal rendelkező hegyvidéki állomáson az LCRM($T_{ga},d10$) modell jobb közelítést ad a fajlagos szélteljesítmény havi átlagos értékeire.

6. Következtetések

Legfontosabb eredményeink a következők: Kékestető kivételével a szokásos 0,05 szignifikancia szinten a szeles napok havi számának empirikus eloszlása a gamma-eloszlással jól közelíthető. Kékestetőn a Poisson-eloszlás bizonyult ilyennek. A havi átlagos fajlagos szélteljesítmény a szóbjárehető állomások közül Kékestetőn a legérzékenyebb, Budapesten pedig a legkevésbé érzékeny a szeles napok havi számának változására. Az átlagos fajlagos

szélteljesítmény időbeli változékonysága a viszonylag homogén orográfiai környezetben kisebb. A síkvidéki állomásokon és a bizonyos értelemben hasonlóan szabad horizonttal rendelkező hegyvidéki állomáson regressziós modell jobb közelítést ad a fajlagos szélteljesítmény havi átlagos értékeire.

A modell lehetséges extrapolációjával a havonkénti szeles napok megfigyelt vagy feltételezett értékéből utólag megbecsülhető vagy előrejelezhető a múlt vagy a következő hónap átlagos szélteljesítménye egy adott helyen. Ennek eredményeiről más helyen rövidesen be fogunk számolni.

Azt, hogy érdemes az ilyenfajta kutatásokat tovább folytatni Oláh György Nobel-díjas kémikus gondolatai is alátámasztják: „A nagy és az egész világon rendelkezésre álló források alapján, a költségeket, a technológia érettségét és a viszonylag korlátozott környezeti hatásokat tekintve kimondható, hogy reményteljes jövő előtt áll a szél energiájának hasznosítása a villamosenergia-szükséglet egyre növekvő hányadának előállítására azokban az országokban, amelyek hajlandók a beruházásokat vállalni.” (OLÁH GY. et al. 2007).

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Meteorológiai Szolgálatnak a kutatásaikhoz szükséges szélsőérték adatok biztosításáért.

Irodalom

- DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. (1988) Matematika statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest, 443p.
- MATYASOVSKY I. (2002) Statisztikus klimatológia. Idősorok elemzése. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest
- OLÁH GY. – GOEPPERT, A. – SURYA PRAKASH, G. K. (2007) Kőolaj és földgáz után: a metanolgazdaság. Better Kiadó, Budapest
- PÉNZES J. – TÓTH T. – BAROS Z. – BOROS G. (2005) A megújuló energiaforrások társadalmi támogatottsága a Cserehát területén. A megújuló energiák kutatása és hasznosítása az Európai Unió újonnan csatlakozott országaiban. A Magyar Szélerenergia Társaság Kiadványai, No. 3. pp. 19–26.
- PRÉCSÉNYI I. – BARTA Z. – KARSAI I. – SZÉKELY T. (2000) Alapvető kutatástervezési, statisztikai és projektértékelési módszerek a szupraindividuális biológiában. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen
- RÓZSAVÖLGYI K. (2007a) A KMPAM modell szélmező modellezési almodulja. Kedvező széllel Kunhegyestől Debrecenig. Tiszteletkötet Dr. Tar Károly 60. születésnapjára, pp. 243–249.
- RÓZSAVÖLGYI, K. (2007b) A newly developed model for the spatial allocation of wind energy utilization. Acta Climatologica et Chorologica, Tom. 40–41, pp. 101–109.
- SCHÖNWIESTE, C.-D. (2000) Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler.
- SZABÓ, G. (2004) Surveying the accuracy of the GPS system using different sample areas – In: Anthropogenic aspects of landscape transformations-3. ISBN 963 472 8251. University of Debrecen, pp.71–80.
- TAR K. (1991) Magyarország szélklimájának komplex statisztikai elemzése. Az Országos Meteorológiai Szolgálat kisebb kiadványai, 67, 124p.
- TAR K. (2004) Becslési módszerek a magyarországi szélerenergia potenciál meghatározására. Magyar Energetika, XII. 4. pp. 37–48.
- TAR K. (2006a) A szeles napok statisztikai szerkezete Magyarországon. Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére. Szeged, pp. 687–696.
- TAR K. (2006b) A szeles napok statisztikai szerkezetének kapcsolata az időjárási helyzetekkel. Földrajzi tanulmányok dr. Lóki József tiszteletére. Debrecen, pp. 210–221.
- TAR K. (2007a) Módszerek a magyarországi szélerenergia potenciál becslésére. Dissertationes Savarienses, 44, Societas Scientiarum Savariensis, Savaria University Press, Szombathely
- TAR, K. (2007b): Diurnal course of potential wind power with respect to the synoptic situation. Időjárás, 111 (4) pp. 261–279.
- TAR, K. (2008): Energetic characterization of near surface windfield in Hungary. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, pp. 250–264. DOI: 10.1016/j.rser.2006.05.007

- TAR K. – HUNYÁR M. – TÓTH P. (2006) Magyarország szélenergia potenciálja. Magyarország megújuló energetikai potenciálja. MTA Energetikai Bizottság Megújuló Energia Albizottság, pp. 72–110.
- TAR K. – KIRCSI A. (2001) Módszer a napi átlagos fajlagos szélteljesítmény meghatározására. A légköri erőforrások hasznosításának meteorológiai alapjai. Meteorológiai Tudományos Napok, 2001, pp. 129–137.
- TAR, K. – PUSKÁS, J. – KÁROSSY, Cs. (2007) Statistical structure of windy days in Hungary with respect to climate change. ECSS 2007: 4th European Conference on Severe Storms, Abstracts, Miramare-Triest-Italy
- TAR, K. – PUSKÁS, J. – KÁROSSY, Cs. (2008) Statistical structure of windy days in Hungary with respect to climate change. Atmospheric Research (in print)
- TAR, K. – KIRCSI, A. – VÁGVÖLGYI, S. (2002) Temporal changes of wind energy in connection with the climatic change. Proceedings of the Global Windpower Conference and Exhibition, Paris, France, 2–5 April, CD-ROM
- YULE, G. U. – KENDALL, M. G. (1964) Bevezetés a statisztika elméletébe. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 699p.
- ZENTAL, L. (1996) Relief of the Carpathian Basin (<http://lazarus.elte.hu/hun/maps/karpat.htm>)
- OMSz – Havi jelentések, 1971–2000