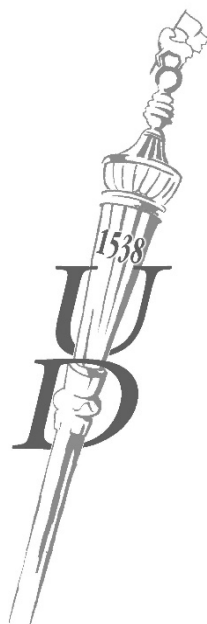


Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

SZÉKELYFÖLD SZÉLKLÍMÁJÁNAK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA

Lázár István

Témavezető: Dr. habil. Tar Károly



DEBRECENI EGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2015

Bevezetés

Napjaink társadalma többek között az alábbi kérdésekre keresi a választ: egyrészt a fosszilis energiahordozók kimerüléséhez közeledve, milyen energiaforrással lesz kielégíthető az egyre inkább fokozódó energiaéhség, a másik, hogy a környezetszennyezést hogyan lehet csökkenteni. A választ a megújuló energiaforrások kiaknázásában találjuk, ugyanis ha nem is tudjuk teljesen kiváltani a fosszilis energiahordozók által képviselt energiamennyiséget, de jelentős mértékben csökkenthetjük az energiamixben lévő arányukat. A megújuló energiaforrások kiaknázásával csökkenthetjük a környezetre gyakorolt nyomást, ami nem csak az üvegházhatású gázok légkörbe kerülésének csökkenését, hanem a központi energiaszolgáltatótól való függetlenedést is elősegíti.

A megújuló energiaforrásokat hasznosító szigetüzemű rendszerek előnye, hogy azokon a potenciállal rendelkező helyeken is üzembe helyezhetők, ahol nincs központilag kiépített elektromos hálózat. Ez a tény számos olyan térség számára lehetőség, ahol az alapvető komfort elérése a cél. A szórt települések, tanyák vagy akár a lakott településektől távol eső házak esetében, ahol nincs vezetékes áram az ilyen energiaforrások jelentik az esélyt arra többek között, hogy a telekommunikációs eszközök használatával orvosi ellátást kérjenek vagy a nagy távolság miatt kommunikálni tudjanak a külvilággal.

Romániában nem létezik megyei szintű energia-stratégia, így a jóval nagyobb fejlesztési régiókra találunk erre vonatkozó dokumentumokat. Így a székelyföldi megyék (Hargita, Maros és Kovászna) energia-stratégiája a Központi Fejlesztési Régió energia stratégiájából rekonstruálható. Ezen dokumentumokban utalást találunk arra vonatkozóan, hogy a fent említett régió nagy (megújuló) energetikai potenciállal rendelkezik. Ezek közül a hegyvidéki zónák jelentős szélenergia potenciáljára kerül a hangsúly, nevesítve azon hegységeket, ahol ez fellelhető: Erdélyi-szigethegység, Fogarasi-havasok, Szebeni-havasok, valamint a mintaterületen fekvő Hargita és Görgényi-havasok.

A fentiekben említett tények ismeretében fogalmazódik meg a kérdés, hogy Székelyföld hol és milyen/mekkora mértékben rendelkezik szélenergia potenciállal? Ahhoz, hogy ezt a kérdést meg tudjuk válaszolni, képet kell kapjunk a terület szélklimájának statisztikai szerkezetéről. Ezen képalkotás az első lépés egy terület szélpotenciáljának felmérése/meghatározása előtt, elő-szelekciót eszközölve a szélenergia hasznosítására alkalmas helyszínek leszűkítésével.

Célkitűzések

Annak érdekében, hogy meghatározzuk egy terület szélenergia potenciálját, fel kell tárjuk a térség szélklimájának statisztikai szerkezetét, amely két fő részből áll: szélesebesség-, valamint szélirány-statisztika.

Kutatásom során az alábbi célokat tűztem ki:

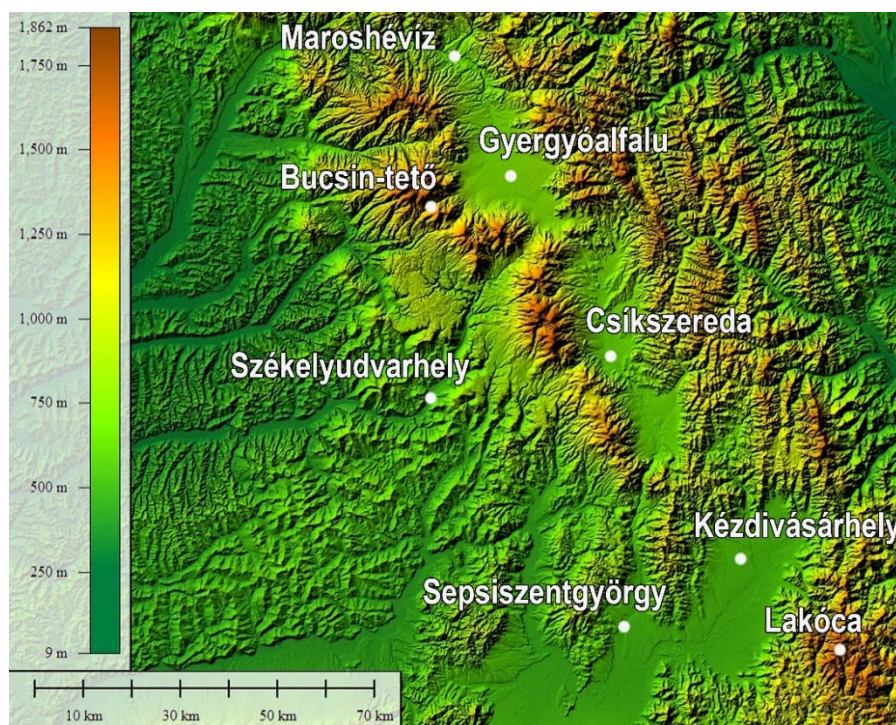
- meghatározni a vizsgált meteorológiai állomások szélesebesség értékeinek változékonyságát
- elemezni az empirikus szélesebesség eloszlás elméleti eloszlásokkal való közelítését
- feltárni a CarpatClim és a mért adatbázis szélesebességre vonatkozó adatainak egyezését és különbözőségét, valamint ennek okait
- meghatározni a szélesebesség csökkenés vagy növekedés valószínűségét és a változás mértékét két egymást követő napon
- meghatározni, hogy milyen természetes és antropogén tényezők gyakorolnak hatást a szélirányok relatív gyakoriságára
- meghatározni azon szélirányokat, amelyek a legnagyobb átlagsebességgel rendelkeznek

- feltárni azon összefüggéseket, amelyek az állomások közötti területi kapcsolatokat jellemzik

Anyag és módszer

A disszertáció adatbázisának gerincét 8 székelyföldi meteorológiai állomás (Hargita és Kovászna megyében: 4-4 állomás; (1. ábra) szélesség és szélirány adatai alkotják. A vizsgált időszak 2006. január 1-től 2012. december 31-ig terjed. A meteorológiai állomások a Román Meteorológiai Szolgálat (Administrația Națională de Meteorologie) hálózatába tartoznak. Mindegyik állomáson a WMO szabványának megfelelően 10 méteres magasságban mérik a szélességet és a szélirányt, a Vaisala cég által gyártott WA15 típusú szélmérő rendszerrel. A szélklimatológiai vizsgálatokhoz a szél két komponensét használtuk fel: a napi átlagos szélességet és a napi maximális szélességhez tartozó irányt/irányokat.

A szélesség adatainkat a CarpatClim adatbázissal hasonlítottuk össze. Ezen adatbázis 10×10 km-es gridekre osztva napi bontású adatokat tartalmaz 1961-től 2010-ig.



1. ábra: A mintaterületen elhelyezkedő vizsgált meteorológiai állomások

A disszertációban az adatsorok típusának és méretének megfelelő módszereket alkalmaztunk, amelyek egyrészt a hazai, másrészt a nemzetközi szakirodalomban kerültek publikálásra. A vizsgálatok két nagy csoportba sorolhatók: 1) a szélességre vonatkozó statisztikai vizsgálatok; 2) a szélirányra vonatkozó statisztikai vizsgálatok.

Az adatok elemzését a Microsoft Office 2013 programcsomagba tartozó Excel táblázatkezelővel és az R nevű statisztikai programmal végeztük. A térképeket, illetve grafikai szerkesztéseket az ArcMap 10, Global Mapper 12, Surfer 12, illetve az Adobe Photoshop CC szoftverekkel készítettük el.

Az empirikus szélesség eloszlásokat elméleti eloszlásokkal vetettük össze, melyek illeszkedését χ^2 próba segítségével állapítottuk meg. Megvizsgáltuk az egymást követő napok (tárgynap és következő nap) szélességének csökkenésének vagy növekedésének valószínűségét. A napi átlagos szélesség relatív megváltozásának állomásonkénti eloszlásaira homogenitás vizsgálatot végeztünk a χ^2 próba segítségével. A mérőállomások

szélsebesség adatainak területi elemzésére főkomponens elemzést alkalmaztunk. Az állomások adatainak összefüggését korrelációs mátrix módszerrel állapítottuk meg.

A szélirányok empirikus eloszlását cirkuláris normál eloszlással közelítettük, melynek illeszkedését Kolmogorov–Szmirnov egymintás próbával igazoltuk/cáfoltuk. A szélirány-eloszlások bizonytalanságának igazolására meghatároztuk a statisztikai entrópia értékét.

Eredmények

1. Tézis

A napi átlagos szélsebesség változékonyságát mutató variációs együttható kétszeres különbséget mutat hasonló tengerszint feletti magasságban fekvő állomások esetében, az eltérő domborzat és a helyi szélrendszerek hatására.

Az meteorológiai állomások földrajzi helyzete, valamint a mezo- és mikro-léptékű szélrendszerek jelentős különbségeket okoznak a szélsebesség értékek alapstatisztikai mutatószámaiban. A változékonyságok mértékét jelző variációs együttható értékében kétszeres különbséget mutat két közel azonos tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő állomás esetében (Kézdivásárhely: 0,92 [569 m]; Székelyudvarhely: 0,47 [523 m]). A kétszeres eltérés oka a mezo-léptékű helyi szélrendszereknek (széljárásnak) tulajdonítható. Kézdivásárhely a Felső-Háromszéki-medence közepén található, amely keleti és délkeleti irányból a Háromszéki-havasok vesznek körül. A Kárpátokon átbukó főn szelek hatására a szélsebességben jelentős mértékű változékonyságot okoz a többi, más elhelyezkedésű és földrajzi helyzetű állomáshoz képest.

2. Tézis

A napi átlagos szélsebesség empirikus eloszlására a vizsgált elméleti eloszlások közül legtöbb esetben a gamma eloszlás illeszkedett a teljes időszakban, illetve évszakos bontásban is. A második legtöbb illeszkedést a Weibull-eloszlásnak a gamma függvény segítségével meghatározott alak és skála paraméteres módszere eredményezte.

A szélklimatológiában és a szélenergia potenciál meghatározásban a szélsebesség leírására leggyakrabban alkalmazott elméleti eloszlás a Weibull-eloszlás. Az eloszlás két paraméterének (alak [k] és skála [c]) meghatározására számos módszer áll rendelkezésre. Vizsgálataink során ezen eloszlás a gamma függvény segítségével meghatározott alak és skála paraméteres módszere bizonyult a második legjobban illeszkedő eloszlásnak (5%-os szignifikancia szinten, évszakos bontásban 9 esetben). A legtöbb alkalommal szignifikáns illeszkedést a gamma eloszlás esetében tapasztaltuk (évszakos bontásban 10 esetben). Az eloszlás típusának karakterisztikája (átlaga, mediánja, módusza, szórása) kiemelt fontossággal bír a mérőpont szélenergia potenciáljának becslésének folyamatában.

3. Tézis

A CarpatClim adatbázis szélsebesség adatai a vizsgált állomások átlagában 0,31 m/s-os alulbecslést mutatnak a mért értékekkel szemben.

A CarpatClim adatbázis és a mért szélsebesség értékek közös időintervallumban értelmezett adatainak összehasonlításában (2006-2010) megállapítható, hogy az egyes mérőpontok és gridek értékei jelentősen eltérnek. Az említett eltérés (a CarpatClim és a mért adatok különbsége) a bucsin-tetői mérőpont (grid) esetében 2,73 m/s. Lakóca esetében jelentős mértékű alulbecslés tapasztalható, -1,56 m/s-os különbséggel. A különbségek éves menetében a legnagyobb eltérés a tavaszi negyedévben, az elsődleges szélmaximum idején tapasztalható.

Magas hegységek esetében egy 10×10 km-es rácshálón belül a tagoltságból fakadóan jelentősen változhat a magasság, egy gridnek viszont csak egy magassági pontja van. A túl- és alulbecslés okai a tengerszint feletti magasság, az interpolációs módszer, valamint a szélprofil magassággal való növekedése. Ugyanakkor a meteorológiai állomásokon elhelyezett szélsősebesség szenzorok nem megfelelő elhelyezése (tereptárgyak – szélárnyékolás), valamint a műszaki hibák elhárításának hiánya is a szélsősebesség átlagának csökkenését eredményezi.

4. Tézis

A szélerőművek üzemeltetésében az egyik legfontosabb feladat, az energetikai menetrend készítés, vagyis mikor mennyi energiát fog termelni (beleértve a hálózatra táplált áram mennyiségét). A szélmezők nagy pontosságú, térben és időben részletes, rövid időtávra vonatkozó előrejelzése nem megoldott. Ennek kiküszöbölésére egy statisztikai módszert alkalmaztunk, amely megadja a tárgynaphoz viszonyított következő napi átlagos szélsősebesség növekedésének vagy csökkenésének valószínűségét. Az üzemeltetők szempontjából ez az információ hiánypótló, ugyanis a változás előjele, illetve semleges volta, a kitermelhető energia növekedést, csökkenését vagy stagnálását vetíti előre.

A tárgynapi (v_p) és a következő (v_n) napi pozitív és negatív változás aránya mindegyik állomás esetében pozitív, a legnagyobb arányban (30%) Bucsintető, míg a legalacsonyabb arányban (6%) Lakócsán haladja meg a negatív változásokat. A megváltozás és a tárgynap átlagos szélsősebesség értéke közötti lineáris regressziós értékei alapján (Bucsintető: -0,447; Székelyudvarhely: -0,634) megállapítható, hogy egy tárgynapi (v_p) 1 m/s-os szélsősebesség növekedés a következő napon (v_n) 0,45 és 0,63 m/s-os szélsősebesség csökkenést eredményez. A regressziós egyenes metszi a vízszintes tengelyt, a zérushely értéke (v_0) a teljes vizsgált időszak átlagsebessége. A pozitív változások ($\Delta v \geq 0$) számát tekintjük 100%-nak. Ezen esetek 42,5-61,9%-a (Székelyudvarhely–Bucsintető) akkor következik be, ha az adott nap átlagos szélsősebessége kisebb, mint v_0 . A negatív változások ($\Delta v < 0$) esetében markánsabb a különbség, a $v_p > v_0$ feltétel teljesülésekor az esetek 27-42,4%-nál (Székelyudvarhely–Lakócsa) mutatható ki. Az állomások földrajzi helyzetét figyelembe véve, mindkét esetben elmondható, hogy a legnyugatibb fekvésű, valamint a két legmagasabban elhelyezkedő mérőpont eredményei jelentik az intervallumok alsó és felső értékét.

5. Tézis

Ahol a mérés pontosságát nem befolyásolják antropogén körülmények, ott egy vagy több pozitív vagy negatív felszíni forma hatást gyakorol a szélirányok eloszlására.

A meteorológiai állomások szélirány eloszlására jelentős hatást gyakorol földrajzi helyzetéből fakadó domborzati formák jelenléte, illetve az állomás tengerszint feletti magassága. Ez alól kivétel azon állomás (Sepsiszentgyörgy), ahogy antropogén tereptárgyak szélárnyékoló hatása befolyásolja a szélirány eloszlást. A többi állomás esetében megállapítható, hogy egy vagy több pozitív vagy negatív felszíni forma hatása megjelenik a szélirány eloszlásban:

- Bucsintető: az uralkodó szélirányok: ÉK (21%) és a DNy (32%). Az állomás orográfiai szempontból két irányba nyitott alacsonyabb térrészek felé (ÉK és DNy), míg tőle ÉNy-i és DK-i irányba magasabb, szélárnyékoló felszíni formák találhatók. A fent megnevezett felszíni formákat egyrészt korlátozó, másrészt terelő képződményeknek is tekinthetők.
- Csíkszereda: az uralkodó szélirányok: a NyDNy (13,2%) és a DNy (11,3%). A Hargita-hegység É-i és D-i része között elhelyezkedő Tolvajos-hágó, valamint a Ny-ról érkező légtömegek eredőjeként alakultak ki a fenti irányok.

- Gyergyóalfalu: az uralkodó szélirány: Ny (22%). A Bucsín-hágón átbukó nyugati légtömegek hatása tapasztalható.
- Kézdivásárhely: az uralkodó szélirányok: É (11,9%); ÉK (21,7%), D (15,9%), Ny (14,5%). Az Ojtuzi-szoroson átbukó keleties légtömegek, a délies átbukó fön, valamint nyugati szelek hatásának tudható be.
- Lakóca: az uralkodó szélirány: Ny (36,1%). A földrajzi elhelyezkedéséből és a tengerszint feletti magasságából adódóan a nyugatias légtömegek hatása tapasztalható.
- Maroshévíz: az uralkodó szélirányok: Ny (11,7%), NyÉNy (12,3%) valamint K (10,2%) és KDK (10,6%). Az állomás két magashegység közé bevágódott folyóvölgyben helyezkedik el, ami döntően befolyásolja a szélirányok eloszlását. Az említett folyó a Maros, tőle északra a Kelemen-havasok, délre pedig a Görgényi-havasok találhatók.
- Sepsiszentgyörgy: az uralkodó szélirányok: É (9,9%), K (8,6%), DDK (8,8%), Ny (10%), NyÉNy (11,4%), ÉNy (9%). Az É-D-i folyásirányú Olt ártér jelentős hatással van a szélirányok eloszlására. Ezen az állomáson három domináns szélirány nem érte el a 10%-ot, de arányaiban jelentősnek tekinthetők. Fontos megjegyezni, hogy egy irányt kivéve minden irányból épületek veszik körül az állomást, ami jelentős mértékben befolyásol minden meteorológiai paramétert (horizont-korlátozás, szélárnyékolás stb.).
- Székelyudvarhely: az uralkodó szélirányok: ÉÉK-i (16,1%) és ÉK-i (10,3%). A szélirányt befolyásoló negatív domborzati forma a Nagy-Küküllő völgye.

6. Tézis

A vizsgált területen a leggyakoribb szélirányok nem minden esetben rendelkeznek a legnagyobb átlagsebességgel, ezek az ún. domináns szélirányok; kivétel ez alól Csíkszereda, és Kézdivásárhely.

Az szélklimatológiában a leggyakrabban előforduló irány(oka)t uralkodó szélirányoknak nevezzük. Azon irányok, amelyek gyakorisága a szomszédos irányhoz képest magasabb, de átlagsebessége nem a legnagyobb domináns irányoknak nevezzük. Mindegyik állomás esetében ezt a jelenséget állapítottuk meg, kivételt képez ez alól Csíkszereda és Kézdivásárhely. Itt az uralkodó és a legnagyobb átlagsebességgel rendelkező (legnagyobb energiatartalmú) irány egybeesik (Csíkszereda: NyDNy – 1,99 m/s; Kézdivásárhely: ÉK – 2,41 m/s).

7. Tézis

Az állomások szélesebbség adatainak korrelációja összefüggésben van a földrajzi helyzettel, valamint az állomás környezetére jellemző morfológiai típussal.

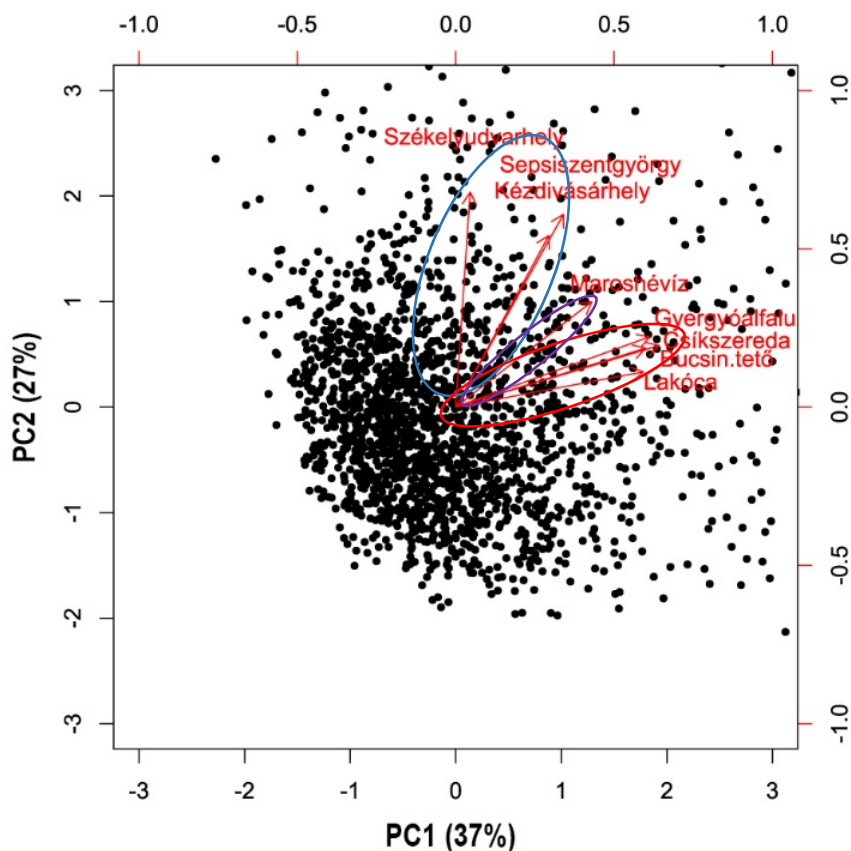
A főkomponens elemzés több dimenziós terét leképező biplot diagramja alapján (2. ábra) megállapítható, hogy négy állomáscsoport különül el.

Az első csoportba Székelyudvarhely tartozik. Markánsan elkülönül mindegyik állomástól, ami a többi állomáshoz képest eltérő földrajzi helyzetéből adódik. Ezen állomás a legnyugatibb fekvésű, valamint ez az egyetlen mérőpont, amelyik nem hegygerincen vagy hegközi medencében fekszik.

A második csoportba tartozó állomások: Sepsiszentgyörgy és Kézdivásárhely. Az állomások adatai között szoros kapcsolat figyelhető meg. Minkét állomás hasonló tengerszint feletti magasságon, valamint morfológiájú terepen található. A két állomás közötti légvonalbeli távolság 27 km.

A harmadik csoportba 4 állomás tartozik: Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Bucsín-tető és Lakóca. Bucsín-tető és Gyergyóalfalu között is – hasonlóan az előző csoportban tapasztaltakhoz – szoros kapcsolat áll fenn. Mindkét esetben a kapcsolat szorossága az állomások egymáshoz képesti elhelyezkedésének és közelségének tulajdonítható. A két állomáspár légvonalbeli távolsága mindkét esetben 30 km alatt van (Bucsín-tető – Gyergyóalfalu 17 km; Sepsiszentgyörgy – Kézdivásárhely 27 km), másrészt pedig egymáshoz képest K-Ny irányban helyezkednek el.

A negyedik csoport lényegében egy állomást takar, ami Kézdivásárhely. Ez az állomás, az adatok alapján az előző két csoport között helyezkedik el, mindkét csoporthoz képest azonos távolságra, emiatt képez önálló „csoportot”. Ha a térképi megjelenítést vesszük figyelembe, akkor térben közelebb áll a második csoporthoz (Bucsín-tető, Gyergyóalfalu, Csíkszereda, Lakóca), viszont az elemzés értékei a két csoport közötti átmenetet mutatják.



2. ábra: A mérőállomások biplot diagramja



Nyilvántartási szám: DEENK/226/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Lázár István
Neptun kód: TDSAGV
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10036817

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyv(ek) (1)

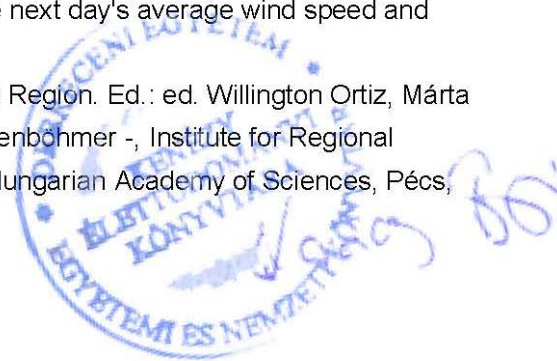
1. **Lázár I.**: A megújuló energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben. Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 85 p., 2012. ISBN: 9789634735816

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (1)

2. Bíróiné Kircsi A., **Lázár I.**, Vass R.: A szélsőbesség területi modellezése a Hernád-völgyben.
In: A megújuló energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben. Szerk.: Lázár István, Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 33-45, 2012. ISBN: 9789634735816

Idegen nyelvű. hazai könyvrészlet(ek) (1)

3. Tar, K., **Lázár, I.**, Gyarmati, R.: Statistical estimation of the next day's average wind speed and wind power.
In: Perspectives of Renewable Energy in the Danube Region. Ed.: ed. Willington Ortiz, Márta Somogyvári, Viktor Varjú, István Fodor, Stefan Lechtenböhrer -, Institute for Regional Studies Centre for Economic and Regional Studies Hungarian Academy of Sciences, Pécs, 174-191, 2015. ISBN: 9789639899919





Idegen nyelvű, külföldi könyvrészlet(ek) (1)

4. **Lázár, I.**, Csákberényi-Nagy, G., Túri, Z., Kapocska, L., Tóth, T., Tóth, J.B.: Analysis of factors affecting wind-energy potential in low built-up urban environments.
In: Aerul si apa componente ale medului: Air and water components the environment. Szerk.: Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta, Cluj-Napoca, 369-376, 2014.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

5. Bai, A., Durkó, E., Tar, K., Tóth, J.B., **Lázár, I.**, Kapocska, L., Kircsi, A., Bartók, B., Vass, R., Péntes, J., Tóth, T.: Social and economic possibilities for the energy utilization of fitomass in the valley of the river Hernád.
Renew. Energy. 85, 777-789, 2016. ISSN: 0960-1481.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.069>
IF:3.476 (2014)
6. Kircsi, A., **Lázár, I.**, Tar, K., Costea, M.: Experience of 3D wind measurements with SODAR in Debrecen, Hungary.
Stud. Univ. Babeş-Bolyai, Ambientum. 57 (1-2), 57-66, 2012. ISSN: 1843-3855.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (8)

7. **Lázár I.**, Szegedi S., Tóth T., Zakkar G., Papp L.: A szélenergia potenciál becslés pontosságát befolyásoló szélprofilok vizsgálata távérzékelte adatok alapján.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VI.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Szerk.: Boda Judit, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 474-475, 2015.
ISBN: 9789633184882
8. **Lázár I.**, Csákberényi-Nagy G., Tóth T.: A szélenergia hasznosítás alacsony beépítésű városi környezetben Debrecen példáján.
In: HUNGEO 2014. Szerk.: Cserny Tibor, Kovács-Pálffy Péter, Krivánné Horváth Ágnes, Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 132-135 -, 2014.
9. Csákberényi-Nagy G., **Lázár I.**, Szegedi S., Tóth T.: A szélenergia hasznosításának gyakorlati alkalmazhatósága alacsony beépítésű városi környezetben.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottsága, Debrecen, 77-82, 2014. ISBN: 9789637064319



10. Bíróné Kircsi A., **Lázár I.**, Costea M., Tar K.: A szélsébség területi modellezésének kérdései.
In: Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia.
Szerk.: Bíróné Kircsi Andrea, Magyar Meteorológiai Társaság, Debrecen, 26, 2012. ISBN:
9789638481139
11. **Lázár I.**, Makkai G.: Szélirányok energetikai célú vizsgálata Székelyföldön.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián
Alapítvány, Debrecen, 102-107, 2012. ISBN: 9789630852944
12. **Lázár I.**: Székelyföld helyi szélviszonyainak elemzése.
In: HUNGEO 2012 : Magyar Földtudományi Szakemberek XI. Világtalálkozója : korszerű
földtudományi oktatás - versenyképes gazdaság. Szerk.: Mika J., Dávid Á., Pajtókné Tari I.,
Fodor R, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 203-209, 2012. ISBN: 9786155297090
13. Bíróné Kircsi A., Tar K., **Lázár I.**: Módszer a szélenergia potenciál meghatározására a Hernád-
völgy példáján.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas
István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 160-166, 2011. ISBN:
9789637064272
14. **Lázár I.**: A klímaváltozás hatása a megújuló energiaforrásokra.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas
István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 92-98, 2011. ISBN:
9789637064272





További Közlemények

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (1)

15. Buday T., **Lázár I.**, Tóth T., Bódi E., Csákberényi-Nagy G.: Kis méretű üvegházak és fóliasátrak energiaigényének biztosítása megújuló energiaforrásokból - a sekély geotermika lehetőségei.
In: Műszaki tudomány az észak-kelet magyarországi régióban 2014 konferencia előadásai : Szolnok, 2014. május 13. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 73-80, 2014. ISBN: 9789635087525

Idegen nyelvű, hazai könyvrészlet(ek) (1)

16. Buday, T., **Lázár, I.**, Csákberényi-Nagy, G., Bódi, E., Tóth, T.: Effect of the Solar Radiation on Underground Temperature Values and Heat Supply Around a Ground Coupled Heat Pump Based on Meteorological Data, Debrecen.
In: Perspectives of Renewable Energy in the Danube Region. Ed.: Willington Ortiz, Márta Somogyvári, Viktor Varjú, István Fodor, Stefan Lechtenböhmer, Institute for Regional Studies Centre for Economic and Regional Studies Hungarian Academy of Sciences, Pécs, 239-250, 2015. ISBN: 9789639899919

Idegen nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

17. Szegedi, S., **Lázár, I.**, Tóth, T.: Relationships between macrosynoptic weather types and development of the thermal excess in suburban areas in Debrecen, Hungary.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 5 (2), 167-172, 2014. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.5.2014.2.9>

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

18. Szegedi, S., Tóth, T., **Lázár, I.**: Role of urban morphology in development of the thermal excess in the city of Debrecen, Hungary.
Environ. Eng. Manag. J. 13 (11), 2805-2808, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF:1.065





19. Verbai, Z., **Lázár, I.**, Kalmár, F.: Heating degree day in Hungary.
Environ. Eng. Manag. J. 13 (11), 2887-2892, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF:1.065

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

20. **Lázár I.**, Csákberényi-Nagy G., Túri Z., Szegedi S., Tóth J.B., Tóth T.: A szélpotenciált befolyásoló tényezők vizsgálata alacsony beépítésű városi környezetben.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 71-76, 2014. ISBN: 9789637064319

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

21. Szegedi, S., Csákberényi-Nagy, G., **Lázár, I.**, Tóth, T.: Examinations on development of thermal excess in suburban areas of Debrecen, Hungary.
In: Aerul si apa componente ale medului: Air and water components the environment. Szerk.: Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 102-109, 2014.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 5,606

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,476**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.10.21.



STATISTICAL ANALYSIS OF THE WIND CLIMATE IN ȚINUTUL SECUIESC

Introduction

The hottest issues in present day societies – among others – include: how it is possible to meet increasing energy demand when fossil resources are running low? And how could we reduce environmental contamination? Answers to these questions can be found in utilizing renewable resources. Even though the amount of energy given by fossil resources cannot be replaced completely their ratio in energy production could be reduced significantly. Simultaneously, using renewable energy resources the load on the environment could be decreased as well not only in reducing the emission of green house gases but in becoming independent from central energy suppliers as well.

Advantage of isolated systems utilizing renewable energy resources is that they can be installed in potential areas where no centrally established electricity network is present. This fact can be useful for areas where the provision of basic comfort is the goal. In the case of scattered villages, farmhouses or houses distant from built-up areas where electricity network is missing such resources give the chance for communication with the “World” to – for example – call a doctor using telecommunication devices requiring electricity.

Since in Romania no energy strategy has been established at county level such documents are related to greater development regions. As a result the energy strategy of counties in Ținutul Secuiesc can be drawn from the energy strategy of the Central Development Region. These documents note that the above mentioned region possesses extensive (renewable) energy potentials. Emphasis is placed onto the wind energy potential of mountainous areas listing the mountains where such can be found: Transylvanian Mountains, Făgăras Mountains, Cindrel Mountains together with Harghita and Gurghiu Mountains located in the study area.

Bearing in mind the above, it would be interesting to know the extent of wind energy potential in areas in Ținutul Secuiesc. For this the statistical structure of the wind climate of the area has to be known. A rough picture of this structure would be the first step for surveying/determining the wind energy potential of the area as locations suitable for wind energy utilization could be selected.

Aims

In order to determine the wind energy potential of an area the statistical structure of its wind climate has to be revealed. This structure is composed of two major parts: wind speed statistics and wind direction statistics.

The following aims were set for my research:

- determine the variability of wind speed values at the studied meteorological stations,
- analyse the approach of empirical wind speed distribution by theoretical distributions,
- reveal the similarities and differences between the data of the CarpatClim and the measured databases and their reasons,
- determine the probability and grade of wind speed decrease or increase over two subsequent days,
- determine the natural and anthropogenic factors influencing the relative frequency of wind directions,
- determine wind directions with greatest average velocity,
- determine relationships characterizing spatial connections among the stations.

Material and method

The basis of the thesis is given by the wind speed and direction data of 8 meteorological stations in Ținutul Secuiesc (4-4 stations in Harghita and Covasna counties) (*Figure 1.*). The time period of the study ranges from 1st January 2006 to 31st December 2012. Stations belong to the network of the Romanian Meteorological Survey (Administrația Națională de Meteorologie). At all stations wind speed and direction are measured at an elevation of 10 metres according to the WMO standard using a WA15 type wind measurement system produced by the Vaisala company. For the wind climatological analyses two components of wind were applied: daily average wind speed and direction(s) related to the daily maximum wind speeds.

Our wind speed data were compared to that of the CarpatClim database. This database is composed of daily data divided into 10x10 km grids from 1961 till 2010.

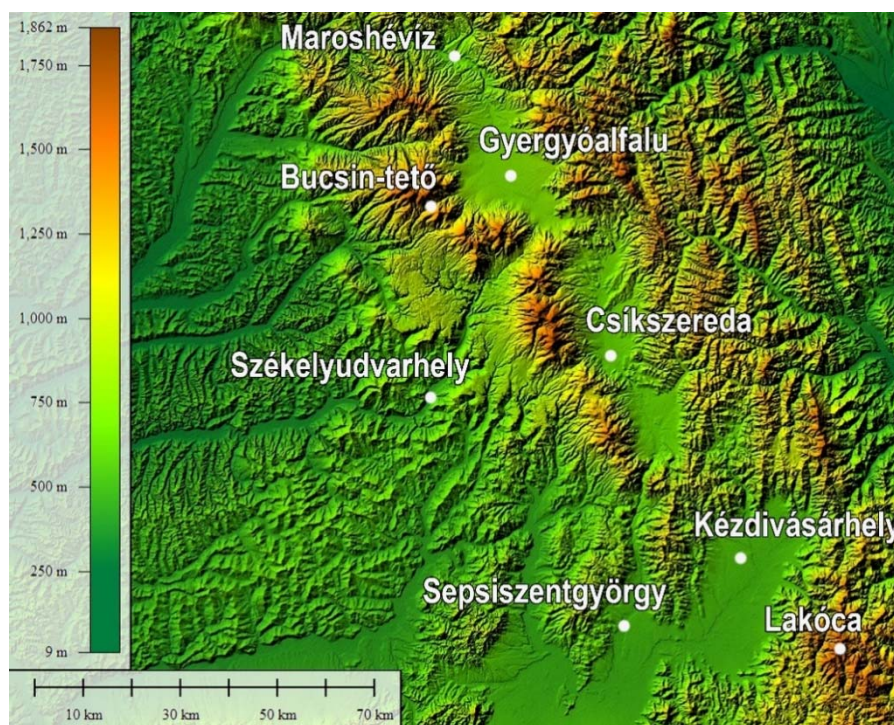


Figure 1: Studied meteorological stations in the study area

Methods appropriate for the type and size of the data series were applied in the thesis that were published both in Hungarian and international literature. Analyses can be classified into two major groups: 1) statistical analyses related to wind speed; 2) statistical analyses related to wind direction.

Data analyses were carried out using the Excel table manager included in Microsoft Office 2013 and the statistical software called R. Maps and graphical figures were performed using ArcMap 10, Global Mapper 12, Surfer 12 and Adobe Photoshop CC softwares.

Empirical wind speed distributions were compared to theoretical distributions the fitting of which was determined using χ^2 test. Probability of decrease or increase in the wind speed of subsequent days (present day and next day) was studied as well. Homogeneity studies were carried out for the distribution of relative change in the daily average wind speed for each station using χ^2 test. Principal component analysis was performed for the spatial analysis of wind speed data of the stations. Interrelationship of the data of the stations was determined using the correlation matrix method.

Empirical distribution of wind direction was approached by circular normal distribution the fitting of which was verified/denied by single sample Kolmogorov–Smirnov test. To verify the uncertainty of wind direction distribution the value of statistical entropy was determined.

Results

Thesis 1

Variation coefficient reflecting the variability of daily average wind speed shows double difference in the case of stations located at similar heights a.s.l. due to different relief and local wind systems.

Geographical position of the meteorological stations and the presence of meso-scale and micro-scale wind systems cause significant differences in the basic statistical indicator values of wind speed. Variation coefficient indicating the grade of variability showed twofold difference in the case of two stations located at similar heights a.s.l. (Târgu-Secuiesc: 0.92 [569 m]; Odorheiu-Secuiesc: 0.47 [523 m]). This difference is the result of meso-scale local wind systems. Kézdivásárhely is located in the middle of the Felső-Háromszék Basin surrounded by Vrancea Mountains from east and southeast. Foehn winds coming from the Carpathians cause significant variability in wind speed compared to stations with different geographical location.

Thesis 2

Considering the studied theoretical distributions, the gamma distribution fitted the empirical distribution of daily average wind speed in most cases both in the entire time period and in the seasons. Second was the shape and scale parameter method of Weibull distribution determined using the gamma function.

In wind climatology and wind energy potential determination the Weibull distribution is used most frequently among theoretical distributions to describe wind speed. Numerous methods can be applied to determine the two parameters (shape [k] and scale [c]) of the distribution. In our study the second best fitting distribution (at 5% significance level in 9 cases when data were studied in seasonal division) was this distribution with the shape and scale parameters determined using the gamma function. Highest number of significant fitting was experienced in the case of the gamma distribution (in 10 cases when data were studied in seasonal division). In estimating the wind energy potential of the measurement location the characteristics (mean, median, mode, standard deviation) of the type of the distribution have high importance.

Thesis 3

Wind speed data of the CarpatClim database show underestimation by 0.31 m/s compared to the measured values.

Comparing the wind speed values of the CarpatClim database and those of the measured data interpreted for the same time interval (2006-2010), the values of the given measurement points and grids differ significantly from each other. This difference (difference between the data of the CarpatClim and the measured values) is 2.73 m/s in the case of the measurement point (grid) at Bucin. In the case of Lăcăuți measurement point this difference is -1.56 m/s indicating significant underestimation. Considering the seasonal pattern of the differences, greatest difference can be found at the time of the primary wind maximum in the spring quarter.

In the case of high mountains, height differences can be significant within a 10x10 km grid network due to relief but one grid has only one height point. Over- and underestimation can be explained by height above sea level, interpolation method and the increase of wind profile with height. However, wind speed sensors located improperly at meteorological stations (objects – wind shades) and the lack of repairing technical failures may result in the decrease of wind speed average.

Thesis 4

Present and next day positive change of daily average wind speed at the studied stations exceeds negative changes by 6-30%. Positive and negative changes are uneven before and after the zero point of the regression line with negative steepness characterizing the relationship of the change and the average wind speed of the present day. Positive changes are more frequent before the zero point except for Lăcăuți.

One of the most important tasks in operating a wind power plant is to prepare an energetic timetable, i.e. the amount of produced energy at given time intervals (including electric energy input into the network). Short-term prediction of wind fields, detailed both in space and time with high accuracy has not been solved yet. Therefore a statistical method was applied to give the probability of increase or decrease of next day average wind speed compared to the present day. This information is highly important to operators as the sense of the change or its neutral character reflects increase, decrease or stagnation in the producible energy.

Ratio of the positive and negative changes of the present day (v_p) and the next day (v_n) were positive in the case of all of the stations with maximum values at Bucin (30%) and minimum values (6%) to exceed negative changes at Lăcăuți. Based on the linear regression values between the change and the average wind speed of the present day (Bucin: -0.447; Odorheiu-Secuiesc: -0.634), 1 m/s increase of wind speed on the present day (v_p) causes 0.45 m/s and 0.63 m/s decrease of wind speed on the next day (v_n). The regression line crosses the horizontal axis, the value of the zero point (v_0) is the average speed of the total studied time period. Let us take the number of positive changes ($\Delta v \geq 0$) as 100%. 42.5-61.9% of these cases (Odorheiu-Secuiesc – Bucin) occur when the average wind speed of the present day is smaller than v_0 . In the case of negative changes ($\Delta v < 0$) they occur in 27-42.4% of the cases (Odorheiu-Secuiesc – Lăcăuți) if $v_p > v_0$. Considering the geographical location of the stations, lowest and highest values of the intervals are given by the data of the westernmost and the two highest located stations in both cases.

Thesis 5

Where the accuracy of measurements is not influenced by anthropogenic conditions one or more positive or negative landforms influence the distribution of wind directions.

Wind direction distribution at meteorological stations is influenced greatly by the presence of landforms characteristic of the geographical location and the height of the station above sea level. An exception is the station (Sfântu-Gheorghe) where anthropogenic objects influence the distribution of wind direction. Studying the rest of the stations it can be stated that the effects of one or several positive or negative landforms occur in the wind direction distribution:

- Bucin: prevailing wind directions: NE (21%) and SW (32%). The orography of the station is open to lower areas in two directions (NE and SW) while higher landforms giving shelter from winds can be found NW and SE of the station. The above landforms can be regarded either as limiting or deflector features.

- Miercurea-Ciuc: prevailing wind directions: WSW (13.2%) and SW (11.3%). These directions occur as the result of the superposition of winds from the Tolvajos Pass located between the northern and southern parts of the Harghita Mountains and from the west.
- Joseni: prevailing wind directions: W (22%). Effects of western wind coming from the Bucin Pass can be experienced.
- Târgu-Secuiesc: prevailing wind directions: N (11.9%); NE (21.7%), S (15.9%), W (14.5%). The result of the effects of eastern winds coming from the Oituz Pass, the southern foehn and the western winds.
- Lăcăuți: prevailing wind directions: W (36.1%). Western winds dominate as a result of its geographical location and height above sea level.
- Toplița: prevailing wind directions: W (11.7%), WNW (12.3%) and E (10.2%), ESE (10.6%). The station is located in a river valley in between two high mountains and this influences decisively the distribution of wind directions. The above river is the Mureș with Călimani Mountains and Gurghiu Mountains to the north and south respectively.
- Sfântu-Gheorghe: prevailing wind directions: N (9.9%), E (8.6%), SSE (8.8%), W (10%), WNW (11.4%), NW (9%). Floodplain of the N-S flowing Olt river has a significant influence on the distribution of wind directions. Although three dominant wind directions at this station did not reach 10% they still can be regarded as significant. It is important to note that buildings surround the meteorological stations from all directions except one influencing significantly all meteorological parameters (horizon limiting, wind shadowing, etc.).
- Odorheiu-Secuiesc: prevailing wind directions: NNE (16.1%) and NE (10.3%). The negative landform influencing significantly wind directions is the valley of the Nagy-Küküllő.

Thesis 6

In the study area the most frequent wind directions do not necessarily have the highest wind speed. These are the so called dominant wind directions; except for Miercurea-Ciuc and Târgu-Secuiesc.

In wind climatology the most frequent wind direction(s) are called prevailing wind directions. The directions the frequency of which is higher than that of the rest but their average speed is not the greatest are called dominant wind directions. This phenomenon was observed at all stations except for Miercurea-Ciuc and Târgu-Secuiesc. At these two stations the prevailing wind direction and that of the greatest average speed (with greatest energy content) are the same (Miercurea-Ciuc: WSW – 1.99 m/s; Târgu-Secuiesc: NE – 2.41 m/s).

Thesis 7

Correlation of the wind speed data of the meteorological stations depends on the geographical location and the surrounding morphology.

Based on the biplot diagram depicting the multi-dimensional field of the major component analysis (*Figure 2.*) four meteorological station groups can be identified.

The first group includes Odorheiu-Secuiesc. It can be separated clearly from the rest of the stations as a result of its geographical location differing from all of the other stations. This is the westernmost located station and the only one located in an intramountain basin and not on a mountain ridge.

The second group includes: Sfântu-Gheroghe and Târgu-Secuiesc. Close correlation can be detected between the data series of the stations. Both stations are located in areas with similar morphology at similar height above sea level. The aerial distance between the two stations is 27 km.

The third group includes 4 stations: Miercurea-Ciuc, Joseni, Bucin and Lăcăuți. Close correlation can be detected between the data of Bucin and Joseni – like in the case of the previous group. In both cases the close correlation can be explained by the location of the two stations relative to each other and the short distance between them. Aerial distance between the two station pairs is below 30 km (Bucin – Joseni 17 km; Sfântu-Gheorghe – Târgu-Secuiesc 27 km). They are also located E-W relative to each other.

The fourth group contains one station: Târgu-Secuiesc. This station – based on the data – is between the two previous groups with the same distance from both groups therefore it forms a separate “group”. Regarding its plot on the map, it is closer to the second group (Bucin, Joseni, Miercurea-Ciuc, Lăcăuți) spatially while analysis results indicate transition between the two groups.

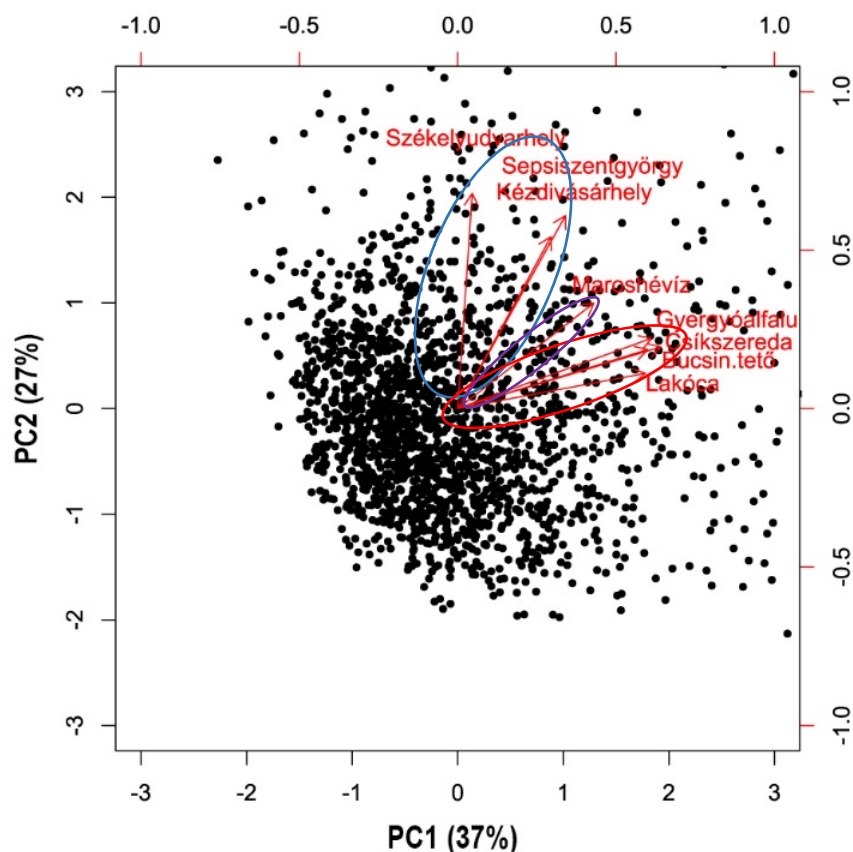


Figure 2: Biplot diagram of the meteorological stations



Registry number:
Subject:

DEENK/226/2015.PL
Ph.D. List of Publications

Candidate: István Lázár

Neptun ID: TDSAGV

Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences

MTMT ID: 10036817

List of publications related to the dissertation

Hungarian book(s) (1)

1. **Lázár I.**: A megújuló energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben. Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 85 p., 2012. ISBN: 9789634735816

Hungarian book chapter(s) (1)

2. Bíróné Kircsi A., **Lázár I.**, Vass R.: A szélsőbesség területi modellezése a Hernád-völgyben.
In: A megújuló energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben. Szerk.: Lázár István, Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 33-45, 2012. ISBN: 9789634735816

Foreign language Hungarian book chapter(s) (1)

3. Tar, K., **Lázár, I.**, Gyarmati, R.: Statistical estimation of the next day's average wind speed and wind power.
In: Perspectives of Renewable Energy in the Danube Region. Ed.: ed. Willington Ortiz, Márta Somogyvári, Viktor Varjú, István Fodor, Stefan Lechtenböhrer -, Institute for Regional Studies Centre for Economic and Regional Studies Hungarian Academy of Sciences, Pécs, 174-191, 2015. ISBN: 9789639899919





Foreign language international book chapter(s) (1)

4. **Lázár, I.**, Csákberényi-Nagy, G., Túri, Z., Kapocska, L., Tóth, T., Tóth, J.B.: Analysis of factors affecting wind-energy potential in low built-up urban environments.
In: Aerul si apa componente ale medului: Air and water components the environment. Szerk.: Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta, Cluj-Napoca, 369-376, 2014.

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (2)

5. Bai, A., Durkó, E., Tar, K., Tóth, J.B., **Lázár, I.**, Kapocska, L., Kircsi, A., Bartók, B., Vass, R., Péntes, J., Tóth, T.: Social and economic possibilities for the energy utilization of fitomass in the valley of the river Hernád.
Renew. Energy. 85, 777-789, 2016. ISSN: 0960-1481.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.069>
IF:3.476 (2014)
6. Kircsi, A., **Lázár, I.**, Tar, K., Costea, M.: Experience of 3D wind measurements with SODAR in Debrecen, Hungary.
Stud. Univ. Babeş-Bolyai, Ambientum. 57 (1-2), 57-66, 2012. ISSN: 1843-3855.

Hungarian conference proceeding(s) (8)

7. **Lázár I.**, Szegedi S., Tóth T., Zakkar G., Papp L.: A szélenergia potenciál becslés pontosságát befolyásoló szélprofilok vizsgálata távérzékelte adatok alapján.
In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VI.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Szerk.: Boda Judit, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 474-475, 2015.
ISBN: 9789633184882
8. **Lázár I.**, Csákberényi-Nagy G., Tóth T.: A szélenergia hasznosítás alacsony beépítésű városi környezetben Debrecen példáján.
In: HUNGEO 2014. Szerk.: Cserny Tibor, Kovács-Pálffy Péter, Krivánné Horváth Ágnes, Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 132-135 -, 2014.
9. Csákberényi-Nagy G., **Lázár I.**, Szegedi S., Tóth T.: A szélenergia hasznosításának gyakorlati alkalmazhatósága alacsony beépítésű városi környezetben.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottsága, Debrecen, 77-82, 2014. ISBN: 9789637064319



10. Bíróné Kircsi A., **Lázár I.**, Costea M., Tar K.: A szélsébség területi modellezésének kérdései.
In: Magyar Meteorológiai Társaság XXXIV. Vándorgyűlés és VII. Erdő és Klíma Konferencia.
Szerk.: Bíróné Kircsi Andrea, Magyar Meteorológiai Társaság, Debrecen, 26, 2012. ISBN:
9789638481139
11. **Lázár I.**, Makkai G.: Szélirányok energetikai célú vizsgálata Székelyföldön.
In: A környezettudatos települések felé. Szerk.: Fazekas István, Szabó Valéria, Meridián
Alapítvány, Debrecen, 102-107, 2012. ISBN: 9789630852944
12. **Lázár I.**: Székelyföld helyi szélviszonyainak elemzése.
In: HUNGEO 2012 : Magyar Földtudományi Szakemberek XI. Világtalálkozója : korszerű
földtudományi oktatás - versenyképes gazdaság. Szerk.: Mika J., Dávid Á., Pajtókné Tari I.,
Fodor R, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 203-209, 2012. ISBN: 9786155297090
13. Bíróné Kircsi A., Tar K., **Lázár I.**: Módszer a szélenergia potenciál meghatározására a Hernád-
völgy példáján.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas
István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 160-166, 2011. ISBN:
9789637064272
14. **Lázár I.**: A klímaváltozás hatása a megújuló energiaforrásokra.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas
István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 92-98, 2011. ISBN:
9789637064272

List of other publications

Hungarian book chapter(s) (1)

15. Buday T., **Lázár I.**, Tóth T., Bódi E., Csákberényi-Nagy G.: Kis méretű üvegházak és fóliasátrak
energiaigényének biztosítása megújuló energiaforrásokból - a sekély geotermika lehetőségei.
In: Műszaki tudomány az észak-kelet magyarországi régióban 2014 konferencia előadásai :
Szolnok, 2014. május 13. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki
Szakbizottsága, Debrecen, 73-80, 2014. ISBN: 9789635087525



Foreign language Hungarian book chapter(s) (1)

16. Buday, T., **Lázár, I.**, Csákberényi-Nagy, G., Bódi, E., Tóth, T.: Effect of the Solar Radiation on Underground Temperature Values and Heat Supply Around a Ground Coupled Heat Pump Based on Meteorological Data, Debrecen.
In: Perspectives of Renewable Energy in the Danube Region. Ed.: Willington Ortiz, Márta Somogyvári, Viktor Varjú, István Fodor, Stefan Lechtenböhmer, Institute for Regional Studies Centre for Economic and Regional Studies Hungarian Academy of Sciences, Pécs, 239-250, 2015. ISBN: 9789639899919

Foreign language scientific article(s) in Hungarian journal(s) (1)

17. Szegedi, S., **Lázár, I.**, Tóth, T.: Relationships between macrosynoptic weather types and development of the thermal excess in suburban areas in Debrecen, Hungary.
Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 5 (2), 167-172, 2014. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/IRASE.5.2014.2.9>

Foreign language scientific article(s) in international journal(s) (2)

18. Szegedi, S., Tóth, T., **Lázár, I.**: Role of urban morphology in development of the thermal excess in the city of Debrecen, Hungary.
Environ. Eng. Manag. J. 13 (11), 2805-2808, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF:1.065
19. Verbai, Z., **Lázár, I.**, Kalmár, F.: Heating degree day in Hungary.
Environ. Eng. Manag. J. 13 (11), 2887-2892, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF:1.065

Hungarian conference proceeding(s) (1)

20. **Lázár I.**, Csákberényi-Nagy G., Túri Z., Szegedi S., Tóth J.B., Tóth T.: A szélpotenciált befolyásoló tényezők vizsgálata alacsony beépítésű városi környezetben.
In: Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 71-76, 2014. ISBN: 9789637064319



Foreign language conference proceeding(s) (1)

21. Szegedi, S., Csákberényi-Nagy, G., **Lázár, I.**, Tóth, T.: Examinations on development of thermal excess in suburban areas of Debrecen, Hungary.
In: Aerul si apa componente ale medului: Air and water components the environment. Szerk.: Gavril Pandi, Florin Moldovan, Casa Cartii de Stiinta Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 102-109, 2014.

Total IF of journals (all publications): 5,606

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3,476

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

21 October, 2015

