

Terítéken a tudomány

Természettudományt
mindenkinek!



MD-könyvek

Ungvár - 2021

Főszerkesztő:

Fazekas Andrea

Szerkesztő:

Kosztur András

Linc Annamária



A kötet a Magyar Tudományos Akadémia
Domus intézményi konferencia- és kiadvány-támogatása
révén valósult meg.

Випуск видання здійснений завдяки
підтримці Академії наук Угорщини.

Dr. Hadnagy István

*Kutatás helyszíne: II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola,
Biológia és Kémia Tanszék; Debreceni Egyetem, Természettudományi és
Technológiai Kar, Meteorológiai Tanszék*

Hasznosítható-e a szélenergia Kárpátalján a felszín közeli szélmező energetikai tulajdonságai alapján?

Bemutkozás és a kutatás előzményei

Kárpátalján, Makkosjánosiban születtem, a helyi középiskola befejezése után felvételt nyertem földrajz szakra a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskolán. Mindig is nagy érdeklődéssel voltam a természettudományok iránt, a főiskolán töltött évek alatt még jobban megszerettem, különösen a hidrológia, a meteorológia és a klimatológia szakterületét. Földrajz irányvonalon a Ternopili Nemzeti Pedagógiai Egyetemen folytattam tanulmányaimat. Később ismét a beregszászi főiskola hallgatója és végzőse lettem biológia szakon. A földrajzi és biológiai tanulmányaim során a Kárpátalja-alföld felszíni és felszín alatti vizeinek minőségének vizsgálatával foglalkoztam, különösen az antropogén eredetű nitrát-ion szennyezés térképezésével. A doktori képzést ugyan a földtudományok terén választottam, bár akkor is és most is igyekeztem, a szívemhez közel álló két tudományterület – a földrajz és a biológia – érintkezési területén, főként a környezetvédelem, természetvédelem, tájvédelem és természetesen az éghajlat haza táján tovább kutatni és fejlődni. Emiatt is döntöttem a Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskolájának tájvédelem és éghajlat doktori programja mellett. Témavezetőmnek pedig felkértem a Földtudományi Intézet vezetőjét, dr. habil. Tar Károlyt, aki abban az időben a Meteorológia Tanszéken a légköri megújuló energiaforrások, a szél- és napenergia, valamint az energetikai célú biomassza hasznosításának éghajlati és társadalmi-gazdasági kérdéseivel foglalkozott. Nagyon örültem,

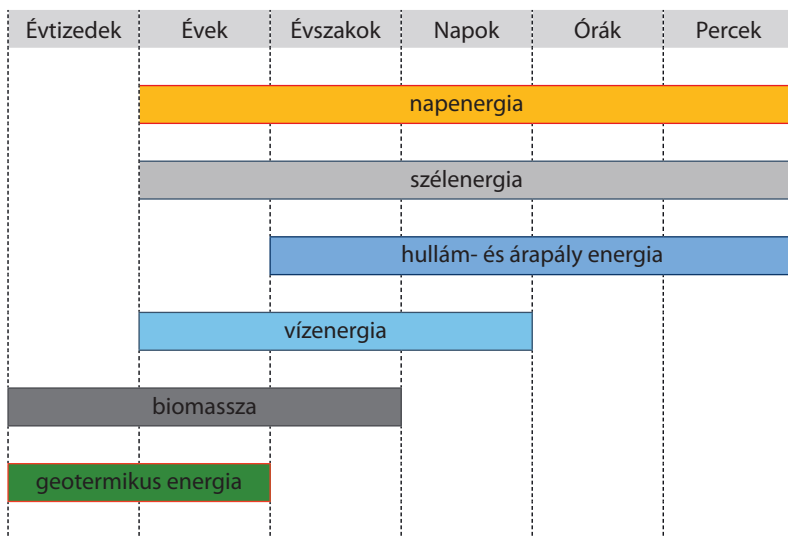
hogy készségesen fogadott és általa bekapcsolódhattam a tanszéken folyó munkába. Az akkor mintegy 60 éves Debreceni Meteorológiai Tanszék egyik fő kutatási irányvonalának elsődleges célja a szélklímával, a szélenergiával kapcsolatos olyan statisztikai módszerek, modellek kidolgozása volt, amelyek növelik a szélenergia felhasználásának hatékonyságát. A legtöbb ott született tanulmány (ezt részletesen összefoglalta: *Tar et al., 2016*) a magyarországi szélenergia hasznosítás klimatológiai aspektusait érinti, elemezve általában a szél irányának, sebességének és energiájának statisztikai tulajdonságait és a köztük lévő kapcsolatot. Később ez kibővült nagytérségű vizsgálatokkal és a térbeli, szélmező modellek bevonásával, vizsgálva a hasznosítás fontos társadalmi tényezőit is. A megújuló energiaforrások és azon belül a nap- és szélenergia kutatásának irányvonala, bár az addigi vízminőség-kutatás terén végzett munkámtól kissé eltért, de felkeltette az érdeklődésemet, főként a szélmező statisztikai és térinformatikai elemzésének kérdésköre. Végeredményben megszületett és megvédtem: *A felszín közeli szélmező energetikai jellemzése* című doktori értekezésemet.

A megújuló energiaforrások sajátosságai és a szélenergia

A megújuló energiaforrás megnevezés olyan elsődleges energiahordozókat (közeget, anyagot vagy természeti jelenséget) takar, amelynek hasznosítása közben a forrás nem csökken, hanem újratermelődik, megújul, vagy hosszútávon lehetőség van egy adott területről ugyanolyan jellegű energiát ugyanolyan mennyiségben kinyerni (*Sembery, Tóth, 2004*). Főbb típusai a következők: a Napból származó napenergia, amelynek közvetett felhasználása közé tartozik a bioenergia, a vízenergia, a szélenergia és a hullámenergia, továbbá a Föld belső hőjéből származó geotermikus energia, illetve a Nap és a Hold gravitációs ereje révén előidézett árapály-energia. A megújuló energia előnye a fosszilis energiaforrásokkal szemben, hogy nem fenyeget a készletek kimerülésének veszélye, mivel a források hosszabb-rövidebb ciklus alatt képesek újratermelődni. A megújuló energiafelhasználás önmagában nem jelenti a teljes emissziómentes és környezetbarát működést. Alkalmazásuk, a természetes környezetbe való beavatkozás, az élőhelyek zavarása (hidrológiai viszonyok megváltoztatása, nagy területek leárnyékolása, vonulási útvonalak

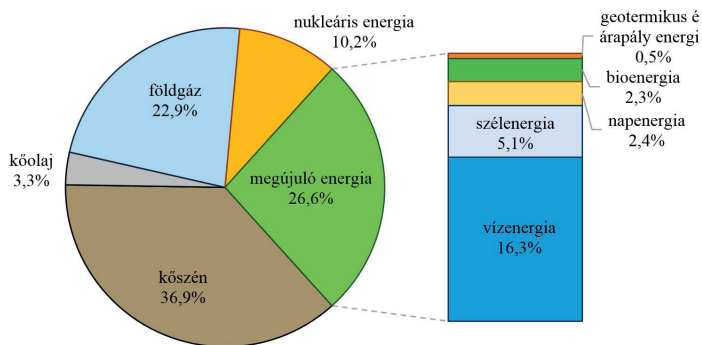
Hasznosítható-e a szélenergia Kárpátalján a felszín közeli szélmező energetikai tulajdonságai alapján?

akadályozása, zajterhelés, talajtakaró bolygatása), a tájesztétikai vonatkozások és a termelő egységek telepítési és karbantartási technológiai és logisztikai háttérének biztosítása tekintetében számos környezeti problémakört vet fel. Mindezek mellett a megújuló energiaforrások környezetszennyező hatása a fosszilis és magfúziós energiahordozókhoz képest lényegesen kisebb (Spellman, 2014). A fosszilis energiaforrások égetéséből üvegházhatású gázok (pl. szén-dioxid, dinitrogén-oxid, metán) és más légszennyező anyagok (pl. savas ülepedést okozó kén-dioxid) keletkeznek. Az éghajlatváltozás fő felelősei az energiatermelés és a közlekedés, együttesen az antropogén üvegházhatású gáz kibocsátás 39%-át adják (IPCC, 2014). Összehasonlítás képen: a fosszilis források vagy az atomenergia alkalmazásával 10-50-szer annyi üvegházhatású gázt bocsátunk ki egységnyi energia előállításakor, mint a megújuló energiákkal (WEC, 2018). A megújuló energiák hátránya a rendelkezésre állásuk térbeli és időbeli változékonyságában rejlik (1. ábra), ami az őket létrehozó természeti folyamatok ritmusának függvénye (IEA, 2005).



1. ábra: **A megújuló energiaforrások természetes ciklusainak időskálája** (IEA, 2005)

A világ számos országában az ingyen rendelkezésre álló szélerő-potenciál hasznosításának növelése elsődleges prioritást élvez, hiszen a napjainkra igen időszerűvé vált klímaváltozás elleni küzdelemben tett vállalásaik teljesítésének egyik eszközeként tekintenek a szélenergiára. A világ összes primer energiatermeléséből (2. ábra) a megújuló energiaforrások 26,3%-kal részesednek, ezen belül a szélenergia 5,1%-kal rendelkezik.



2. ábra: **Az összes primer energiatermelés megoszlása (%-ban) energiaforrások szerint 2018-ban** (IEA, IRENA, 2019 adatai alapján)

Csak a megújuló energiaforrásokat figyelembe véve a vízenergia után a szélenergia a második helyen van, részaránya a megújulók között 19,2%. A szélenergia, különösen az offshore alkalmazásai révén még hatalmas lehetőségeket rejt. A *GWEC* (2019) jelentése alapján a világszerte telepített teljes szélerőmű kapacitás 96%-a (568,4 GW) volt onshore (szárazföldi) és 4%-a (23,1 GW) offshore (tengeri). Európai viszonylatban ez az arány 90% (171,4 GW) és 10% (18,3 GW) volt 2018-ban. A legnagyobb szélerőmű offshore kapacitással rendelkező országok a világon: Egyesült Királyság 7,9 GW-al (a teljes offshore kapacitás 34%-a), Németország 6,4 GW (28%), Kína 4,6 GW (20%) és más országok összesen 4,2 GW (18%).

Az Európai Unióban a megújuló energiafelhasználás között a szélenergia (*EWEA*, 2019) első helyen áll (11,0%), a második helyen a vízenergia (10,0%), ezt követi a bioenergia (6,4%), a napenergia (3,5%), végül a geotermikus energia és egyéb (hullám-, árapály-) megújuló energiaforrások felhasználása (0,5%). Ukrajnában a megújuló energiaforrásokból termelt energia az

Hasznosítható-e a szélenergia Kárpátalján a felszín közeli szélmező energetikai tulajdonságai alapján?

energiafogyasztás 9,3%-át elégíti ki, ebből a szélenergia 0,9%-al részesedik (UWEA, 2019). Az ország a 38. a világ nemzetei között a szélenergiát előállító országok ranglistáján (GWEC, 2019), európai viszonylatban a 21. helyen áll (EWEA, 2019).

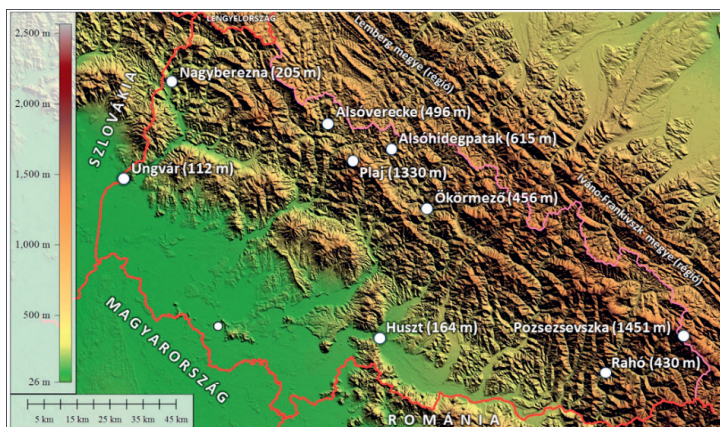
A szélenergia jövőbeli fejlődéséhez szükség van a szél energiájának térbeli és időbeli eloszlásának, a felszín közeli szélmező azon tulajdonságainak ismeretére, amelyek a szélerőművek villamosenergia-rendszerbe történő illesztését segíthetik anélkül, hogy a folyamatos ellátást veszélyeztetnék.

A kárpátaljai felszín közeli szélmező energetikai jellemzői

Ukrajna megújuló és nem hagyományos energiaforrásai energetikai potenciáljának atlaszában (Kudrya et al., 2001) vagy az ország 2030-ig tartó időszakra vonatkozó *Energetikai Stratégiájában* (2013) a szélenergia felhasználás és kapacitás bővítés tekintetében, a tengerparti területek mellett, a hegyvidéki zónákra kerül a fő hangsúly, elsősorban a Kárpátok régiójára. Annak ellenére, hogy Ukrajnában a szélenergia ipar intenzíven fejlődik (UWEA, 2019), Kárpátalján napjainkban még egyetlen ipari szélpark sem működik.

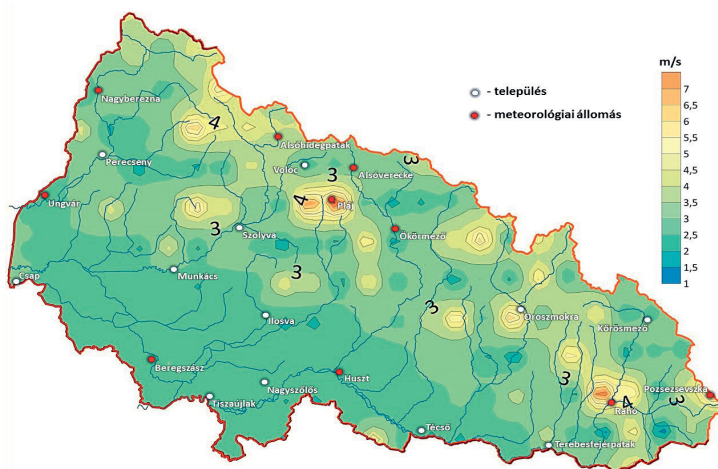
Ahhoz, hogy megkapjuk a címben feltett kérdésre a választ, el kellett végezni a kárpátaljai felszín közeli szélmező vizsgálatát, amely során számos olyan ismeretehoz és széllégkör jellemzőhöz jutottunk, amelyek a helyi szélenergia felhasználás tervezését, a szélerőművek telepítési helyszíneinek kiválasztását és a szélerőművek villamosenergia-rendszerbe történő illesztését segíthetik anélkül, hogy a folyamatos ellátást veszélyeztetnék. Az elért eredmények további szélenergetikai vizsgálatok alapját képezhetik.

A kutatáshoz 9 meteorológiai mérőállomás 3 óránként regisztrált szélsősebesség és szélirány adatsorait használtuk fel. Az állomások különböző orográfiai környezetben és tengerszint feletti magasságon helyezkednek el (3. ábra), ez egyben nehezítette az elemzést, azonban így jobban kirajzolódtak a területre jellemző szélsőségek. Az átlagos szélsősebesség területi eloszlásának bemutatására felhasználtuk a CarpatClim (OMSZ, 2017) digitális éghajlati adatbázist is (4. ábra).



3. ábra: Az adatbázist alkotó meteorológiai megfigyelőállomások földrajzi elhelyezkedése és tengerszint feletti magassága

A klimatológiai szél-adatsor statisztikai vizsgálata során megállapítottuk, hogy az átlagos szélesség a teljes időszakra vonatkozóan 0,8 m/s (Huszt) és 4,9 m/s (Pláj) között változik. A szélességek variációs együtthatója alapján a legkevésbé változó széljárású Ungvár és Pláj. A napi átlagsebességek módusza a Plájon kívül (2,1 m/s) sehol sem éri el a 2,0 m/s-ot. Az átlagos szélesség térbeli eloszlásában a felszín inhomogenitása, főleg a domborzat áramlásmódosító hatása erősen megnyilvánul. A napi átlagsebességek éves menetében a két alföldi (Ungvár és Huszt) és három folyóvölgyi mérőponton (Nagyberezna, Rahó és Ökörmező) tavaszi szélmaximum, míg további két folyóvölgyi (Alsóverecke és Alsóhidegpatak) és a két hegységi állomáson (Pláj és Pozsezszevszka) téli szélmaximum jelentkezik. Kárpátalján átlagban évente 86 szeles nap fordul elő, amikor a szél legerősebb lökésének sebessége eléri, vagy meghaladja a 10 m/s-t, ezek közül 15 nap viharos, ennyi alkalommal nagyobb a szélhőkés 15 m/s-nál is. Ennek ismerete igen fontos a szélturbinák üzembiztonsága szempontjából.



4. ábra: Az átlagos szélesség területi eloszlása Kárpátalján a CarpatClim éghajlati adatbázis alapján 1961–2010 között (IDW IDP=2 interpolációs módszerrel)

A szélesség napi meneteiben a minimum (éjjel, Plájon nappal) és maximum (nappal, a Plájon éjszaka) szélesség értékek közötti különbség nyáron a legnagyobb, tavasszal és ősszel kisebb és télen a legkisebb. Ezért tehát főleg télen és ősszel elég nagy biztonsággal számíthatunk arra, hogy a szélesség és ezzel együtt a szélenergia napon belüli változása is az irányítás számára kedvezőbb módon, azaz egyenletesebben jelentkezik. Júliusban sokkal nagyobb a nappal és éjjel mért szélesség értékek közötti különbség, mint januárban, ez a hőmérséklettel való szoros kapcsolatot jelzi.

A szél energetikai felhasználása szempontjából lényeges tudni azt, hogy az egyes szélességek – főleg azok, amelyek energiatermelésre alkalmasak – milyen gyakorisággal fordulnak elő. A kitermelhető energia becslése, előrejelzése, illetve számos statisztikai és energetikai mutató előállítás szempontjából pedig szükséges elvégezni a szélmegfigyelések empirikus gyakorisági eloszlásának „közelítését” is a megfelelően megválasztott elméleti eloszlással, eloszlásokkal. Eredményeink azt mutatták, hogy a kilencből nyolc kárpátaljai mérőponton a napi átlagos szélességek empirikus gyakorisági eloszlása leírható a Weibull-eloszlással. Az eloszlás paramétereinek meghatározására alkalmazott módszerek közül a „legmegfelelőbb” a

momentum-becslésre vezethető vissza, amelyhez ismernünk kell a szélesebbesség átlagát, szórását és a gamma-függvény tulajdonságait. A Weibull-eloszlás a teljes időszakra, az orográfiai környezettől függetlenül, Husztot kivéve mindenhol, a χ^2 -próba alapján 10%, 5% és 1% szignifikancia szinten elfogadható illeszkedést adott. Az eloszlás c paraméterének évszakos értékei a mérőpontokon követik a szélesebbesség átlagértékeit. A skálaparaméter és az állomások tengerszint feletti magassága között 5%-os szignifikancia szinten lineáris kapcsolat van ($r=0,84$). A skálaparaméter összvariációjának 70%-a a tengerszint feletti magassággal való lineáris kapcsolattal magyarázható. Mindez azért fontos, mert a gyakorlatban nem elég csak a szélmérséklet magasságában, azaz felszínhez közel ismernünk a szélszélviszonyokat, hanem a különböző típusú szélturbinák tengely- illetve rotormagasságában is, ami napjainkban a 100 m-t is meghaladja. Így a Weibull-eloszlás k és c paramétereinek segítségével előállítottuk a szélesebbesség gyakorisági eloszlását $z=20, 40, 60, 80$ és 100 m-en is. A vizsgálat közben bebizonyosodott a Weibull-eloszlás egyik paramétere (n) és a Hellmann-féle kitevő (α) közötti kapcsolat. Ez igen hasznos eredmény, hiszen a Hellmann-féle kitevőt a vertikális szélprofilok előállítására használják és a meghatározásához legalább két magassági szintben kell szélesebbességet mérni és ezt gyakran még a meteorológiai állomásokon sem végzik, de általunk sikerült az α -kitevőt közelíteni az eloszlásvizsgálat során nyert egyik paraméterrel, ez azonban további vizsgálatra szorul. Az α ugyanis a felszíni érdesség és számos légköri tényező függvénye, míg az n csak a mérési szint skálafaktorának és magasságának.

Bebizonyosodott, hogy a szélesebbesség a magassággal együtt növekszik, így 100 m-en területileg $2,2$ m/s (Huszt) és $7,7$ m/s (Pláj) között változik. Az összes állomást együttvéve Kárpátalja területén az átlagos szélesebbesség a felszíntől 100 m-en eléri a $4,0$ m/s-ot. Kárpátaljai viszonylatban a szélenergia felhasználásra, a módusz tekintetében is kedvező telephelynek bizonyul Ungvár és Pláj, ahol a legvalószínűbb szélesebbesség 100 m-en eléri a $3,6$ m/s-ot, illetve a $6,4$ m/s-ot. A másik hegységi állomás, a Pozsepszevszka is viszonylag magas átlagos szélesebbességgel (100 m-en $5,9$ m/s) rendelkezik, azonban a magas variációs együttható (100 m-en $0,7$) és az alacsony módusz (100 m-en $2,8$ m/s) miatt a szélturbinák folyamatos, kiegyenlített működése

nem lehetséges. A legnagyobb energiát hordozó szélesebesség (v_{maxE}) tekintetében a vártnak megfelelően minden magassági szinten Huszton kaptuk a legalacsonyabb értékeket (20 m-en 1,6 m/s, 100 m-en 2,9 m/s) és Pozsezevszán a legmagasabbakat (20 m-en 9,6 m/s, 100 m-en 12,0 m/s). Az összes állomás közül a Pozsezevszán jelentkeznek a legerősebb és egyben a legnagyobb energiát hordozó szelek, de ezek időbeli eloszlása nem egyenletes.

A szélenergia hasznosítás és tervezés szempontjából az adott földrajzi helyen fontos ismernünk az energetikailag hasznosítható szélesebességek ($3 \leq v < 25$ m/s) időtartamát. Ennek legmagasabb értékei a két hegységi állomáson, a Plájon és a Pozsezevszán jelentkeznek. A Plájon 10 m-en átlagosan az év 62,7%-ban (100 m-en 90%-ban) üzemelne egy 3 m/s-os indító sebességgel és 25 m/s-os legnagyobb megengedett szélesebességgel definiálható szélturbina. Ungváron, az alföldi részen ez az érték csupán 20% körül van (100 m-en 68,6%). A folyóvölgyi állomásokon pedig 6,8% (34,0%) Ökörmező és 30,2% (58,7%) Alsóverecke között változik. Az alföldi és folyóvölgyi állomásokon az átlagos folyamatos üzemidő 10 óra alatt van, míg a hegységeken átlagosan 10 óra felett. Ennek variációs együtthatója az összes állomáson magas értékeket mutat. A legváltozékonyabb e tekintetben Pozsezevszka (1,54), Pláj (1,40) és Alsóverecke (1,23). A maximum üzemóraszám a két hegységi állomáson elérheti a 250 órát, ez több mint 10 nap folyamatos generátorműködést jelent. A folyamatos üzemidőtartamok maximumainak bekövetkezése az alföld és folyóvölgyek állomásain átlagosan tavaszra vagy a tél végére esnek, míg a hegységeken az ősz végére és télre.

A kárpátaljai szélenergia felhasználás szempontjából további gyakorlati jelentőséggel bíró eredményeink között említhetjük, hogy a Weibull-eloszlás k és c paraméterének ismeretében a gamma-függvény ($\Gamma(x)$) segítségével meghatároztuk a mérőpontokon az év és az egyes hónapok átlagos fajlagos szélteljesítményét és mindezt elvégeztük a $z = 20, 40, 60, 80, 100$ m-es szintekre is. Kárpátalján a fajlagos szélteljesítmény 100 m-en $9,3 \text{ W/m}^2$ (Huszt) és $506,8 \text{ W/m}^2$ (Pláj) között változik, ami igen nagy különbségnek mondható. Az alföld és a folyóvölgyek állomásaira a jellemző átlagos mennyiségek még 100 m-en is csupán $30\text{-}70 \text{ W/m}^2$ körül vannak, melyek viszonylag nagyon alacsonyak. Az állomások közül a fajlagos szélteljesítmény alapján ki kell

emelnünk Ungvárt (100 m-en $76,0 \text{ W/m}^2$), Pozsezevszkat (368,7 W/m^2) és Plájt (506,8 W/m^2), ahol ebben a magasságban, kárpátaljai viszonylatban, a legkedvezőbbek az energiahasznosítás feltételei. Az alföldi és folyó völgyi állomásokon a 10 és 100 m-es magasságban a téli és a tavaszi hónapokra jut a legnagyobb és nyár végére a legkisebb fajlagos szélteljesítmény. Megállapítottuk, hogy az alföldön kb. $7-8 \text{ W/m}^2/10 \text{ m-es}$, a szűk völgyekben $3-5 \text{ W/m}^2/10 \text{ m-es}$, a hegygerinceken $30-35 \text{ W/m}^2/10 \text{ m-es}$ növekedés jelentkezik a fajlagos szélteljesítményben.

Elvégeztük a havi átlagos fajlagos szélteljesítmény becslését közelítő függvény alapján, amelyet a szélesebbség köbök mérési időpontenkénti (3 órás terminus idő) átlagainak napi menetére illesztettünk. Megvizsgáltuk a szélesebbség napi menetében az egynapos ($A_{\sqrt{E}}$) és a félnapos ($A_{\sqrt{E}}$) hullám realitásának arányait a $p=0,17$ és $p=0,05$ szignifikancia szinten. A 9 állomást együtt kezelve megállapítható, hogy az egynapos hullám realitása főként a tavasz elejétől az ősz elejéig érvényesül legjobban, ősszel és télen a véletlenszerűsége növekszik. A szélesebbség köbök 3 órás átlagára havonként illesztett trigonometrikus polinom félnapos periódusú hulláma tehát leginkább a késő tavaszi és nyári hónapokban mutat véletlenszerűséget a $0,17$ szignifikancia szinten, a téli, kora tavaszi és őszi hónapokban realitásának gyakorisága megnövekszik. Ezekben az utóbbi hónapokban tehát számítani kell a szélenergia napon belüli markáns változásaira: két minimális és két maximális értékre.

A szélklimatológiai, szélenergetikai vizsgálatok egy szintén fontos szegmense a szélirányokra vonatkozó jellemzők és összefüggések feltárása. Általánosan elmondható, hogy az állomások empirikus szélirányeloszlásai erősen tükrözik az orográfiai viszonyokat, különösen a szűk folyó völgyekben. A jellemző irányok száma állomásonként 1 és 5 között mozog, az összes gyakoriságuk pedig $34,4\%$ (Pláj) és $85,0\%$ (Alsóhidegpatak) között. Az alföldi állomásokon és egy-egy szélesebb folyó völgyben egyenletesebb eloszlást és több jellemző szélirányt láthatunk (3-5 között). A magasabb tengerszint feletti területeken, a felszínbe mélyen bevágódó folyó völgyek állomásain viszont legfeljebb 1-3 meridionális jellemző irányt találunk. Az 1000 m feletti légrétegben elhelyezkedő két hegységi mérőpontban a DNY-i irány rendelkezik a legnagyobb átlagsebességgel, átlagosan $6,0 \text{ m/s}$ -al. Az

alföldön és a hegyvidéki folyó völgyekben pedig az ÉNY, É és ÉK irányok a legszelesebbek, mintegy 2,5 m/s átlagsebességgel. A hegységi állomások jellemző szélirányainak átlagsebessége átlagosan 2,5-szer nagyobbak, mint az alföldi és folyóvölgyi állomásoké, a nem jellemző irányok esetében pedig ez az arány 2,0.

A jellemző szélirányok összes relatív energiatartalma éves viszonylatban 47,4% (Pláj) és 94,6% (Rahó) között változik. Egy jellemző szélirány éves szinten átlagosan 8,0-szor több energiát szállít, mint egy nem jellemző irány, bár ennek értéke az állomások között erősen változik. A szélirányok gyakorisága és sebessége, illetve relatív energiatartalma közötti kapcsolatot lineáris korrelációval és regresszióval vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a szélirányok energiatartalmát nem a sebesség, hanem az előfordulás gyakorisága határozza meg elsősorban.

Összefoglalás

Tehát, hasznosítható-e a szélenergia Kárpátalján? Igen, de e téren főleg a hegyvidéki régióra lehet támaszkodni. Főként a Havasi-vonulat (Róna-, Borzsa-, Kuk-, Kraszna-havas) gerincein akár a hálózatra termelő ipari szélerőművek működésére is van reális esély az ottani szélmező tulajdonságai révén. A hálózatra termelő egységek mellett a kis- és közepes szigetüzemű rendszerek kiépítése is perspektivikus lenne, főleg a hegyvidék azon részein, ahol központilag nincs kiépített elektromos és telekommunikációs hálózat, így a mindennapi életben csak az ilyen alternatív energiaforrások jelentik az esélyt többek között a külvilággal történő kommunikáció vagy egészségügyi ellátás kérésének módjára.

Kárpátalja alföldi részén viszont még a széklíma szempontjából „legmegfelelőbb” területeken (pl. az Ungi-sík) sem lenne célszerű ipari, több megawattos szélerőművek telepítése, mivel itt, az ezek folyamatos, kiegyensúlyozott működéséhez nincs elegendő szélesebesség és szélerő.

Kárpátalja változatos domborzattal rendelkezik, emiatt belátható az is, hogy az ún. alapáramlás sebességét és valószínűleg irányát az orográfia igen nagymértékben módosít(hat)ja. A klimatológiailag optimálisnak mutakozó helyeken is elengedhetetlen a kifejezetten energetikai célú helyszíni

szélmérés a szélerőmű telepítése előtt, hiszen akár kis területen belül is rövid idő alatt változhat meg a szélenergia mennyisége és járása, amely a szélerőművek villamosenergia-rendszerbe történő illesztését és a folyamatos ellátást veszélyeztethetik.

Felhasznált szakirodalom jegyzéke

- EWEA (European Wind Energy Association) (2019): Wind energy in Europe in 2018. Trend and Statistic (February 2019). 26 p. URL: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf>
- GWEC (Global Wind Energy Council) (2019): Global Wind Report 2018 (Brussels: April 2019). 61 p. URL: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>
- IEA (International Energy Agency) 2005: Variability of Wind Power and others Renewables: Management Options and Strategies. IEA/OECD, Paris, 57 p. URL: <http://www.iea.org/textbase/papers/2005/variability.pdf>
- IEA (International Energy Agency) 2019: Electricity Statistics. <https://www.iea.org/statistics/electricity/>
- IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-31.
- IRENA 2019: Renewable Energy Statistics 2019. The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 398 p. URL: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf
- Kudrya S.O., Yatsenko L.V., Dushyna H.P., Shynkarenko L.Ya., Dovha V.T., Vasko P.F., Bryl A.O., Shurchkov A.V., Zabarnyi H.M., Zhovmir M.M., Vikharyev Yu.A. 2001: *Atlas of Energy Potential of Renewable and Unconventional Energy Sources in Ukraine: Wind Energy* [Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України: Енергія вітру]. НАНУ, Інститут електродинаміки. Київ, 42 с.
- OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) 2017: CarpatClim - A Kárpát-régió éghajlata. URL: http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/carpatclim/bevezeto/
- Sembery P., Tóth L. (szerk.) 2004: *Hagyományos és megújuló energiák*. Szaktudás Kiadó

Ház, Budapest, 530 p.

Spellman F.R. 2014: *Environmental impacts of renewable energy*. CRC Press, 490 p.

Tar K., Bíróné Kircsi A., Tóth T.: A szélenergia kutatása a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszékén (1980-2014). *Légkör*, 61 (2), pp. 48-63.

Ukrajna Energetikai Stratégiája [Енергетична стратегія України] 2013: Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013, № 1071, 166 с. <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>

UWEA (Ukrainian Wind Energy Association, Українська вітроенергетична асоціація, УВЕА), 2019: Вітроенергетичний сектор України – 2018 [Ukrainian wind power sector – 2018]. (February 2019), 76 p. URL: <http://www.uwea.com.ua/>

WEC (World Energy Council) 2018: World energy. Issues Monitor 2018, 128 p. URL: www.worldenergy.org/assets/downloads/Issues-Monitor-2018-HQ-Final.pdf

Tartalomjegyzék

Dr. Hadnagy István: Hasznosítható-e a szélenergia Kárpátalján a felszín közeli szélmező energetikai tulajdonságai alapján?.....	7
Dr. Himics László: Gyémánt: csillogó drágakő a jövő technológiáiban, avagy egy kristály élete az ékszeriparon kívül.....	21
Dr. Jevcsák Szintia: Táplálkozástudománytól az élelmiszerfejlesztésig! Célok, feladatok, kutatási lehetőségek.....	35
Dr. Kolozsvári István: Odonatológiai vizsgálatok a Tisza ukrajnai felső szakaszán.....	47
Szanyi István: Protondiffrakció.....	57
Dr. Vince Tímea: Az ásott kutak vizének nitráatterhelése Kárpátalja alföldi mintaterületein.....	75

Kiadó:

Momentum Doctorandus
90202 Ukrajna, Beregszász, Kossuth tér 6.,
momentum.doktorandus@gmail.com

Видавник:

ГО «Моментум Докторандус», м. Берегове,
пл. Кошута 6, Закарпатська обл., Україна, 90202
momentum.doktorandus@gmail.com

ISBN 978-617-596-345-6

Borítóterv és nyomdai előkészítés:

Kovács Sándor

Nyomdai munkálatok:

Polihrafcentr „Lira” – www.lira-print.com
Надруковано в Поліграфцентрі «Ліра», м. Ужгород,
вул. Митрака 25, Закарпатська обл., Україна, 88000