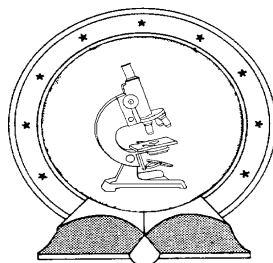


DE TTK



1949

Székelyföld szélklímájának statisztikai vizsgálata

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

a szerző neve:

Lázár István

témavezető neve:

Dr. habil. Tar Károly

DEBRECENI EGYETEM
Természettudományi Doktori Tanács
Földtudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2015.

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Földtudományok Doktori Iskola Tájvédelem és éghajlat programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2015. október 27.

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy Lázár István doktorjelölt 2010 - 2013 között a fent megnevezett Doktori Iskola Tájvédelem és éghajlat programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2015. október 27.

a témavezető aláírása

Székelyföld szélklímájának statisztikai vizsgálata

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a Földtudomány tudományágban

Írta: Lázár István okleveles geográfus

Készült a Debreceni Egyetem Földtudományok Doktori Iskola
(Tájvédelem és éghajlat programja) keretében

Témavezető: Dr. habil. Tar Károly

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Prof. Dr. Csorba Péter
tagok: Dr. habil. Makra László
Dr. Radics Zsolt

A doktori szigorlat időpontja: 2014. június 23.

Az értekezés bírálói:

Dr.
Dr.
Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.
tagok: Dr.
Dr.
Dr.
Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 20... ..

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném hálás köszönetemet kifejezni mindazoknak, akik doktori tanulmányaim alatt és a disszertációm elkészítésében nyújtottak segítséget.

Először is nagyon köszönöm témavezetőmnek Dr. habil. Tar Károlynak azt a kitartó és folyamatos támogatást, melyet tanulmányaim kezdetétől tanúsított felém.

Köszönettel tartozom Dr. habil. Szegei Sándornak, a Meteorológiai Tanszék vezetőjének, hogy számtalan esetben nyújtott szakmai és erkölcsi segítséget annak érdekében, hogy a dolgozatom elkészülhessen.

Köszönöm Dr. habil. Szabó Szilárdnak, a Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék vezetőjének a statisztikai és megjelenítési kérdéseimre adott válaszokat, valamint megkereséseimkot tanúsított türelmet.

Köszönettel tartozom szerzőtársaimnak, hogy szakértelmükkel és ötleteikkel közvetve vagy közvetlenül hozzájárultak a disszertációm alapját képező tudományos művek elkészítésében. Külön kiemelném ezen sorból Buday Tamást, Budayné Bódi Erikát, Csákberényi-Nagy Gergelyt, Tóth József Barnabást és Dr. Túri Zoltánt akik elvülhetetlen szakmai és baráti támogatást nyújtottak.

Köszönöm barátaimnak: Hegedűs Imrének, Dr. Pásztor István Zoltánnak, Dr. Molnár Ernőnek, Stion Évának és Vasvári Máriának, hogy barátságukkal és ösztönzésükkel hozzájárultak dolgozatom elkészüléséhez.

Külön köszönöm Dr. Tóth Tamás kollégámnak és barátomnak, azt a bátorítást és motivációt, amit a kezdetektől irányomba tanúsított, valamint azt a sok időt és energiát, melyet a disszertációm többszörös korrektúrázására szánt.

Köszönöm szüleimnek és nagyszüleimnek, hogy mind erkölcsileg, mind pedig anyagilag támogattak és bíztak bennem mindvégig.

Végül, de nem utolsó sorban hálásan köszönöm menyasszonyomnak, Sándor Viviennek azt a mérhetetlen türelmet és ösztönzést, amit a kutatásaim és a disszertációm írása alatt tanúsított. Köszönöm mind azt támogatást és holpontokon átlendítő impulzusokat, amit nap mint nap kaptam és kapok.

A disszertáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2.B-/1/KONV-2015-001 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával jött létre.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	7
1.1 Célkitűzések.....	8
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1 A szélenergia hasznosításának története.....	9
2.2 A szélenergia helyzete a világban.....	11
2.3 A szélenergia helyzete Európában.....	11
2.4 Románia megújuló energetikai potenciálja	12
2.5 Statisztikai becslések, modellezés	15
2.6 Statisztikai elemzések.....	17
3. ADATOK ÉS MÓDSZEREK.....	20
3.1 Adatok.....	20
3.1.1 A vizsgált meteorológiai állomások adatai.....	20
3.1.2 A CarpatClim adatbázis	26
3.2 Módszerek.....	26
3.2.1 Alapstatisztikák.....	26
3.2.1.1 Átlag.....	26
3.2.1.2 Szórás.....	27
3.2.1.3 Variációs együttható	27
3.2.1.4 Medián	27
3.2.1.5 Kvantilisek.....	28
3.2.1.6 Módusz.....	28
3.2.1.7 Ferdeség.....	28
3.2.1.8 Csúcsosság.....	28
3.2.2 Elméleti eloszlások	28
3.2.2.1 Normál-eloszlás	28
3.2.2.2 Lognormál-eloszlás.....	29
3.2.2.3 Gamma-eloszlás	29
3.2.2.4 Weibull-eloszlás	30
3.2.2.5 Cirkuláris normál eloszlás.....	32
3.2.3 Illeszkedésvizsgálat χ^2 próbával.....	33
3.2.4 Illeszkedésvizsgálat Kolmogorov–Szmirnov-féle egymintás próbával	33
3.2.5 Egymást követő napok szélsőségeinek módszere	34
3.2.6 Homogenitás vizsgálat χ^2 próbával.....	34
3.2.7 Statisztikai entrópia.....	34
3.2.8 A lineáris korrelációs együttható meghatározása.....	35
3.2.9 A korrelációs együttható szignifikanciája.....	36
3.2.10 A regressziós egyenes értékeinek meghatározása.....	36
3.2.11 Főkomponens elemzés	36

4. EREDMÉNYEK	38
4.1 A szélsőségre vonatkozó vizsgálatok	38
4.1.1 <i>A mért és a CarpatClim adatbázis összehasonlítása</i>	38
4.1.2 <i>A mérőállomások szélsőségeinek alapstatisztikai elemzése</i>	42
4.1.3 <i>A mérőállomások empirikus szélsőség eloszlásainak elméleti eloszlásokkal való közelítése</i>	46
4.1.3.1 <i>A Weibull-eloszlás alak és skála paramétereinek elemzése</i>	52
4.1.4 <i>Egymást követő napok átlagos szélsőségeinek kapcsolata</i>	56
4.1.5 <i>A mérőállomások szélsőség értékeinek területi elemzése</i> ..	65
4.2 A szélirányokra vonatkozó vizsgálatok	68
4.2.1 <i>A szélirányok empirikus eloszlásának elemzése</i>	68
4.2.2 <i>A szélirányok átlagsebességének vizsgálata</i>	74
4.2.3 <i>A szélirányok gyakorisági eloszlásának közelítése cirkuláris-normál eloszlással</i>	78
4.2.4 <i>A szélirányok statisztikai entrópiájának vizsgálata</i>	82
4.2.5 <i>A megfigyelt és közelített szélirány gyakoriságok valamint a statisztikai entrópia kapcsolatának vizsgálata</i>	86
5. ÖSSZEFOGLALÓ	89
6. SUMMARY	94
FELHASZNÁLT IRODALOM	98
ÁBRÁK JEGYZÉKE	107
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	109
MELLÉKLETEK	110

1. 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.

Az energiatermelésben két fféle típust különböztetünk meg, a hőtermelést és az elektromos áram termelést. Azon megújuló energiaforrások, amelyek villamos áram előállítására alkalmasak két típusát különböztetjük meg: hálózatra tápláló, valamint sziget üzemben működő rendszerek. Az első esetben oda-vissza mérő villanyórák segítségével regisztrálható a megtermelt és az elfogyasztott energia mennyisége, illetve ezek különbsége. Abban az esetben, ha többet termeltünk, mint amennyit fogyasztottunk, az elektromos áramot szolgáltató vállalat kell fizesse a megtermelt energia ellenértékét.

A szigetüzemben működő elektromos áram-termelő rendszerek esetében a termelt és az elfogyasztott áram térben és időben közel van egymáshoz. A légköri erőforrások (nap-, szélenergia) fluktuáló termelése következtében a megtermelt energiamennyiség rövid időn belül drasztikus változásokon mehet át, így a felhasználói oldal (közel) folyamatos kiszolgálása érdekében energiatároló egységeket kell beépíteni a rendszerbe.

A szigetüzemű rendszerek előnye, hogy azokon a potenciálal 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 ilyen dokumentumokat és ide vonatkozó információkat. Így a székelyföldi megyék (Hargita, Maros, 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 fellehető: Erdélyi-szigethegység, Fogarasi-havasok, Szebeni-havasok, valamint a mintaterületen fekvő Hargita és Görgényi-havasok [Internet-1]. 2013-ban Románia energia-mixében a szélenergia 8%-ot tett ki, ami negyede a vízenergiából származó mennyiségnek (26%), ugyanakkor a vízenergia háztartási méretű felhasználása a nagy beruházási költség miatt kevésbé perspektivikus [Internet-2].

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

1.1 Célkitűzések

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

Kutatásom során az alábbi célokat tűztem ki:

- meghatározni a vizsgált meteorológiai állomások szélesség értékeinek változékonyságát
- elmezni az empirikus szélesség eloszlás elméleti eloszlásokhoz való illeszkedését
- feltárni a CarpatClim és a mért adatbázis szélességre vonatkozó adatainak egyezését és különbözőségét, valamint ennek okait
- meghatározni a szélesség 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

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Áttekintésünk első részében összefoglaljuk azokat az ismereteket, amelyek a szélenergia hasznosítás időbeni és területi fejlődéséről eddigi tudományos munkák során fellelhető. Az áttekintés második részében összefoglaljuk azokat a legfontosabb statisztikai módszereket, amelyeket a szélklíma kutatásban alkalmaznak/alkalmaztak.

2.1 A szélenergia hasznosításának története

A légkörben fellépő áramlások vízszintes irányú összetevőjét szélnek nevezzük (PÉCZELY 1979). A szél régóta fontos szerepet tölt be az emberiség történetében. Az első tudatos felhasználók az egyiptomiak voltak megközelítőleg 5000 évvel ezelőtt, amikor vitorlás hajóikat a Níluson való közlekedésre használták (TÓTH ET AL. 2011; ŞAHIN 2004). A szélmalmokról szóló első beszámolók Babilóniából származnak. A Kr. u. 500-as években kezdett ez a technológia elterjedni, amit gabonaörlésre és öntözésre használtak a mai Irán és Afganisztán területén. Nyugat-Európában a XII. században jelentek meg a gabonaörlő szélmalmok, a közel-keleti elődjeiktől eltérően ezek lapátjaik már vízszintes tengellyel forogtak, amik hatékonyabban hasznosították a szél energiáját. Az iparosodás koráig a szélmalmokat széles körben alkalmazták, mint pl. a fűrészelés, öntözés, fűszer-, kakaó-, dohány-feldolgozás. Hollandiában a tenger által előtört területek víztelenítésére, a mediterrán területeken pedig öntözés mellett olíva olaj sajtolásra is használták a szél munkavégző képességét. A szélmalmok száma a XIX. század utolsó negyedéig fokozatosan növekedett kontinensünkön, Dániában pl. az 1890-es években a kisebb méretű szélmalmokból 25000 működött.

Magyarországon a török hódoltság után jelentek meg nagy számban a szélmalmok, bár helyenként már a XV. században is előfordultak. Elterjedésük a XVII. században vált általánossá, a legtöbb szélmalmost hazánkban 1866 és 1885 között építették. Számuk így alakult: 1863-ban 475, 1873-ban 854, 1885-ben 650, 1894-ben 712 és 1906-ban 691 (BÁRÁNY ET AL. 1970). A XIX. század végén és a XX. század elején az ország szélmalmainak 95%-a az Alföldön helyezkedett el (KEVEINÉ BÁRÁNY 1991), ami feltételezés nélkül is bizonyíték arra, hogy az ország ezen részén van hasznosítható szélenergia. A régi szélmalmok többsége a Dél-Alföldön található, ami arra utal, hogy a szélviszonyok leginkább itt feleltek meg a nem túl magasan elhelyezett, megközelítőleg 20 kW teljesítményű szélmalmok működési feltételeinek. Az egykori szélmalmok helyei tehát a vizsgálatok szerint (KEVEINÉ BÁRÁNY 2000; 2001) pontosan kijelölik azokat

a térségeket, ahol minden valószínűség szerint gazdaságos szélenergia termelés lehetséges.

A szélmalmok a gőzgépek elterjedésével azonban fokozatosan elvesztették e szerepüket. A XIX. század második felében Észak-Amerika nyugati részén megjelentek a kis-méretű, vízszintes tengelyen forgó vízszivattyúzásra alkalmas szélerőgépek. A rotor mögé felszerelt függőleges terelőlapát mindig az aktuális szélirányra merőleges helyzetbe forgatta a rotort, ami nagyobb hatékonyságot eredményezett. 1870-ben nagy áttörést jelentett, mikor a fa lapátokat könnyebb acéllemezekre cserélték, ami növelte a sebességet és a hatékonyságot. Az első nagyméretű, villamos energiát előállító szélerőművet 1888-ban építette meg az ohiói Charles F. Brush, amely fából készült, átmérője 17 méter volt és húsz éven keresztül üzemelt. Az 1930-as években az amerikai farmokon szélerőművek segítségével állították elő az elektromos áramot, azonban az 50-es években a villamos hálózat már mindenhová elért, így háttérbe szorult a használatuk.

1931-ig 30 kW-nál nagyobb teljesítményű szélerőmű nem épült, míg ebben az évben a Kaszpi-tenger partján üzemben helyezték a világ első 100 kW-os erőművét, ami több mint 10 évig üzemelt. 1931 és 1970 között számos nagy teljesítményű szélerőművet helyeztek üzembe szerte a világon. A következő nagy áttörés 1963-ban történt Franciaországban, amikor elkészült az első 1 MW-os szélerőmű prototípusa (TÓTH ET AL. 2011). Dániában az első áramtermelésre készített szélerőművet 1957-ben állították fel, ezek 1976-ban kerültek kereskedelmi forgalomba.

A XX. század második felében az olajár ingadozások hatására a szélhasznosítás területén jelentős kutatás-fejlesztések folytak, főleg Dániában, Németországban, Svédországban, az Egyesült Államokban, Kanadában és az Egyesült Királyságban. Ennek eredményeképpen megjelentek a háromlapátos dán fejlesztésű szélerőművek. Az amerikaiak ezekkel kapcsolatban több alkalommal tettek negatív megjegyzéseket, ennek ellenére a 80-as évek közepén népszerű támogatási rendszer hatására, a Kaliforniába telepített szélerőművek fele Dániából származott. Ennek oka a megbízhatóság és az alacsony fenntartási költség. Dánia kiaknázza a szélenergia hasznosításban rejlő lehetőségeket, hiszen a 90-es években kedvező áram-átvételi árakkal segítették a szélerőmű telepítéseket. Az ezredfordulón az elektromos áram igényének 13%-át szélenergiából fedezték, amellet, hogy a teljes kapacitás 80%-a magántulajdonban van.

Az anyagtudomány fejlődésének és a repülőgép-gyártásból átvett üvegszál-kompozit és karbonszál technológiáknak köszönhetően a napjainkban gyártott szélerőművek teljesítménye és hatásfoka egyre nő.

2.2 A szélenergia helyzete a világban

Amint az a fentiekből is látszik a szélenergetika, mint a fenntartható energiatermelés egyik alternatívája, és mint iparág a XX. század elejétől napjainkig folyamatosan fejlődött, de jelentős technológiai ugrás az elmúlt 20 évben volt megfigyelhető (WELCH – VENKATESWARAN 2009). A fejlődés üteme azzal is szemléltethető, hogy az egyes évek szélenergetikai beruházásainak kumulált értékei a 2000-es évektől napjainkig közel lineárisan növekvő görbével írható le. 2014. év eleji statisztika szerint a világ szélenergetikai kapacitása elérte a 318,105 GW-ot (GWEC 2014). Az évről-évre növekvő számú és méretű beruházások görbéje is hasonlóan lineárisan növekszik, azzal a különbséggel, hogy először ebben az iparágban 2013-ban nem haladta meg az előző évi beruházás mértékét. A 2013-ban újonnan telepített kapacitás értéke globálisan 35,289 GW, míg az ezt megelőző évben 2012-ben 45,169 GW volt (GWEC 2014).

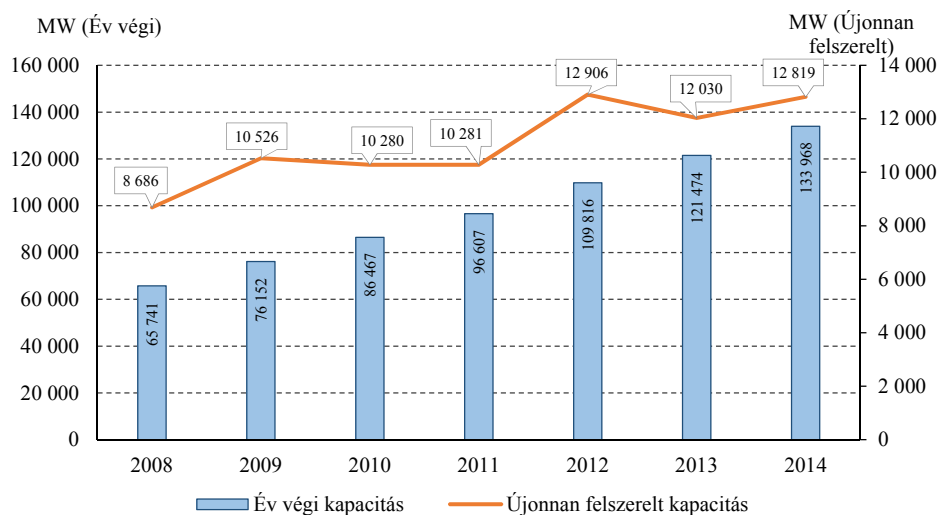
Ha a világot beruházások szempontjából hat régióra bontjuk (Európa, Észak-Amerika, Ázsia, Közép- és Dél-Amerika, Afrika és Közel-Kelet, Ausztrália és Óceánia), akkor az tapasztalható, hogy az utóbbi három régióban elenyésző a beruházások száma, míg az első háromban folyamatosan növekszik (GWEC 2013; 2014). Ennek magyarázata, hogy a 2014. év eleji összesítés szerint a legnagyobb kapacitással rendelkező államok: Kína (91,4 GW), Amerikai Egyesült Államok (61 GW), Németország (34,2 GW), Spanyolország (22,9 GW), India (20,1 GW) voltak. Ebből Kína a világ kapacitásának több mint negyedét birtokolja. Az is meglepő adat, hogy 2013-ban, Kínában 16 GW-nyi kapacitást helyeztek üzembe (a globális érték 45,6%-a). Annak ellenére, hogy rohamosan nő a szélenergia szektor részaránya, az ország energiaszükségletének csupán 2%-át fedezik megújuló energiaforrásokból (FURCHTGOTT-ROTH 2012; [Internet-3]).

A szélenergia iparág a gyártó és beruházó államok gazdaságára jelentős hatást gyakorol, ugyanis nemcsak a tudásbázis, hanem a gyártó és kivitelező oldalon is nagyszámú humán erőforrást igényel (EWEA, 2009; WEI ET AL. 2010; CAI ET AL. 2011). A gyártási és kivitelezési folyamat emberigényét, az egyes alkatrészek költségével (előállítási költség) hozható összefüggésbe általánosságban (arányaiban azonosnak tekinthető mérettől és típustól függően) (BLANCO 2009).

2.3 A szélenergia helyzete Európában

Az Európai Szélenergia Társaság (EWEA) által 2015 februárjában kiadott jelentése alapján 2015. január 1-én Európában összesen 121 GW-nyi szélenergia kapacitás volt üzemben, amit ha összevetünk a GWEC 2013-as évre vonatkozó adataival látható, hogy itt található a világ kapacitásának több

mint egyharmada (EWEA 2015; GWEC 2014). Az utóbbi hat évben az évenként felszerelt kapacitás 8,6 és 12,9 GW között ingadozott (1. ábra).



1. ábra: Az európai szélenergetikai beruházások alakulása 2008 és 2014 között (az EWEA adatai alapján saját szerkesztés)

Világviszonylatban az első öt legnagyobb kapacitással rendelkező állam között két európai ország van: Németország és Spanyolország. Ez a két ország a kontinens kapacitásának közel felét (46,6%) teszi ki, ami 56,6 GW-ot jelent.

2.4 Románia megújuló energetikai potenciálja

Az Európa Parlament és az Európa Tanácsa által elfogadott megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelvet (EURÓPAI TANÁCS 2009), a 2007. január 1-én az Európai Unióhoz csatlakozott Románia is ratifikálta. A Strasburgban 2009. április 23-án keltezett dokumentum nemzeti jogrendbe ültetésének határidejét 2010. december 5-tel végződően állapították meg. Ezen irányelv kötelező nemzeti célkitűzésként fogalmazta meg a megújuló energiaforrásokból előállított energiának közösségi energiafogyasztásban 2020-ra 20%-os részarányát, valamint a közlekedésben használt megújuló energiaforrásokból származó üzemanyagok 10%-os részarányra való növelését. A tagállamok megújuló energetikai adottsága eltérő, ezért a 20%-os közösségi célkitűzést, az egyes tagállamok számára a kiinduló állapothoz és a lehetőségekhez mérten kell megalkotni az egyedi célt, kellően ügyelve az elosztás méltányosságára. A dokumentumban meghatározott kritériumoknak eleget téve az EU-27 országaira kiszámolták a 2020-ra teljesítendő részarány mértékét, amely

Románia esetében 24%. A környező EU-s országokat tekintve ez kimagasló érték, ugyanis Magyarország esetében ez az irányszám 13%, Bulgáriában pedig 16%. Romániához hasonló meghatározott értékeket még Franciaország és Litvánia (23%), valamint Észtország és Szlovénia (25%) esetében figyelhetünk meg. Romániát meghaladó célkitűzések a következő országokban vannak: Dánia (30%), Portugália (31%), Ausztria (34%), Litvánia (42%), valamint a legnagyobb vállalást mutató tagállam Svédország, ahol az energia szükségletének közel felét (49%) tervezik megújuló energiaforrásokból fedezni (EURÓPAI TANÁCS 2009; COLESCA – CIOCIU 2013).

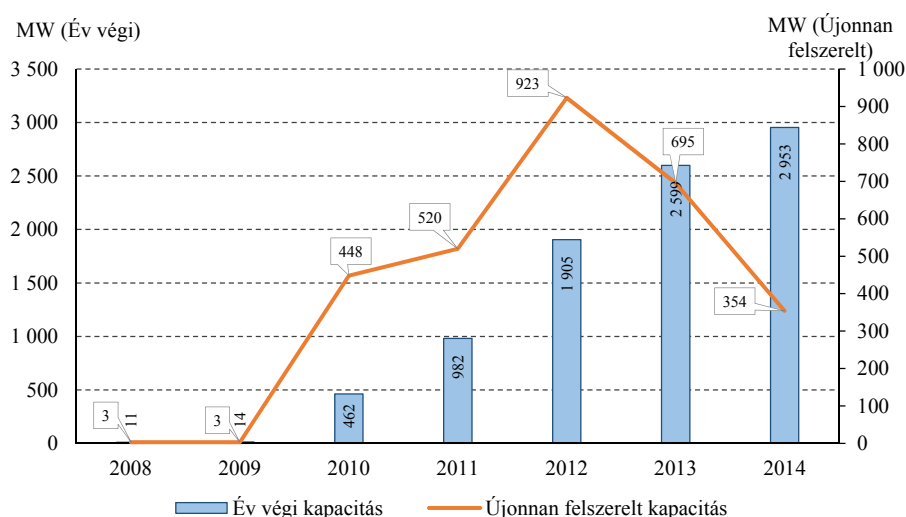
A román jogalkotók fél év múlva – az irányelv közzétételének dátumától – 2008. október 27-én megjelentették a Hivatalos Közlönyben a 220/2008 törvényt (MONITORUL OFICIAL 2008). Ez a törvény összhangban az Európa parlament és Bizottság döntésével szabályozza a megújuló energiákból termelt energia támogatási rendszerét.

DUSMANESCU (2013) szerint az ország megújuló energetikai elméleti technikai potenciálja 710 GWh, amiből a szélenergia 409 GWh. A becsült szélenergia potenciál 7%-át (29 GWh) javasolt hálózatba integrálni 2020-ra, hogy biztosítsa a megújuló energia mix 24%-os részesedésének kötelezettségét (DUSMANESCU ET AL. 2014). A törvény adta lehetőségek és a kedvező befektetési feltételek hatására az utóbbi 5 évben ugrásszerűen növekedésnek indult a megújuló energetikai szektor. Egy nemzetközi tanácsadó cég „a befektetők paradicsomának” nevezte Romániát (ERNST & YOUNG 2013).

2012-ben 14 felújított, valamint 55 új szélerőmű volt hálózatra kapcsolva (ȚĂPURICĂ – TACHE 2014). Az Európai Szélenergia Társaság 2015 februárjában kiadott jelentése szerint Romániában 2953,6 MW szélerőműi kapacitás volt üzemben a tárgyév első napján (EWEA 2015). A szélenergetikai beruházások robbanásszerű növekedése 2010-ben kezdődött; az évente felszerelt kapacitás csúcsát pedig a 2012-ben érte el, amikor csak ebben az évben 923 MW kapacitást üzemelttek be (EWEA 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015) (2. ábra). Összehasonlításként Magyarországon 2012-től napjainkig nem építettek újabb szélerőműveket, 2015. január 1-én összesen 329 MW kapacitás volt üzemben.

Az szélenergetikai beruházásokat tekintve alapvetően 2 területre koncentrálódik a teljes kapacitás döntő többsége: a Moldvai-fennsík, illetve Dobrudzsa, beleértve a tengerparti területeket is (GAZDASÁGI, KERESKEDELMI ÉS TURISZTIKAI MINISZTERIUM). A 2006-ban megjelent széltérkép is alátámasztja az előbbi állítást, azzal a kiegészítéssel, hogy nem csak az ország DK-i illetve K-i részén figyelhető meg 8 m/s-ot meghaladó szélsősebesség sok éves átlagban 50 m magasságban, hanem Erdély és Moldva,

valamint Havasalföld határán végigívelő Keleti- és Déli-Kárpátokban is (GRIGORAS – SCARLATACHE 2015). VESPREMEANU-STORE (2012) és munkatársai által közölt tanulmány szerint az ország legnagyobb szélenergia potenciállal rendelkező területei a Kárpátok (7-10 m/s) és a Fekete-tenger partvidéke (5-7 m/s). A MEGAJOULE portugál tanácsadó cég által elkészített széltérkép alapján [Internet-4] (1a. melléklet) a tengerpart csak mérsékelten tekinthető szelesnek a Kárpát-kanyarhoz viszonyítva (PILAO ET AL. 2014). COLESCA – CIOCIU (2013) valamint ANDREI (2002) és munkatársai szerint Románia délkeleti részén, a Fekete-tenger és a Duna-delta közelében Tulcea és Konstranca megyékben 11 m/s-ot meghaladó szélesség értékek fordulnak elő. Hasonlóan magas szélenergetikai potenciállal rendelkező területek az ország DNy-i része Krassó-Szörény megye, valamint a K-i része, Moldva.



2. ábra: A romániai szélenergetikai beruházások alakulása 2008 és 2014 között (az EWEA adatai alapján saját szerkesztés)

Mivel a fent megnevezett területek rendelkeznek a legnagyobb potenciállal, így a többi terület, mint pl. Erdély és ennek peremvidékeivel kapcsolatos ismeretanyag minimálisnak mondható. Egy Európai Unió projekt keretében a Fejlesztési és Turisztikai Minisztérium egy jelentést adott ki, amely a Központi Fejlesztési Régióra (Fehér, Maros, Hargita, Kovászna, Brassó és Szeben megyéket foglalja magába) vonatkozó szélenergetikai mérlegelést tartalmaz (ADR CENTRU 2010). Munkájukban a román Meteorológiai Szolgálat (ANM) által gondozott, a fent megnevezett területen elhelyezkedő meteorológiai állomások adatait feldolgozva két interpolálási technikát alkalmazva (natural neighbors és Kriging) alkották meg a régió

széltérképét. Az eredmények alapján a régió keleti részén elhelyezkedő Székelyföld (VOFKORI 1996) területének harmada kis szélpotenciállal rendelkező térség, viszont nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy a jelentős módszertanában nincs részletezve a metodológia, illetve ennek folyamata.

2.5 Statisztikai becslések, modellezés

Egy terület, térség, régió potenciális szélenergiájának, valamint szélklimájának tér- és időbeni eloszlásának pontos meghatározása összetett feladat, ugyanis ezen feladat elvégzéséhez hosszú mérési adatsorra van szükség nagy területi felbontással (a mintaterületen sűrűn elhelyezett mérőpontok/állomások segítségével). Abban az esetben, ha nem áll rendelkezésünkre nagy sűrűségű mérőhálózatból álló adatsor a mintaterület szélklimájára vonatkozó mérőszámokat, értékeket csak becsülni tudjuk. A különböző becslési módszerek közös tulajdonsága, hogy az áramló levegő hosszabb-rövidebb időszakra vonatkozó átlagsebességéből indulnak ki.

VAJDA (1999) tanulmánya alapján az egész földi légkört tekintve megállapítható, hogy bár a légmozgásban realizálódott mozgási energia a légkör (\approx troposzféra) teljes energiájának kis része, mégis nagy teljesítményt, 1,5 PW-ot képvisel. Gyakorlati kiaknázására azonban csak az alsó 100-200 méteres réteg jöhet számításba a szerkezeti és kivitelezési okok miatt. Ennek alapján a teljes energia készlet mindössze 1%-a marad potenciálisan kiaknázható mennyiségként, ami 15 TW-ot jelent. Ennek 20%-a, azaz 3 TW jut a szárazföldekre (TAR 2004). Ez az érték Magyarország területére vonatkoztatva, – a Föld szárazföldjeinek összterülete 149 millió km^2 ebből Magyarország 93 030 km^2 – 1,8 GW, míg Románia esetében 4,8 GW energiát jelent. Magyarországi szűkítéssel folytatva a gondolatmenetet KOPPÁNY (1989) tanulmányában a budapesti magas légköri megfigyelések alapján (1929-1953) meghatározott átlagos szélesebesség és a normál légkör sűrűségének magasság szerinti változásaiból arra következtetett, hogy egy 500 métert elérő tengerszint feletti magasságú dombtetőn mintegy 11-szer nagyobb fajlagos széltejesítmény nyerhető, mint síkságon, még akkor is, ha a domborzatnak a szélesebességre gyakorolt hatásáról (a levegőtrajektóriák összetartása) eltekintünk (TAR ET AL. 2005).

Statisztikai becslések közé soroljuk azokat a statisztikai feldolgozásokat, elemzéseket, amelyek meteorológiai állomások vagy mérőpontok széladatain alapszanak. Ezen adatok éghajlati célú feldolgozásai is tartalmazznak már direkt vagy indirekt információt a szélpotenciál tér- és időbeni eloszlásáról, illetve változásáról. Ebben a témakörben számos tudományos munka született, amelyek közül a számunkra legjelentősebbek a következők: AMBRÓZY – WÁGNER (1987), ANGEHRN (1932), AUJESZKY (1948, 1949, 1951), BACSÓ (1930, 1935, 1961), BARTA (1984), BÁN –

GAJZÁGÓ (1974), BÁRÁNY ET AL. (1970), továbbá BERKES (1939, 1952), CZELNAI L. (1953), CZELNAI R. ET AL. (1967), HEGYFOKY (1908, 1912), HILLE (1932), KAKAS (1949), KAKAS – MEZŐSI (1956), LEDÁCS-KISS (1977), MAKRA ET AL. (2000), valamint ORENDI (1967), PAPP (1947), PÉCZELY (1957, 1965), RÉTHLY (1902), SIMON – SZABÓNÉ (1967), STENER (1932), SZABÓNÉ (1960), SZALAI (1962), SZUCSÁK (1972), TAR (1983), TAR (1999), WÁGNER – PAPP (1984). A fent felsorolt tanulmányok fontosabb klimatológiai megállapításait és belőlük levonható energetikai következtetéseket TAR (1991) munkájában foglalta össze.

A részletes szélklimatológiai vizsgálatokhoz illetve a szél energiájának hasznosításához többféle léptékű információ feldolgozására van szükség, mivel a légkör mozgásjelenségei horizontálisan és vertikálisan, valamint időben is széles tartományban értelmezhetők. BÍRÓNÉ KIRCSI (2007, 2008) végzett nagytérségű szélklimatológiai vizsgálatokat az NCEP/NCAR reanalízis projekt 50 éves, az északi negyed gömbre vonatkozó meridionális és zonális szélvektorok napi adatsorából.

Készültek olyan átfogó kutatások is, amelyek szélklimatológiai és szélenergetikai információkkal egyszerre szolgáltak Közép-Európa országaira. Ezen kutatás eredményeit a Wind Atlas for Central European Countries (DOBESCH – KURY 1997) tartalmazza, amelyet BARTHOLY ÉS RADICS (2000), valamint KIRCSI (2001) munkájukban részletesebben tártak elénk Magyarország vonatkozásában.

Hazánkban a szélmező dinamikus modellezésére a WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) (BARTHOLY – RADICS 2000, 2001; RADICS 2001; RADICS – BARTHOLY 2001; RADICS 2003; RADICS – BARTHOLY 2005; VARGA ET AL. 2006; LÁZÁR 2009), valamint a WindSim (BÍRÓNÉ KIRCSI ET AL. 2012) programokat használják a kutatók. A WAsP modell a széladatok horizontális és vertikális extrapolációjára szolgáló lineáris, spektrális modell, amit Dániában fejlesztettek ki. A modell alkalmas a domborzati és érdességi adatok alapján egy terület szélklimájának becslésére, az átlagos szélesebbesség teljes energiájának kiszámítására és a szélturbina közepes teljesítmény outputjának meghatározására.

A WindSim modell a norvég Vector As által fejlesztett CFD (Computational Fluid Dynamic) analízisen alapuló szélfarm tervező szofver. A programcsomag alapját a PHOENICS program adja, amely egy 3D Reynolds átlagolású Navier-Stokes egyenlet megoldó alkalmazás (CASTRO ET AL. 2003; LOPEZ ET AL. 2007). A tömeg-, momentum- és energiacsere leíró nem lineáris mozgásegyenleteket a program iterációval közelíti (BÍRÓNÉ KIRCSI ET AL. 2012).

Az elmúlt években a nagy földrajzi egységekre kifejlesztett, szélmezőket modellező módszerek és szoftverek mellett a jóval kisebb méretű, összetett felszínű, heterogénebb szerkezetű lakott területek szélviszonyait modellező módszerek alkalmazása gyakorivá vált. Ezen kutatások az épületek áramlásmódosító hatása mellett a tetőszintben elhelyezett szélturbinák termelését tárják elének (LEDO 2011; BOWEN 2003; ABOHELA ET AL. 2013; PEACOCK 2008; LU – SUN 2014).

A légkör alsó 100 méteres rétegének szélklímáját egy múltbéli időszak alapján jellemző nagyfelbontású széltérképek előállításának másik módja az előrejelzésben használt numerikus modellek dinamikai leskalázása. A módszer leírását és a széltérképeket SZÉPSZÓ ET AL. (2006) és DOBI (2006) munkáiban találjuk.

Valószínűleg pontosabb eredményt adnak a szélstatisztikák, a széleenergia becslésére használt vagy kifejlesztett mezoskálájú modellek, amelyek ötvözik a statisztikus és dinamikus módszereket. WEIDINGER ET AL. (2007) szerint ezeknek a modelleknek az önálló futtatásával mód nyílik hosszú adatsorok előállítására. A RÓZSAVÖLGYI (2007A, 2007B) által kifejlesztett modell, valamint BANAN – PARRY (2003), RADMAN – MEENTEMEYER (2006) és AYDIN ET AL. (2010) munkájukban bemutatott modellek célja a széleenergia optimális hasznosítási helyének földrajzi meghatározása különböző megadott feltételek alapján. A modell gerincét geostatisztikai módszerek képezik, emellett azonban légkörfizikai, klimatológiai elemeket is tartalmaz.

2.6 Statisztikai elemzések

A mérési szinttől különböző magasságokban feltételezett szélesebesség eloszlásának előállítására a Weibull-eloszlás alkalmas, abban az esetben, ha a mérési (anemométer) magasságban is jó közelítésnek bizonyul. Paraméterei (alak és skála) ugyanis az e szinthez tartozó értékekből meghatározhatók. A paraméterek meghatározására több iterációs és egyéb közelítő módszert dolgoztak ki (WILKS 1995). Ezek közül a hazai (TAR 2008) és nemzetközi gyakorlatban JUSTUS ET AL. (1978) három módszerét alkalmazzák a legtöbb tudományos munkában, főként a módszerek egyszerűsége miatt. Az eltérő módszerekkel meghatározott paraméterek és az ezekből felírt Weibull-eloszlás általában nem egyformán közelíti a mért (empirikus) szélesebességek eloszlását, így ezek extrapolálása magasabb térrészekbe nem egyformán megbízható. Külföldi, eltérő földrajzi területekre vonatkozó példákat GUPTA (1986), REHMAN (1994), BORHAN (1998), NFAOUI ET AL. (1998), SHATA – HANITSCH (2006), RAMIREZ – CARTA (2005), BAUER (1996), CELIK (2003), ALPAY ET AL. (2006), BECHRAKIS ET AL. (2004), PÉREZ ET AL. (2004), OUAMMI ET AL. (2010A, B, C), AKDAĞ (2010),

valamint KEYHANI ET AL. (2010), SALEH (2012), OLAOFE – FOLLY (2012), FREITAS DE ANDRATE ET AL. (2014), FIGUEROA-ESPINOZA – SALLES (2014), KHAN ET AL. (2014) munkáiban találunk. Kiemelendő TORRES (1999) tanulmánya, amely a szélirányonkénti sebességeloszlást közelítette a Weibull eloszlással, valamint NFAOUI ET AL. (1999) cikke, mely szerint Marokóóban a szélesebességek eloszlását az ún. hibrid Weibull eloszlás jobban közelíti, mint az eredeti. Meg kell említeni PAVIA – O’BRIEN (1986) munkáját, amiben a világoceánt átszelő hajózási útvonalak mentén végzett mérések adatait dolgozták fel, melynek kiemelt produktuma olyan Hovmöller féle diagram (izovonalas), amely az eloszlás alak és skála paramétereinek tér és időbeli változásait jeleníti meg. A hazai és a nemzetközi szakirodalomban egyaránt találunk olyan tanulmányokat, amelyek az empirikus szélesebesség eloszlást több – nem csak a Weibull-eloszlással – elméleti eloszlással közelítik (SAFARI 2011; TAR 2008). MAHBUB ET AL. (2011) munkájukban az eloszlás alak és skála paraméter magassággal való növekedését mutatták ki, viszont a mérések csak egy pontban, több magasságban (10, 20, 30, 40 méter) történtek. Vannak olyan területek, ahol más, például a lognormál eloszlás bizonyul jobb közelítésnek (GARCIA ET AL. 1998).

A weibull eloszlás speciális esete az egy paraméterű Rayleigh-eloszlás, amelynek paramétere a várható (átlagos) értékkel arányos. Az eloszlás akkor alkalmas a magasabb szintek empirikus szélesebesség eloszlásának előállítására, ha ott más módon az átlagos már ismert. KOSE ET AL. (2004) rövid idejű mérései szerint a Weibull eloszlás mind 10 mind 300 méteres magasságban jobbnak bizonyult. Általában is ez a helyzet a Föld különböző tájain, de a paraméter jóval egyszerűbb becslése miatt a kutatók egy része inkább a Rayleigh-eloszlást használja (SAHIN – AKSAKAL 1999; ULGEN – HEPBASLI 2002; GIPE 1995; PISHGAR-KOMLEH ET AL. 2015).

A szélerőművek üzemeltetőinek egyik legnagyobb problémája az ún. „menetrend” vagy más néven előzetes termelési napló, melyben a következő napon megtermelő elektromos áram rövid időszakokra eső mennyiségének becslését jelenti. A szél (sebesség és irány) bizonytalansága miatt ez igen nagy megoldandó feladatot jelent. Tar és munkatársai számos tanulmányban mutatták be módszerüket, amely különböző időszakokban (évszak, év), időjárási helyzetekben (makorszínoptikus helyzetek, frontok) és ezek átmenetei esetén becslést ad arra vonatkozóan, hogy a napi átlagos szélesebesség és vele együtt az átlagos szélenergia következő napra történő növekedésének vagy csökkenésének mekkora a bekövetkezési valószínűsége (TAR – PUSKÁS 2010A, 2010B; TAR 2011; TAR ET AL. 2011A, 2011B; TAR 2014A, 2014B).

A nemzetközi szakirodalomban számos olyan tanulmány fellelhető, amelyek a különböző szélirányok energiatartalmát vizsgálják. Tény, hogy energetikai szempontból ez a legfontosabb, amire keressük a választ. Ugyanakkor kiemelt fontossággal bír a szélirányok változatosságának oka, amelyekre a mikro- és mezoléptékű környezetben kívül (UNGER 1997) a nagytérségi időjárási helyzetek is befolyással bírnak (PÉCZELY 1979; TAR 2007, 2008A, 2008B, 2011).

JONES ET AL. (1975) munkájukban a szélirányokat leíró/közelítő függvény negatív valószínűségi értékeinek kiküszöbölése érdekében egy rövidített Fourier sort alkalmaztak. A Kanári-szigeten folytatott mérésorozat feldolgozásánál CARTA ET AL. (2008) összevont függvényt – szélsébség és szélirány – alkalmaztak a szélpotenciál vizsgálatához. Ezen munkájukban izotróp és anizotróp modelleket hasonlítottak össze. XYDIS (2012) munkájában a mérőtornyok és a horizontális távolság közötti kapcsolatot, az érdességi érték változását, valamint a szélirány változását vizsgálta. Tanulmányának mintaterülete a Korintoszi-öböl partvidéke, amely földrajzi helyzetéből adódóan lehetőséget nyújtott a napi ciklikusságú szélirányváltozás vizsgálatára a változatos orográfia függvényében.

3. ADATOK ÉS MÓDSZEREK

3.1 Adatok

Az értekezés mintaterülete Románia központi régiójában, Erdély keleti peremén helyezkedik el. VOFKORI (1994) az alábbiak szerint lokalizálta és írta körül: Székelyföld (Székelyország, Terra Siculorum; Pământul Secuilor; Seklerland) felöleli a Keleti-Kárpátok legbelső vonulatait (Görgényi havasok, Kelemen-havasok, Hargita, Gyergyói-havasok, Nagyhagymás vonulata, Csíki-havasok, Baróti-, Bodoki- és és Persány-hegység) és a közrezárt kárpáti és hegylábi medencéket. A Maros és mellékágainak felső szakasza, a Küküllők forrásvidéke és középső szakasza, az Olt felső és középső folyása, a Feketeügy folyása kijelölik a Nyárádmentét, Sóvidéket, Gyergyót, Fel- és Alcsíkot, Háromszéket Erdővidékkel együtt (*Ib. melléklet*). Az térség területe 12 500 km². A leghidegebb a Gyergyói-medence, ahol a téli hónapok középhőmérséklete -9°C, a téli napokon gyakori a -20°C, -30°C. A Fel-, Közép- és Alcsíki-medencére osztható Csíkban 600-700 mm az évi csapadékmennyiség, 5,8°C az évi középhőmérséklet [Internet-5].

3.1.1 A vizsgált meteorológiai állomások adatai

A disszertáció adatbázisának gerincét 8 székelyföldi meteorológiai állomás (Hargita és Kovászna megyében: 4-4 állomás) (*3. ábra*) szélesség és a maximális szélességhez tartozó szélirány adatai alkotják. A vizsgált időszak 2006. január 1-től 2012. december 31-ig terjed. Az állomások havi jelentéseit önköltségen megvásároltuk, melynek átvétele a Marosvásárehelyi Regionális Meteorológiai Központban történt. Az állomások földrajzi helyzete és a tengerszint feletti magassága a *1. táblázatban* látható.

1. táblázat: A vizsgált meteorológiai állomások koordinátái és tengerszint feletti magassága

Állomás	Északi Szélesség (°)	Keleti hosszúság (°)	Tengerszint feletti magasság (m)
Bucsin-tető	46,649029	25,296475	1282
Csíkszereda	46,37124	25,77257	661
Gyergyóalfalu	46,705741	25,512558	750
Kézdivásárhely	45,992916	26,11505	569
Lakóca	45,824198	26,376301	1776
Maroshévíz	46,927499	25,361432	687
Sepsiszentgyörgy	45,871805	25,803236	523
Székelyudvarhely	46,296797	25,291765	523

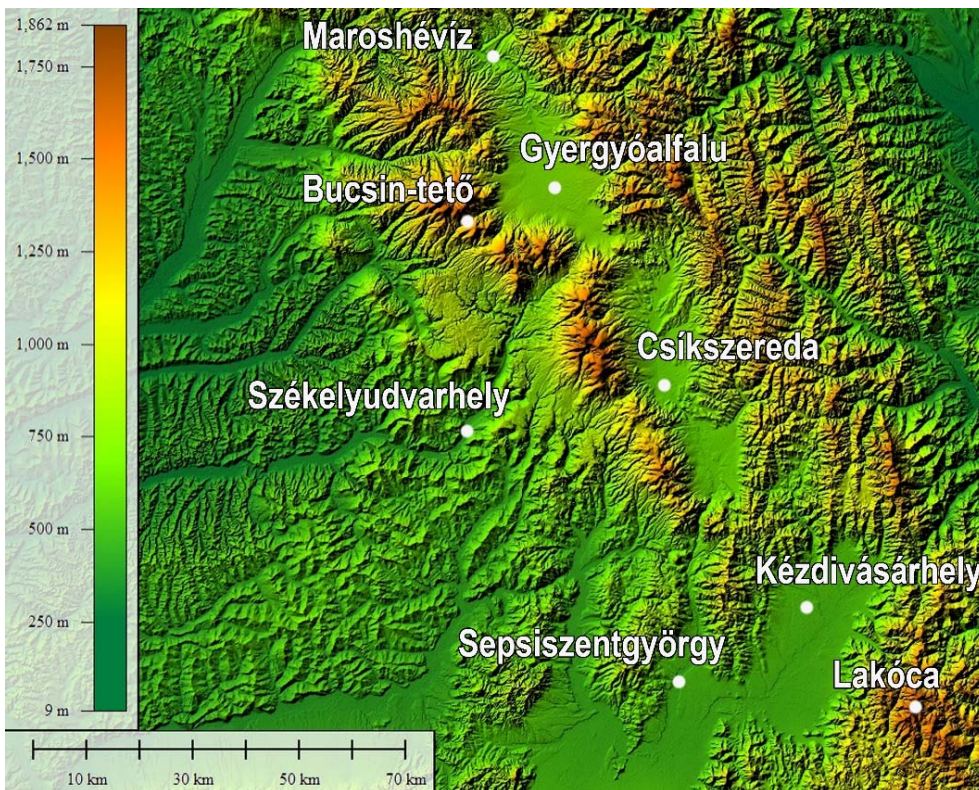
A meteorológiai állomások a Román Meteorológiai Szolgálat (Administrația Națională de Meteorologie) hálózatába tartoznak. Mindegyik

állomáson a WMO szabványának megfelelően 10 méteres magasságban mérik a szélsébséget és a szélirányt (WMO, 2008), Vaisala cég által gyártott WA15 típusú szélmérő rendszerrel (2. táblázat).

A szélklimatológiai vizsgálatainkhoz a meteorológiai állomások adatsorainak két adatsorát használtuk fel: a napi átlagos szélsébséget és a maximális szélsébséghez tartozó irányt/irányokat.

2. táblázat: A WA15 típusú szélmérő rendszer mérés-technikai paraméterei (forrás: [Internet-6])

	WAA151 (szélsébség)	WAV151 (szélirány)
Mérési tartomány	0,4 – 75 m/s	0 – 360°
Indító sebesség	<0,5 m/s	<0,4 m/s
Mérési pontosság	0,17 m/s	±2,8°
Hőmérsékleti tartomány	-50 - +55 °C	-50 - +55 °C
Méret	240 (h) 90 (Ø) mm	300 (h) 90 (Ø) mm
Tömeg	570 g	660 g



3. ábra: A meteorológiai állomások elhelyezkedése

A műszerek meghibásodása és az időjárás viszontagságai miatt rövidebb-hosszabb adathiányos időszakok keletkeztek, melyeknek, maximális relatív értéke 19% (3. táblázat). A legadathiányosabb állomás Bucsin-tető,

ahol az adatok 19%-a hiányzik; ezzel ellentétben, a Csíkszeredán, Gyergyóalfalun és Kézdivásárhelyen ez az érték 0%. Érdekes tény, hogy a legkisebb és legnagyobb adathiányt mutató állomás légvonalban 17,7 km-re található egymástól, viszont a relatív szintkülönbség 532 m.

3. táblázat: A meteorológiai állomások adatsorának relatív hiánya a vizsgált időszakban

Állomás	Nincs adat (%)
Bucsin-tető	19,0
Csíkszereda	0,0
Gyergyóalfalu	0,0
Kézdivásárhely	0,8
Lakóca	1,2
Maroshévíz	3,0
Sepsiszentgyörgy	0,0
Székelyudvarhely	2,3

Az adathiányt évszakos bontásban vizsgálva, a Bucsin-tetői állomás esetében minden évszakban jelentősen több hiányos időszakot figyelhetünk meg, mint az összes többi állomáson (4. táblázat). Ezen állomáson a téli évszakban tapasztaltuk a legnagyobb adatkiesést, amely a nyugatias légáramlatokkal érkező magas relatív nedvességű légtömegek zúzmarás jelenségeire vezethető vissza, ami az anemométer befagyásához, így működésképtelenségéhez vezetett. Amint a 4. táblázatban is látható a téli évszak adatainak több mint negyede hiányzik, ami arányaiban is a legnagyobb hiányt mutatja.

Az többi állomás adathiányai időszakos műszer meghibásodásból adódnak. Ezen információkat az ott szolgálatot teljesítő meteorológusok és észlelők is megerősítették.

4. táblázat: Az adathiány relatív értékei évszakos bontásban (%)

	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz
Bucsin-tető	28,6	19,3	14,3	14,1
Csíkszereda	0,0	0,0	0,0	0,0
Gyergyóalfalu	0,0	0,0	0,0	0,0
Kézdivásárhely	0,2	3,1	0,0	0,0
Lakóca	0,0	0,0	0,0	4,7
Maroshévíz	1,9	0,6	6,4	3,0
Sepsiszentgyörgy	0,0	0,0	0,0	0,0
Székelyudvarhely	3,0	0,0	0,2	6,0

A különböző állomásokon tapasztalt, a szélsébség szenzor indítási küszöb alatti értékeinek (a továbbiakban szélsécsend) relatív gyakorisága az 5. táblázatban látható. A teljes időszakra vonatkozó adatok szélsécsendes megoszlásából jól elkülöníthető, hogy a legszélsécsendesebb állomás a gyergyóalfalui, ahol a relatív értéke közel 10% alatt van, míg Székelyudvarhelyen egyáltalán nincs szélsécsend.

5. táblázat: A meteorológiai állomások szélsécsendes időszakainak relatív értéke a vizsgált időszakban

Állomás	Szélsécsend (%)
Bucsin-tető	2,39
Csíkszereda	0,08
Gyergyóalfalu	9,86
Kézdivásárhely	5,91
Lakóca	0,82
Maroshévíz	0,12
Sepsiszentgyörgy	0,08
Székelyudvarhely	0,00

Ha évszagos bontásban vizsgáljuk a szélsécsendes időszakok megoszlását (6. táblázat), láthatjuk, hogy a legszélsécsendesebb állomás a téli negyedévben Gyergyóalfalu, a második pedig ugyancsak télen Kézdivásárhely.

6. táblázat: A szélsécsendes időszakok relatív értékei évszagos bontásban (%)

Állomás	Tél	Tavaszi	Nyár	Ősz
Bucsin-tető	3,32	1,09	0,78	4,40
Csíkszereda	0,32	0,00	0,00	0,00
Gyergyóalfalu	22,15	3,26	0,93	13,34
Kézdivásárhely	14,24	1,24	2,33	0,00
Lakóca	0,32	1,09	0,78	1,10
Maroshévíz	0,47	0,00	0,00	0,00
Sepsiszentgyörgy	0,16	0,00	0,00	0,16
Székelyudvarhely	0,00	0,00	0,00	0,00

A meteorológiai állomások adatainak részletesebb vizsgálatával betekintést nyerünk a fent említett adathiányos és szélsécsendes időszakok hosszára és okaira. Amint az 1. táblázatban is látható az állomások tengerszint feletti magassága 523 m és 1776 m között változik, ami 1253 m relatív szintkülönbséget jelent a legalacsonyabban és legmagasabban fekvő állomások között. A tengerszint feletti magasság mellett meghatározó

szerepe van az elhelyezkedésnek, a közvetlen környezetnek, illetve a terület domborzati viszonyainak. A mérőállomás elhelyezkedése alatt a településhez viszonyított helyzete, az attól való távolsága értendő. A közvetlen környezetet képező tereptárgyak (fák, erdősávok, épületek) jelentős mértékben befolyásolják a meteorológiai állomáson mért meteorológiai elemek eloszlását, a szélárnyékolástól a fagyzugokig. A fent említett három tényező külön-külön és együttes hatása markáns változásokat eredményez(het) az adott terület mikroklímájában. Szélklimatológiai megközelítésből az egyenkénti és együttes ráhatás döntő fontossággal bír a hely vizsgálatánál és a környező területre való kiterjesztésére, ugyanis a fent említett tényezők szélsatorna hatást is eredményezhetnek (LÁZÁR 2009). A befolyásoló tényezők, mint szélirány módosító körülmény kisebb-nagyobb mértékben megjelennek a vizsgált meteorológiai állomások adatsoraiban. Ezeknek megfelelően a vizsgált meteorológiai állomásokat három csoportba lehet sorolni: hegyvidéki, folyóvölgyben és hegyközi medencében elhelyezkedők. Az együttes módosító hatás legjobban a Bucsin-tetői állomás (4. ábra) példáján figyelhető meg. Itt főként az orográfia az, ami jelentős hatást gyakorol a szélirány eloszlásra. Nem lehet figyelmen kívül hagyni azt a körülményt sem, hogy az állomás közelében összefüggő tűlevelű erdő (1282 m tengerszint feletti magasság), illetve erdősáv található. Hasonló jellemzőkkel rendelkezik a mintaterület legkeletibb pontján található Lakóca állomás is. Itt is tűlevelű növénytakarás található 1776 méteres tengerszint feletti magasságban. A második csoportba tartoznak a folyóvölgy közelében elhelyezett meteorológiai állomások. Ide tartozik a maroshévízi állomás (687 m) (5. ábra) a Maros völgyében és a székelyudvarhelyi állomás (523 m) a Nagy-Küküllő völgyében. Mindkét állomásról elmondható, hogy város közelében található, a városközponthoz képest 15-30 méterrel magasabban fekszik. A harmadik csoportba a hegyközi medencében elhelyezkedő állomások tartoznak. A Románia hidegpólusaként aposztrofált gyergyói medencében található a gyergyóalfalui állomás (750 m), ahol az említett extrém hidegeket észlelik. A csíkszeredai állomás (661 m) hasonlóan szélsőséges minimum hőmérsékletek helyszíne a Csíki-medencében. A téli alacsony hőmérséklet az Olt és a mérőállomás közötti kis távolságnak köszönhető (az állomás kevesebb, mint 500 méterre található a folyó medrétől). A kézdivásárhelyi állomás (569 m) (6. ábra) elhelyezése optimális a tágabb értelemben vett környezet reprezentativitása szempontjából. Az állomás a Háromszéki-medence ÉK-i részén helyezkedik el, zavaró tereptárgyak nélkül.

Amint az a 6. ábrán látható az állomás közvetlen környezetében nem található olyan jellegű műtárgyak vagy természetes képződmények, amik hatása a meteorológiai méréseket számottevően befolyásolná. A 360°-os

panorámafotón a meteorológiai állomás műszerkertjének kerítése, valamint a mellette húzódó földút látható.

A sepsiszentgyörgyi állomás (523 m) (7. ábra), amely a „legkülönlegesebb” helyszínen található a '60-as években a várostól keletre helyezkedett el. Egy átszervezés keretén belül a '70-es évek végén áthelyezték a város ekkor még külterületére, ami a várostól ÉÉK-re helyezkedik el. Itt található ma is, azzal az alapvető különbséggel, hogy a külterületből az idők folyamán beépített belterület lett, így gyakorlatilag a városban található. Emellett egy irányt kivéve minden irányból épületek veszik körül, ami jelentős mértékben befolyásol minden meteorológiai paramétert (horizont-korlátozás, szélárnyékolás stb.). A 360°-os panorámafotó is a fent leírtakat támasztja alá (7. ábra), ugyanis amint látható, a többszintes raktár épületek és hasonló magasságú csarnokok épültek az állomás köré.



4. ábra: A bucsin-tetői meteorológiai állomásról készült panoráma fotó



5. ábra: A maroshévízi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó



6. ábra: A kézdivásárhelyi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó



7. ábra: A sepsiszentgyörgyi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó

3.1.2 A CarpatClim adatbázis

A CarpatClim projekt egy, a Kárpát-medencét magába foglaló ingyenesen elérhető klíma adatbázis, amelynek története 2008-ig nyúlik vissza.

2008-ban magyar kezdeményezésre az Európa Parlament Környezeti Bizottság irányába egy indítványt nyújtott be, melyet még ebben az évben a plenáris ülés és a Költségvetési bizottság el is fogadta. A tender célja a Kárpát-régió éghajlatának részletes tér- és időbeli szerkezetének vizsgálata egységes módszertan és homogenizált adatok alapján. A konzorcium vezetője az Országos Meteorológiai Szolgálat volt. Az OMSZ Éghajlati Osztályán kifejlesztett adathomogenizálási (MASH – Multiple Analysis of Series for Homogenization, Szentimrey) és interpolációs (MISH – Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis, Szentimrey és Bihari) módszert alkalmazták. A projekt eredménye egy, a régiót lefedő digitális klímaatlasz, ami regionális éghajlatváltozási és egyéb klimatológiai vizsgálatok alapját képez(het)i. A tendert kiíró JRC (Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability) az eredményeket elsősorban aszályvizsgálatokhoz használja az EDO (European Drought Observatory) keretében. Az eredmények az 1961 és 2010 közötti időszakot fedik le napi bontásban [Internet-7].

3.2 Módszerek

A szélklimatológiai vizsgálatoknál nagy jelentősége van a felhasznált adatok mennyiségének, de még inkább azok minőségének.

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.

A következőkben a disszertációban elvégzett vizsgálatok módszerei kerülnek bemutatásra, tematikus sorrendben. A felsorolt módszerek mindegyike alkalmazásra került minden mérőállomás adatsora esetében.

3.2.1 Alapstatisztikák

3.2.1.1 Átlag

Valamely valószínűségi változóra vonatkozó N számú megfigyelés: $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ számatani közepe egyenlő az értékek összegének és számának hányadosával.

$$X = M = \frac{1}{N} \sum_i X_i \quad (1)$$

A számtani középnek megfelelő elméleti fogalom a várható érték. A várható érték az az érték, amely körül a számtani közép ingadozik (YULE – KENDALL 1964).

3.2.1.2 Szórás

Az adatok átlag körüli elhelyezkedésének, szóródásának általánosan használt jellemzője a szórás, amely a számtani középtől vett eltérések $(x-M)$ négyzeteinek számtani közepéből vont négyzetgyök. Jelölése a görög szigma betű: σ (PÉCZELY 1979). Értéke az alábbi képlettel számolható ki:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2)$$

3.2.1.3 Variációs együttható

A v variációs együttható definíciója a következő:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (3)$$

ahol:

σ – szórás

\bar{x} – átlag.

Az együttható meglehetősen megbízhatatlan abban az esetben, ha a számtani közép közel zéró. A sokaságokból származó statisztikai anyagok ingadozásainak összehasonlításában, illetve az ingadozás mértékének eldöntésére szolgál (YULE – KENDALL 1964).

3.2.1.4 Medián

A medián úgy határozható meg, mint a nagyság szerint rendezett, középen elhelyezkedő centrális érték. Más megfogalmazásban az az érték, amelynél kisebb, illetve nagyobb értékek gyakorisága megegyezik. A medián

$$\frac{x_{n+1}}{2} \quad (4)$$

lesz ha n páratlan és

$$\frac{\frac{x_n + x_{n+2}}{2}}{2} \quad (5)$$

ha n páros (KETSKEMÉTY – IZSÓ 1996).

3.2.1.5 *Kvartilisek*

A medián fogalmának természetes kibővítése olyan Q_1 és Q_3 értékek bevezetése, amelynek az a tulajdonsága, hogy az összes mintaelem egynegyede Q_1 -nél kisebb, egynegyede pedig Q_3 -nál nagyobb. A Q_1 -et alsó kvartilisnek, a Q_3 -at felső kvartilisnek nevezzük.

3.2.1.6 *Módusz*

A módusz a valószínűségi változó azon értéke, amely a sűrűségfüggvény maximumának felel meg. A módusz azt az értéket jelöli, amelyik a leggyakrabban fordul elő. Szimmetrikus eloszlások esetén az átlag, a medián és a módusz egybeesik. Mérsékelt aszimmetrikus eloszlások esetében az átlag (M), a medián (Me) és a módusz (Mo) között szoros kapcsolat érvényes. A közelítő összefüggést a következő egyenlőség fejezi ki (YULE – KENDALL 1964):

$$M_o = M - 3(M - M_e) \quad (6)$$

3.2.1.7 *Ferdeség*

Egy valószínűségi változó γ_1 -gyel jelölt harmadik centrális momentumának és a szórása harmadik hatványának hányadosát ferdeségi együtthatónak nevezzük. Értéke az alábbi képlettel számolható ki:

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_n^3} \quad (7)$$

Egycsúcsú eloszlás esetén a valószínűségi változónak csak egy módusza van, ekkor a folytonos valószínűségi változó sűrűségfüggvényének gráfja negatív γ_1 estében a módusztól balra, pozitív γ_1 esetében pedig a módusztól jobbra elnyúlik. Ha $\gamma_1=0$, akkor a gráf szimmetrikus (OBÁDOVICS 2003).

3.2.1.8 *Csúcsosság*

Egy valószínűségi változó γ_2 -vel jelölt negyedik centrális momentuma és szórása negyedik hatványa hányadosának 3-mal csökkentett számértékét lapultsági együtthatónak nevezzük. Értéke az alábbi képlettel számolható ki (OBÁDOVICS 2003):

$$\gamma_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\sigma_n^4} - 3 \quad (8)$$

3.2.2 *Elméleti eloszlások*

3.2.2.1 *Normál-eloszlás*

Sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (9)$$

Paramétereit: a ξ valószínűségi változó μ várható értéke és σ szórása (BONFILS 2011).

3.2.2.2 Lognormál-eloszlás

Sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2/2\sigma^2} \quad (10)$$

Paramétereit: a $\ln \xi$ valószínűségi változó ($\xi > 0$) μ várható értéke és σ szórása (BONFILS 2011).

3.2.2.3 Gamma-eloszlás

Sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = f(x; \lambda, p) = \frac{\lambda^p}{\Gamma(p)} x^{p-1} e^{-\lambda x} \text{ ha } x > 0 \quad (11)$$

$$f(x) = f(x; \lambda, p) = 0 \text{ ha } x \leq 0 \quad (12)$$

ahol $\Gamma(p)$ a gamma-függvény. Egy ilyen eloszlású valószínűségi változó μ várható értéke és σ^2 szórásnégyzete a következő:

$$\mu = \frac{p}{\lambda} \quad (13)$$

$$\sigma^2 = \frac{p}{\lambda^2} \quad (14)$$

azaz a p és λ paraméterek a momentumok módszerével könnyen becsülhetők (DÉVÉNYI – GULYÁS 1988; MATYASOVSKY 2002; BONFILS 2011). Az eloszlásnak $p > 1$ esetben van módusza, melynek értéke:

$$\bar{x} = \frac{p-1}{\lambda} \quad (15)$$

ami a várható érték és a szórásnégyzet alapján mindig kisebb, mint az átlag, azaz a gamma-eloszlás aszimmetriája mindig baloldali.

3.2.2.4 Weibull-eloszlás

A Weibull-eloszlás sűrűségfüggvényét a legegyszerűbben az

$$f(x) = f(x; k, c) = \frac{k}{c} \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^k} \quad (16)$$

alakban írhatjuk fel (JUSTUS ET AL. 1978; COSTA ROCHA ET AL. 2012; KWON 2010; OLAOFE – FOLLY 2012; PISHGAR-KOMLEH ET AL. 2015; AZAD 2014), ahol c az ún. skála-faktor (m/s), k pedig az ún. alaktényező (mértékegység nélküli szám). Ha ezek értéke az anemométer z_a magasságában c_a és k_a akkor egy $z \neq z_a$ szinten

$$c_z = c_a \left(\frac{z}{z_a}\right)^n \quad (17)$$

$$k_z = \frac{k_a \left[1 - 0,088 \ln\left(\frac{z_a}{10}\right)\right]}{\left[1 - 0,088 \ln\left(\frac{z}{10}\right)\right]} \quad (18)$$

Az n kitevő pedig:

$$n = \frac{[0,37 - 0,088 \ln c_a]}{\left[1 - 0,088 \ln\left(\frac{z_a}{10}\right)\right]} \quad (19)$$

A szélmérés magasságában érvényes $c=c_a$ és $k=k_a$ paraméterek meghatározására több módszert dolgoztak ki. Ezek közül most három kerül bemutatásra és került alkalmazásra (JUSTUS ET AL. 1978).

Az **1. módszer** a momentumbecslésre vezethető vissza. Ha ugyanis ismerjük az átlagos szélesebséget (v_m) és a szórást (s_n), akkor

$$k = \left(\frac{s_n}{v_m}\right)^{-1,086} \quad (20)$$

$$c = \frac{v_m}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (21)$$

ahol tehát az s_n/v_m a variációs együttható, $\Gamma(x)$ pedig a gamma-függvény (COSTA ROCHA ET AL. 2012; KWON 2010).

A **2. módszer** a szélesebség értékek alsó és felső kvartilisének (q_1 és q_3), valamint mediánjának (q_2) ismeretén alapszik.

$$k = \frac{\ln \frac{\ln 0,25}{\ln 0,75}}{\ln \left(\frac{q_3}{q_1}\right)} = \frac{1,573}{\ln \left(\frac{q_3}{q_1}\right)} \quad (22)$$

$$c = \frac{q_2}{(\ln 2)^{\frac{1}{k}}} \quad (23)$$

A **3. módszer** tulajdonképpen egy lineáris regresszió a sebesség-intervallumok középpontjának (v_i) és a hozzájuk tartozó kumulált gyakoriságnak (p_i) a transzformált értéke. A transzformációk a következők:

$$x_i = \ln(v_i) \quad (24)$$

$$y_i = \ln[-\ln(1 - p_i)] \quad (25)$$

Az $y=a+bx$ regressziós egyenlet konstansáiból a c és k a következőképpen határozható meg:

$$c = \exp\left(\frac{a}{b}\right) \quad (26)$$

$$k = b \quad (27)$$

Abban az esetben ha $k=2$, akkor a Weibull-eloszlás egy speciális esetét, a **Rayleigh-eloszlást** kapjuk (SCHÖNWEISE 2000), amelynek sűrűségfüggvénye

$$f(x) = f(x; c) = \frac{2x}{c^2} e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^2} \quad (28)$$

Egy ilyen eloszlású valószínűségi változónak a várható értéke

$$\mu = \frac{c\sqrt{\pi}}{2} \quad (29)$$

azaz a c paraméter becült értéke az átlaggal arányos. Magyarországon 13 mérőhelyen megállapított k érték átlaga 1,44 (BARTHOLY – RADICS 2000A). A paraméter egyszerű becslésének okán gyakran használják a szélmegfigyelések empirikus eloszlásának közelítésére (DÉVÉNYI – GULYÁS 1988; BARTHOLY – RADICS 2000A; PATAI 2003; RADICS 2003).

3.2.2.5 Cirkuláris normál eloszlás

A szélirányok megfigyelt gyakoriságának közelítésére a cirkuláris normál eloszlást használtunk, aminek a sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = c e^{k(x)} \quad (30)$$

ahol

$$k(x) = \sum_{j=1}^N (a_j \sin jx + b_j \cos jx) \quad (31)$$

egy véges trigonometrikus sor (SNEYERS – ISACKER, 1980). Az összefüggésben x a szélirányok fokokban kifejezett értékét jelenti, az É-i irányhoz 0° tartozik. A c , a_j és b_j paraméterek meghatározása a SNEYERS (1975) által leírt módszernél egyszerűbbet alkalmaztunk (TAR 1991). Ennek viszont az a feltétele, hogy mindegyik szélirány megfigyelt gyakorisága pozitív legyen. Tegyük fel, hogy ez teljesül és vegyük a 30. összefüggés mindkét oldalának logaritmusát:

$$\ln f(x) = \ln c + \sum_{j=1}^N (a_j \sin jx + b_j \cos jx) \quad (32)$$

Ha bevezetjük az $l(x)=\ln f(x)$, $a_0=\ln c$ jelöléseket, akkor látható, hogy a szélirányok gyakoriságának logaritmusára tulajdonképpen harmonikus analízist alkalmazunk. A paraméterek meghatározhatók az

$$a_0 = \frac{\sum y_i}{n} \quad (33)$$

$$a_j = \frac{2}{n} \sum y_i \sin \frac{2\pi j x_i}{n} \quad (34)$$

$$b_j = \frac{2}{n} \sum y_i \cos \frac{2\pi j x_i}{n} \quad (35)$$

összefüggésekkel, ahol $x_i=i\pi/8$, $i=0, 1, 2, \dots, 15$, y_i pedig az x_i szélirány megfigyelt gyakoriságának logaritmus.

A (30) sűrűségfüggvény felhasználásával, az együtthatók (33)-(35) alapján történő meghatározásával ($N=3$) a 8 meteorológiai állomásra kiszámolásra került a százalékos iránygyakoriságok közelítése a teljes időszakra, illetve évszakos bontásban. A közelítés jóságát az egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbával (2.2.6. fejezet) ellenőriztük.

3.2.3 Illeszkedésvizsgálat χ^2 próbával

Az illeszkedésvizsgálat azt a hipotézist képes eldönteni, hogy a ξ valószínűségi változó eloszlása egy adott elméleti eloszlással egyezik-e meg? A vizsgálat alapja a $\xi=(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ minta. A mintából készítünk egy hisztogramot a mintaelemek megfelelő csoportba sorolásával és kiszámoljuk ezen csoportok valószínűségeinek értékét (v_i). A gyakorlati esetek csoportjainak valószínűségeit p_i -vel jelöljük (DÉVÉNYI – GULYÁS 1988).

A χ^2 próba próbastatisztikája:

$$a_n(\xi) = \chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(v_i - np_i)^2}{np_i} \quad (36)$$

3.2.4 Illeszkedésvizsgálat Kolmogorov–Szmirnov-féle egymintás próbával

A hipotézisvizsgálati eljárás során azt a feltételt akarjuk ellenőrizni, hogy egy vizsgált ξ valószínűségi változó eloszlása, eloszlásfüggvénye, egy adott konkrét eloszlásfüggvénnyel megegyezik-e, azaz

$$H_0: P(\xi < x) = F(x) \quad (37)$$

A hipotézis ellenőrzése a ξ minta áll rendelkezésünkre. A próbastatisztika meghatározásához ki kell számítani a mintából az $F_n(x)$ empirikus eloszlásfüggvényt. A próbastatisztika a következő:

$$D_n = \sqrt{n} \sup |F(x) - F_n(x)| \quad (38)$$

vagyis ki kell keresni a feltételezett eloszlásfüggvény és az empirikus eloszlásfüggvény legnagyobb eltérését, és azt szorozni kell a mintanagyság négyzetgyökével. Az elfogadási tartomány definiálásához szükséges x_α értékeket a leggyakoribb valószínűségi szintekre az 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A Kolmogorov–Szmirnov-féle egymintás próba elfogadási értékei

α	0,1	0,05	0,01
x_α	1,23	1,36	1,63

A nullhipotézist megtartjuk, ha $0 \leq D_n < x_\alpha$, és a nullhipotézist elvetjük, ha $D_n \geq x_\alpha$ (DÉVÉNYI – GULYÁS 1988).

3.2.5 Egymást követő napok szélességeinek módszere

Az napi átlagos szélesség az előző naphoz képest bekövetkezett megváltozását, a következő nap és a tárgynap átlagos szélességeinek különbségével jellemezzük, azaz

$$\Delta v = v_n - v_p \quad (39)$$

ahol v_n - a következő nap átlagos szélessége; v_p - a mai nap átlagos szélessége. A Δv -t a továbbiakban változásnak (m/s) nevezzük (TAR 2014). A napi átlagos szélesség az előző naphoz képest bekövetkezett relatív változása a

$$\Delta v_r = \frac{v_n - v_p}{v_p} \quad (40)$$

relatív mennyiséggel is jellemezhető. Ez a mennyiség független a szélmérés, a szélesség szenzor magasságától.

3.2.6 Homogenitás vizsgálat χ^2 próbával

A homogenitás vizsgálatnál azt a hipotézist kívánjuk ellenőrizni, hogy $\xi(n)$ és $\eta(m)$ valószínűségi változók eloszlása azonosnak tekinthető-e?

A ξ és η értékeinek halmazát osszuk fel egymást kizáró intervallumokra: $A_i = \{x; C_{i-1} \leq x < C_i\}$, $i=1, 2, \dots, r$. Legyen f_i azon ξ_k mintaelemek száma, amelyekre $\xi_k \in A_i$, és v_i azon η_k mintaelemek száma, amelyekre $\eta_k \in A_i$.

A χ^2 próbával végzett homogenitás vizsgálat próbastatisztikája:

$$\chi^2 = nm \sum_{i=1}^r \frac{\left(\frac{f_i}{n} - \frac{v_i}{m}\right)^2}{\frac{f_i + v_i}{n + m}} \quad (41)$$

Ha a nullhipotézis igaz, akkor a χ^2 -próbastatisztika eloszlása közelítőleg $r-1$ szabadságfokú χ^2 eloszlás lesz (DÉVÉNYI – GULYÁS 1988).

3.2.7 Statisztikai entrópia

A statisztikai entrópia egy módszer, amely a megfigyelés meghatározatlanságának számszerűsítése. Az eloszlás bizonytalanságát egyetlen számmal fejezi ki.

A Shannon-féle statisztikai entrópia amelyet a

$$H(x) = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (42)$$

összefüggés határoz meg, az X mezőkhöz rendelhető bizonytalanság mérőszáma (SHANNON 1948; GÖSSEL ET AL. 2004). Ha egy x mező $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ értékeit valószínűségi változóként tekintjük, akkor minden x_i -hez hozzárendelhető egy p_i valószínűség. A $H(x)$ bitekben adja meg azt az információmennyiséget, amely a $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ valószínűségi eloszlás mellett meglévő bizonytalanság megszüntetéséhez szükséges (KOPPÁNY 1978). Más megfogalmazásban: a $H(x)$ az egy szimbólumra jutó átlagos információ (CULLMANN ET AL. 1973). Néhány meteorológiai mező információelméleti vizsgálata már a múlt század második felében megtörtént (RÁKÓCZI 1968; KOPPÁNY – KISS 1985; 1987). Külön meg kell említeni OLDBERG – RÁKÓCZI (1984) a témában alapvető és összefoglaló könyvét. Ebben a műben meteorológiai mezőket a szokásos szerkezeti függvény helyett az entrópiával írják le és egyben összefoglalást adnak az információelmélet prognosztikai alkalmazásáról (TAR 1991).

Bizonyítható, hogy $H(x)$ akkor maximális, ha minden egyes eseménynek ugyanaz a valószínűsége. Ez a legnagyobb érték, $H_{\max} = \log_2 s$, ahol s az események száma. A $H(x)$ legkisebb értéke 0, amit akkor vesz fel, ha csak egy esemény következik be. Jelen esetben $s=16$, mivel ennyi szélirány gyakorisága ismert, így $H_{\max}=4$. Ha a szélirányok gyakorisági eloszlása egy bizonyos időszakban és helyen egyenletes, mindegyik bekövetkezésének valószínűsége $1/16$, akkor $H(x)=4$. Minél kisebb a $H(x)$ értéke, annál inkább különbözik a szélirányok eloszlása az egyenletestől. Tehát ha a gyakoriságok néhány irány körül rendeződnek (koncentrálódnak), akkor az entrópia csökken. Így a $H(x)$ arányos a szélirányok rendezettségével (TAR 1991).

3.2.8 A lineáris korrelációs együttható meghatározása

A sztochasztikus kapcsolatok felderítésére, két változó közötti kapcsolat szorosságának kifejezésére a korrelációs (r) együttható szolgál, amelynek a képlete az alábbi (PÉCZELY 1976):

$$r = \frac{\sum(x-M_x)(y-M_y)}{\sqrt{\sum(x-M_x)^2 \sum(y-M_y)^2}}, \quad (43)$$

ahol M_x az x változó, M_y az y változó számtani közepe.

A korrelációs együttható értéke +1 és -1 között változhat, pozitív értékei a két változó közötti egyértelmű, negatív értékei pedig ellentétes értelmű kapcsolatra utalnak.

3.2.9 A korrelációs együttható szignifikanciája

A korrelációs együttható szignifikanciájának vizsgálatához a $H_0: \rho=0$ hiptézist fogalmazzuk meg. Döntésünk alapja egy n elemű mintában kiszámított korrelációs együttható (r). A H_0 elutasíthatósága függ az r együttható nagyságától és az f szabadságfok nagyságától ($f = n-2$) (FIDY – MAKARA 2005):

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right). \quad (44)$$

3.2.10 A regressziós egyenes értékeinek meghatározása

A regressziós egyenes az adott x -hez tartozó legvalószínűbb x értéket szolgáltatja. A korrelációs együttható és a kapcsolatba hozott változók számtani közepének és szórásának ismeretében lehetőség nyílik a regressziós egyenes meghatározására (PÉCZELY 1976):

$$y = ax + b \quad (45)$$

$$a = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \quad (46)$$

$$b = \bar{y} - \bar{x} \cdot a \quad (47)$$

3.2.11 Főkomponens elemzés

A főkomponens-elemzés (Principal Component Analysis) a faktor-elemzés azon típusa, amely a változók számát csökkenti minimális információvesztés mellett. A főkomponensek meghatározása a variancia-kovariancia mátrixból, vagy a korrelációs mátrixból történhet. A módszer legfőbb jellemzője, hogy mindegyik komponens a sajátérték sorrendjében magyarázza a megfigyelt változók varianciáját, ahol az első faktor a legnagyobb részt, míg a többi faktor csökkenő mértékben járul hozzá az összvarianciához (SAJTOS – MITEV 2006). Az elemzés elvégezhetőségének mérőszáma – mennyire alkalmas a faktorelemzésre – az ún. KMO-érték (Kaiser-Meyer-Olkin). A KMO-értéket az alábbi képlettel számolhatjuk ki:

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \rho_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2} \quad (48)$$

ahol r_{ij} – az i -edik és j -edik változók korrelációs együtthatója, $\rho_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} \cdot R_{jj}}}$ pedig az i -edik és j -edik változó parciális korrelációs együtthatója (a képletben a R_{ij} a korrelációs mátrix (i,j) eleméhez tartozó algebrai adjunktált aldeterminánsát jelöli).

A KMO mutatószám „jóságát” a következőképpen ítélni lehetjük meg:

- $\geq 0,9$ – kiváló
- $\geq 0,8$ – nagyon jó
- $\geq 0,7$ – megfelelő
- $\geq 0,6$ – közepes
- $\geq 0,5$ – gyenge
- $< 0,5$ – elfogadhatatlan (KETSKEMÉTY – IZSÓ 1996).

A faktoranalízis működésének információelméleti alapja az ún. Pareto törvény: „egy teljes információrendszer információtartalmának négyötödét, az információhordozók egyötöde hordozza”. Azaz: kevés számú faktor (akár a változók számának egyötöde) az eredeti változók által képviselt információtartalom mintegy 80%-át hordozhatja (JÁNOSA 2011). A gyakorlatban legtöbb esetben ennél kisebb magyarázó erővel is megelégszik a kutató.

4. EREDMÉNYEK

A vizsgálataink eredményei az alábbi fejezetben kerülnek bemutatásra. A mintaterületen elhelyezkedő meteorológiai állomások szélklímájának elemzését két fő részre bontottuk. Ezen fejezetrészek a mérőpontok szélsőbesség illetve szélirány statisztikai részeiből állnak, amelyek további alfejezetekben részletezik az eltérő megközelítések eredményeként keletkezett adatokat.

4.1 A szélsőbességre vonatkozó vizsgálatok

4.1.1 A mért és a CarpatClim adatbázis összehasonlítása

A 3.1.1. fejezetben bemutatott adatbázist összevettük az ugyancsak a 3.1.2. fejezetben ismertetett ingyenesen letölthető CarpatClim adatbázissal (a továbbiakban CC) melynek eredményeit az alábbiakban közöljük.

A CarpatClim adatbázis 1961 és 2010 közötti időszakot foglalja magába, míg az általunk megvásárolt és feldolgozott adatbázis 2006 és 2012 időintervallumot fedi le. Látható, hogy a két időszak metszete öt év, de ezen időszak adatai alapján is kijelenthető, hogy a mért adatok átlagban alacsonyabb értékek képviselnek, mint az interpolált CC adatok (MIKA ET AL. 2014). Ez a különbség a vizsgált állomások esetében átlagosan 0,32 m/s-os túlbecslést (CC) jelent (8. táblázat).

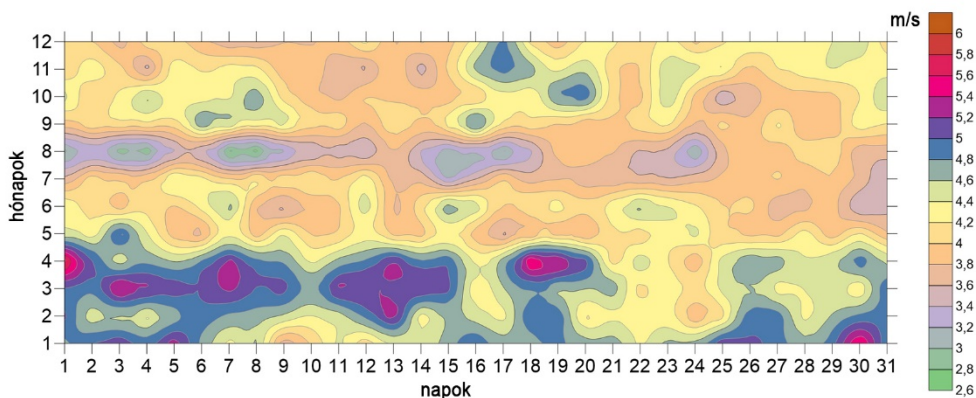
8. táblázat: A mért és a CarpatClim átlag szélsőbesség adatok összehasonlítása

	Mért (m/s)	CC (m/s)	CC-Mért (m/s)
Bucsin-tető	1,27	4,00	2,73
Csíkszereda	1,83	2,14	0,31
Gyergyóalfalu	1,30	1,63	0,33
Kézdivásárhely	1,71	1,95	0,24
Lakóca	4,96	3,40	-1,56
Maroshévíz	1,61	1,81	0,20
Sepsiszentgyörgy	1,58	1,92	0,34
Székelyudvarhely	1,76	1,74	-0,02
Átlag			0,32

azon állomások, ahonnan CC adatok származnak

5 állomás (Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely, Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy) esetében az CC adatok az átlag érték körül mozognak. A maradék három állomás más-más karakterisztikát mutatnak: amíg Bucsin-tetőn 2,73 m/s-os felülbecslés tapasztalható, addig Lakócán 1,56 m/s-os

alulbecslés figyelhető. Ez nagy valószínűséggel az interpolációs módszernek tudható be, ugyanis ezen értékek egy 10×10 km-es gridre értendők. A mintaterület ezen két állomásán és környékén (1200 métert meghaladó hegységek) 10 km-es távolságon belül jelentős szintkülönbségek tapasztalhatók. A nagy térbeli felbontás és az illető területek (állomások) heterogén orográfiajának eredőjeként tapasztalható a CC adatbázis szélsőérték adatsorainak felül illetve alulbecslése. Az alul- és felülbecslés oka feltételezhetően a grid és a mérőpont griden belüli elhelyezkedésével van összefüggésben. Ha a grid jelentős része alacsonyabb térrészt képez, mint a koordináta szerinti mérőpont, akkor feltehetőleg jelentős alulbecslést eredményez a CC adatbázisban (pl. Lakóca). A lakócai mérőpont éves szélsőérték menete a 8. ábrán látható. Az ábra jól tükrözi azt a szakirodalomban is megállapított tény, hogy tavasszal van az elsődleges szélmaximum (TAR ET AL. 2005), az év folyamán ezen időszakban tapasztalható a legnagyobb szélsőérték.



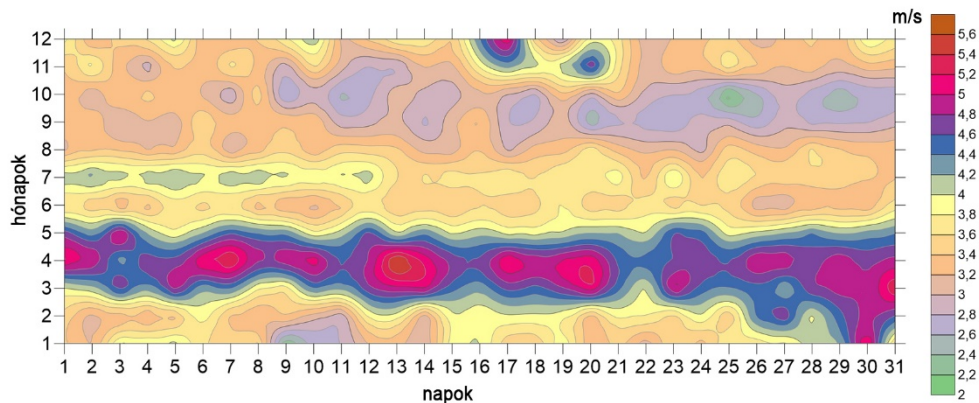
8. ábra: A lakócai mérőállomás éves szélsőérték menete a CarpatClim adatok alapján

A harmadik eset Székelyudvarhely, ahol a két adatbázis között csupán 0,02 m/s-os különbség mutatkozik (CC<Mért), ami olyan kis különbséget jelent, hogy elhanyagolható.

Nem hagyható figyelmen kívül az a tény, hogy a vizsgált 8 állomás közül 3 adatsora nem képezi a CC adatbázis nyersanyagát. Ezen állomások: Bucsintető, Gyergyóalfalu és Sepsiszentgyörgy. Ezen állomások közül a bucsintetői állomás éves szélsőérték éves menete a 9. ábrán látható.

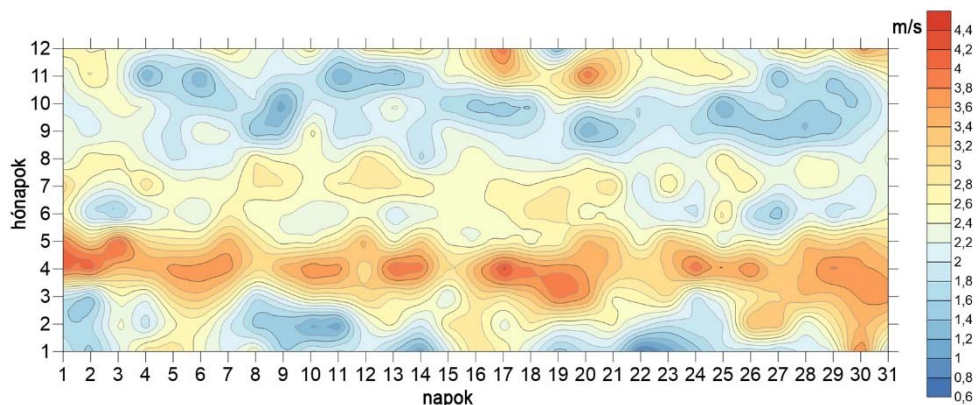
A mérőpontok összehasonlításában – a CC megfelelő gridjének és a mért adatok különbségének – három példát mutatunk, amelyek közül a legnagyobb túl- (Bucsintető) és alulbecsléseket (Lakóca) tapasztaltuk, illetve azon állomást, ahol a becslés pontossága a legjobbnak bizonyult (Székelyudvarhely) a vizsgált öt éves – mindkét adatsorban egyező –

időszakban. A becslés potosságát a mért adatokhoz viszonyítottuk, melyek grafikus megjelenítése a 10-12. ábrákon látható. A pozitív értékek a CC adatok túl-, a negatív értékek pedig az alulbecslést mutatják a mért adatokhoz képest.

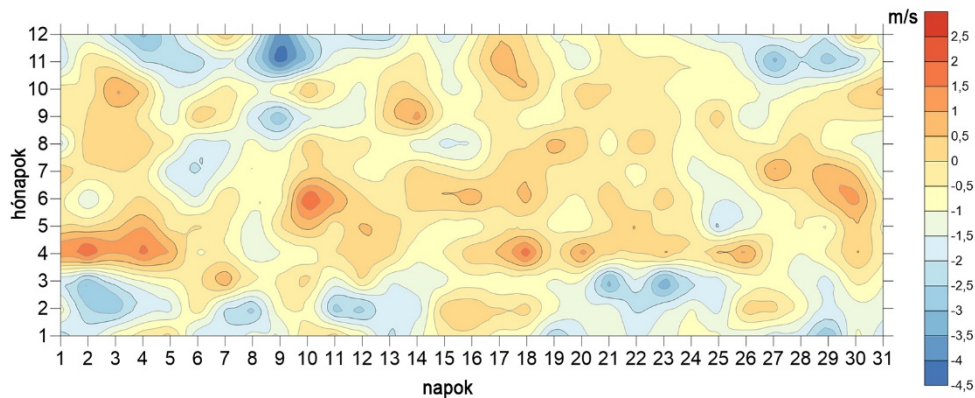


9. ábra: A bucsin-tetői mérőállomás éves szélesség menete a CarpatClim adatok alapján

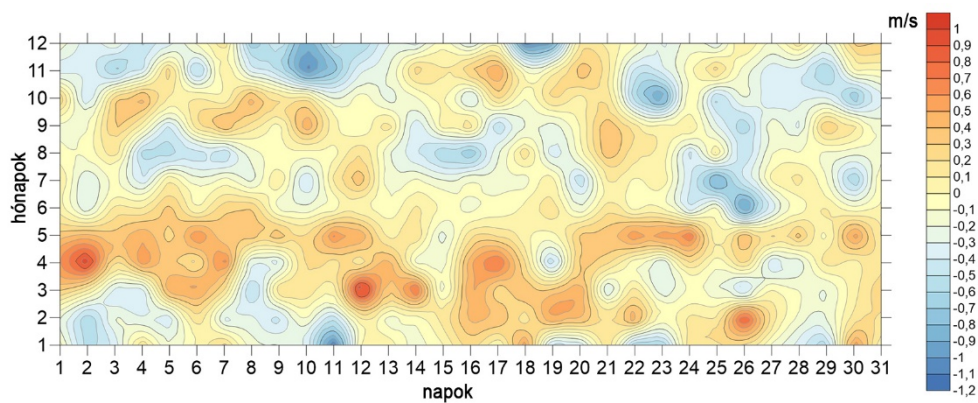
A 9. táblázat értékei alapján megállapítható, hogy a túlbecsült és alulbecsült időpontok, időszakok nem azonos mértékben oszlanak meg. A legnagyobb arány a bucsin-tetői mérőponton figyelhető meg 1,4% és 98,6%-os alulbecslési és túlbecslési aránnyal, melyet a 10. ábra értékei is alátámasztanak. Az 10. ábra tanúsága alapján a legtöbb túlbecsült érték a tavaszi szélmaximum idejére tehető (összefüggésben a 9. ábrán megjelenítettekkel). A lakócai mérőponton az esetek 90,3%-ában túlbecslés tapasztalható (9. táblázat), ahol az éven belüli jellegzetess időszakok nem fedezhetők fel (11. ábra). Székelyudvarhelyen az előbb említett arányok a legkiegyenlítettebbek, közel fele-fele arányban (51,9 túlbecslés; 48,1% alulbecslés). Ezen állomáson leginkább az év első felében tapasztalható.



10. ábra: A bucsin-tetői mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesség különbség értékeinek éves menete (CC-Mért)



11. ábra: A lakócai mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesség különbség értékeinek éves menete (CC-Mért)



12. ábra: A székelyudvarhelyi mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesség különbség értékeinek éves menete (CC-Mért)

9. táblázat: A becsült értékek előjel szerinti megoszlása a mérőpontokon

	Túlbecslés (%)	Alulbecslés (%)
Bucsin-tető	1,4	98,6
Csíkszereda	16,2	83,8
Gyergyóalfalu	11,6	88,4
Kézdivásárhely	21,9	78,1
Lakóca	90,3	9,7
Maroshévíz	30,9	69,1
Sepsiszentgyörgy	33,5	66,5
Székelyudvarhely	51,9	48,1

■ azon állomások, ahonnan CC adatok származnak

4.1.2 A mérőállomások szélességeinek alapstatisztikai elemzése

A szélklimatológiai elemzések egyik legfontosabb része a sebességre vonatkozó összefüggések feltárása, a lehetséges legpontosabb következtetések levonása érdekében. Ezen alfejezet a szélességek statisztikai elemzését tartalmazza a mintaterületen elhelyezkedő meteorológiai állomások adataiból.

Az alapstatisztikai eredmények elemzése elengedhetetlen lépés a szélklimatológiai vizsgálatokban, ugyanis itt az egyes paraméterek kapcsolata, azok összefüggései további vizsgálatokat vetítenek/vetíthetnek előre. Ezen paraméterek a következők: átlag, maximum, módusz, alsó- és felső-kvartilis, medián, szórás, variancia, csúcosság és ferdeség.

Első lépésben a szélesség alapstatisztikai kerülnek bemutatásra. A szélesség leggyakoribb mutatószáma az átlag. A nyolc mérőállomás átlag értékei a teljes időszakra vonatkoztatva 1,2 m/s (Bucsin-tető) és 4,9 m/s (Lakóca) között változik (10. táblázat). Fontos kiemelni, hogy Lakócán kívül sehol sem éri el a 2 m/s-ot az átlag szélesség. Az alapstatisztikai értéktáblázatot (10. táblázat) vizsgálva megállapítható, hogy a paraméterek jelentős többségénél (kivéve a ferdeségi együtthatót) a lakócai mérőpont adatai mutatják a legnagyobb értékeket, amit a többi állomáshoz képest a magasabb tengerszint feletti magasságnak tulajdonítható. Az alapstatisztikai paraméterek második legnagyobb értéke már nem egy állomáshoz köthető. Az első legnagyobb értékekkel szemben, itt mozaikos jelleget ölt. Például a második legnagyobb átlaggal rendelkező állomás Csíkszereda (1,8 m/s), míg a maximum esetében Kézdivásárhelyen következett be (10 m/s). Az állomásonkénti leggyakoribb szélesség érték – a módusz – tekintetében a második legnagyobb érték Székelyudvarhelyen következett be 1,5 m/s-al, ezzel szemben két állomáson 0 m/s (Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely), további három állomáson 1 m/s (Csíkszereda, Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy) és egy állomáson 0,8 m/s (Bucsin-tető). Az alsó kvartilis és a medián második legnagyobb értéke Székelyudvarhelyen következett 1,3 és 1,5 m/s-al, míg a felső kvartilis Kézdivásárhelyen 2,5 m/s-al. A szórás, mint a változékonyságot mutató érték második legnagyobb értéke Kézdivásárhelyen volt (2,5). A legkevésbé változó széljárású állomás Székelyudvarhely, ahol a szórás értéke 0,8. A csúcosság és ferdeség értékek minden állomáson meghaladják az 0-át, ami arra utal, hogy az állomások szélesség eloszlása nem normál.

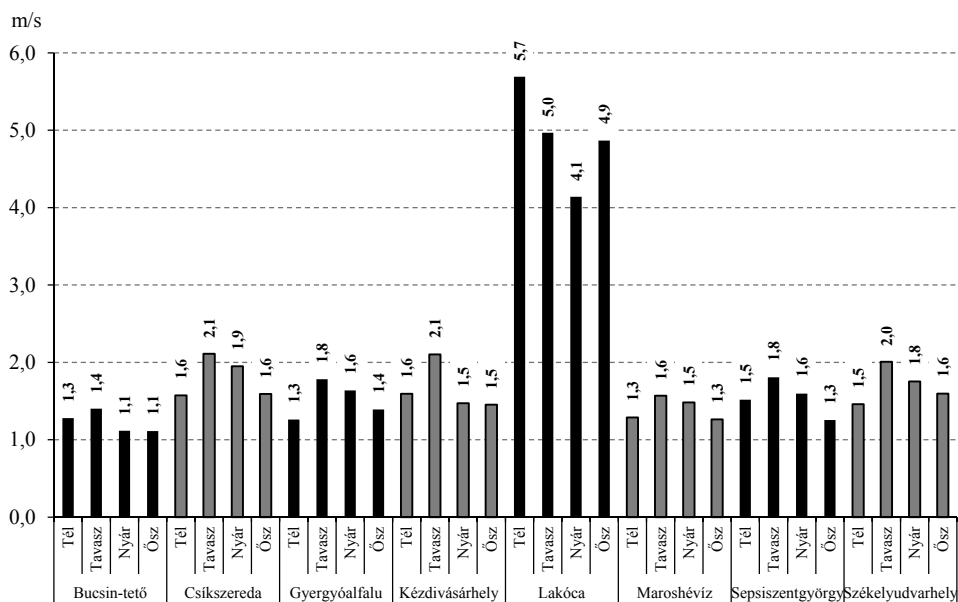
Abban az esetben, ha évszakos bontásban vizsgáljuk az állomásokat a szakirodalomban leírt törvényszerűségeket fedezhetünk fel. A 13. és 14. ábra alapján Lakóca kivételével minden állomáson átlagosan a legmagasabb szélességek tavasszal következnek be. Ez az ún. elsődleges szélmaximum (TAR ET AL. 2005). Lakóca esetében nem tavasszal, hanem télen mérték

átlagban a legnagyobb szélességet, ami 5,7 m/s-ot jelent. A legkisebb szélesség átlagok változó időbeni elrendeződést mutatnak, ugyanis több állomás esetében is két évszakban is a legkisebb értékeket mutatják (Bucsin-tető: 1,1 m/s nyár és ősz; Csíkszereda: 1,6 m/s ősz és tél; Kézdivásárhely: 1,5 m/s nyár és ősz; Maroshévíz: 1,3 m/s ősz és tél).

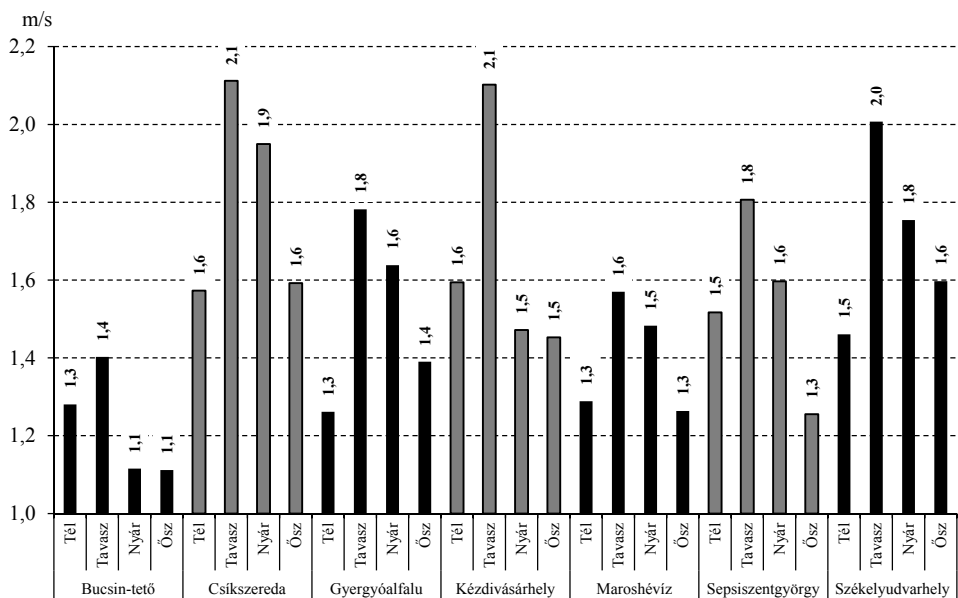
10. táblázat: A mérőállomások szélességeinek alapstatisztikái a vizsgált időszakban (2006-2012) (**félkövér** I. legnagyobb, *dőlt és aláhúzott* II. legnagyobb érték)

	Bucsin-tető	Csíkszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
Átlag	1,2	<u>1,8</u>	1,5	1,7	4,9	1,4	1,5	1,7
Szórás	1,0	1,1	1,3	<u>1,5</u>	2,8	0,9	0,9	0,8
Maximum	8,0	8,3	7,5	<u>10,0</u>	23,0	7,0	6,5	6,3
Módusz	0,8	1,0	0,0	0,0	5,3	1,0	1,0	<u>1,5</u>
Variációs eh.	0,78	0,60	<u>0,84</u>	0,92	0,56	0,61	0,58	0,47
Alsó kvartilis	0,5	1,0	0,5	0,5	3,0	0,8	1,0	<u>1,3</u>
Medián	1,0	<u>1,5</u>	1,3	1,3	4,8	1,3	1,3	1,5
Felső kvartilis	1,8	2,3	2,3	<u>2,5</u>	6,3	1,8	2,0	2,0
Csúcosság	2,6	2,5	1,1	2,4	4,2	1,7	2,7	<u>3,1</u>
Ferdeség	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	1,0	1,4	1,2	1,0	1,4	<u>1,3</u>

Az teljes időszakra (13. ábra) és az évszakos adatokból (11. táblázat) is kitűnik, hogy a lakócai állomás átlag szélesség értékei nagyobbak, ami egy adott ponton megnehezíti az összehasonlítást. A hiba kiküszöbölése érdekében a 14. ábrán a lakócai értékek nélkül jelenítettük meg az évszakos szélesség értékeket.



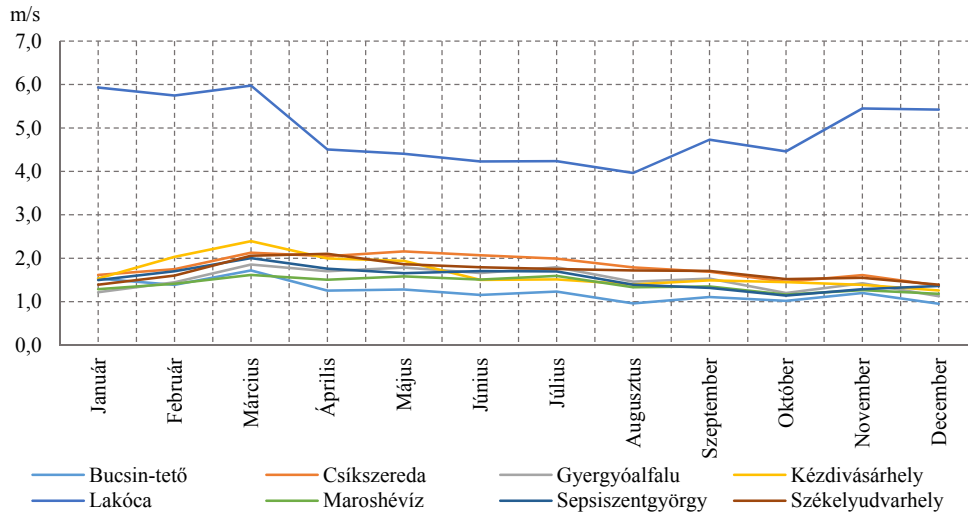
13. ábra: Az évszakos szélesség átlagok alakulása a mérőállomásokon



14. ábra: Az évszakos szélesség átlagok alakulása a mérőállomásokon Lakóca kivételével

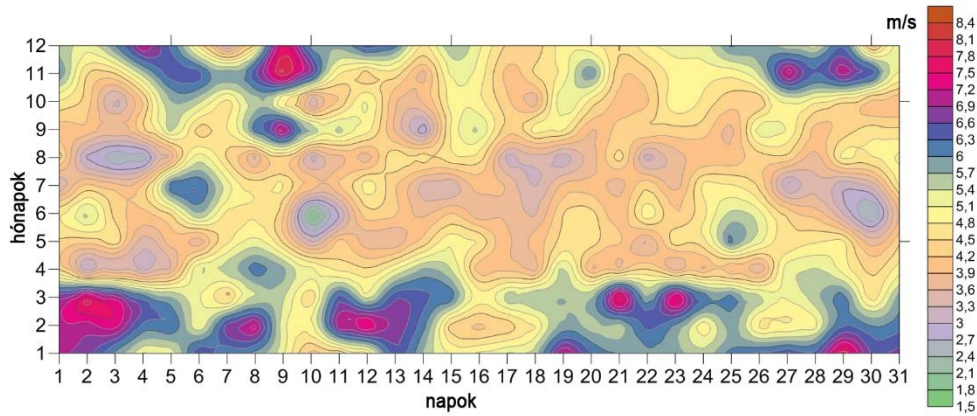
A 15. ábrán megfigyelhető, hogy a fent említett elsődleges szélmaximum minden állomás estében márciusban következett be. Lakóca esetében ez azért ellentmondásos, mert évszakos átlagban nem a tavasz, hanem a tél bír nagyobb értékekkel, aminek oka a márciust követő két hónap

relatíve alacsonyabb havi átlagai, amik összességében kisebb évszakos átlagot eredményeznek.



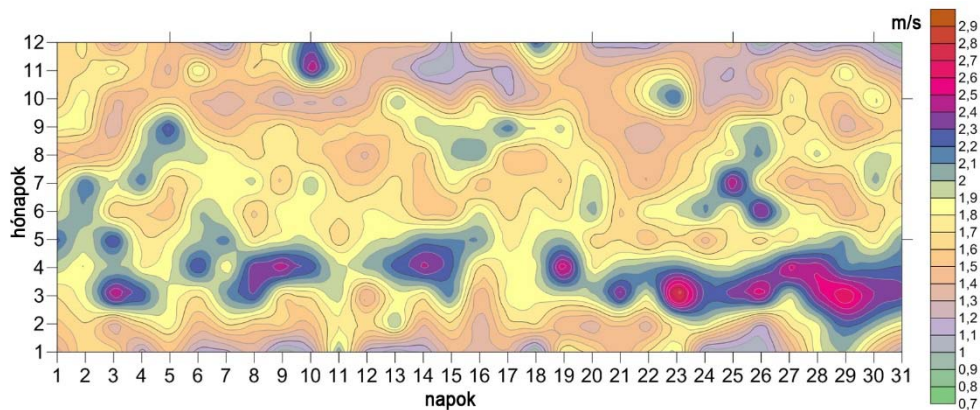
15. ábra: A szélesség éves menete a mérőállomásokon

A 16. ábrán látható, hogy Lakóca esetében az év első és utolsó hónapjai (télen valamint a tél és tavasz határán) a legszelesebbek.



16. ábra: Lakóca éves szélesség menete

A 17. ábra alapján elmondható, hogy Székelyudvarhely esetében is kirajzolódik a tavaszi szélesség növekedés. A 17. ábrán látható textúra a többi állomásnál is megfigyelhető (2-7. mellékletek).



17. ábra: Székelyudvarhely éves szélesség menete

4.1.3 A mérőállomások empirikus szélesség eloszlásainak elméleti eloszlásokkal való közelítése

A meteorológiai állomások szélesség adatait, több, a szakirodalomban alkalmazott elméleti eloszlással vetettük össze, melynek eredményeit az alábbi alfejezetben mutatjuk be. Ezen eloszlások a következők: normál-, lognormál-, gamma- illetve Weibull eloszlás. A szélklimatológiában a leggyakrabban az említett eloszlásokat alkalmazzák és vetik össze az empirikus eloszlással (BONFILS 2011; TAR 2008B).

A szélesség eloszlás leírására legjobban a Weibull eloszlás szolgál, melynek két paraméterét (alak és skála paraméter) több módszerrel is meghatározhatjuk. A disszertációban három módszert alkalmaztunk, melyek leírása a 3.2.2.4. fejezetben megtalálható. A továbbiakban, hogy különbséget tudjunk tenni az eltérő paramétereiből származtatott eloszlások között, a Weibull 1, 2, illetve 3 rövidítés használjuk (Weibull 1 – gamma – 1. módszer; Weibull 2 – kvartilis – 2. módszer; Weibull 3 – regresszió – 3. módszer).

A szélesség adatsorainkat a nem normális eloszlású adatsorokra alkalmazott Donane formula alapján (DOANE 1976) osztottuk fel, bontottuk intervallumokra (0,5 m/s), amelyeken χ^2 próba segítségével illeszkedésvizsgálatot végeztünk. Fontos megjegyezni, hogy minél finomabb beosztással definiáljuk az intervallumokat (osztásközöket), annál egyenetlenebb gyakorisági képet kapunk, annál gyakoribb az üres kategóriák jelenléte (NÉMETH – SIMON 2011). Az illeszkedésvizsgálat eredményei nem voltak kielégítőek: a teljes időszak adatsorára egyik elméleti eloszlás sem illeszkedett a 8 állomáson. Második lépésben egy másik osztályozást alkalmaztunk, aminek eredményeit az alábbiakban ismertetjük.

A szélesség adatsorokat 1 m/s-os intervallumokra osztottuk (XYDIS 2012), majd ezt a 3.2.2.4. fejezetben leírt módszerek segítségével

kiszámoltuk az egyes elméleti eloszlások paramétereit. A származtatott és megfigyelt értékek között χ^2 próba segítségével illeszkedésvizsgálatot végeztünk, melynek eredményeképpen 5%-os szignifikancia szinten eldönthető, hogy az empirikus eloszlás leírható-e az elméleti eloszlással. Ezen vizsgálatok produktumait táblázatokban és grafikus formában jelenítjük meg.

A teljes adatbázis illeszkedését vizsgálva elmondható, hogy csak két elméleti eloszlással volt szignifikáns illeszkedés 5%-os szignifikancia szinten, három mérőállomás esetében (Bucsin-tető, Gyergyóalfalu és Kézdivásárhely). Ez a két elméleti eloszlás a gamma illetve a Weibull 1. 10 és 0,1%-os szignifikancia szinten mindegyik állomás mindegyik eloszlással szignifikáns eltérést mutat (11. táblázat).

Az adatsor évszakos tagolása után a fent említett tendencia nem változott, ugyanis 5%-os szignifikancia szinten Bucsin-tető, Gyergyóalfalu és Kézdivásárhely állomások esetében figyelhető meg szignifikáns illeszkedés. Általánosságban elmondható, hogy a nyolc állomáson vizsgált hat elméleti eloszlás (a Weibull eloszlás három paraméter meghatározás miatt külön-külön értendő és kezelendő) megoszlása nem egyenletes. 5%-os szignifikancia szinten normál- és a Weibull 3 eloszlás egyik állomáson, egyik évszakban sem mutatott szignifikáns illeszkedést. Ezzel szemben a lognormál eloszlás 1, a gamma eloszlás 10, a Weibull 1 eloszlás 9 és a Weibull 2 eloszlás 4 esetében mutatott szignifikáns illeszkedést (12. táblázat). Az esetszámokat tekintve a legtöbb esetben a gamma eloszlás bizonyult a legjobban illeszkedőnek a megfigyelt (empirikus) szélsőértékek összehasonlításában.

11. táblázat: Az empirikus és elméleti eloszlások illeszkedésének összesítő táblázata a teljes mérési időszakra vonatkoztatva eltérő valószínűségi szinteken (*-al jelölve, ahol szignifikáns illeszkedés van)

szignifikancia szint (%)	normál				lognormál				gamma			
	10	5	1	0,1	10	5	1	0,1	10	5	1	0,1
Bucsin-tető												*
Csíkszerda												
Gyergyóalfalu											*	*
Kézdivásárhely												*
Lakóca												
Maroshévíz												
Sepsiszentgyörgy												
Székelyudvarhely												

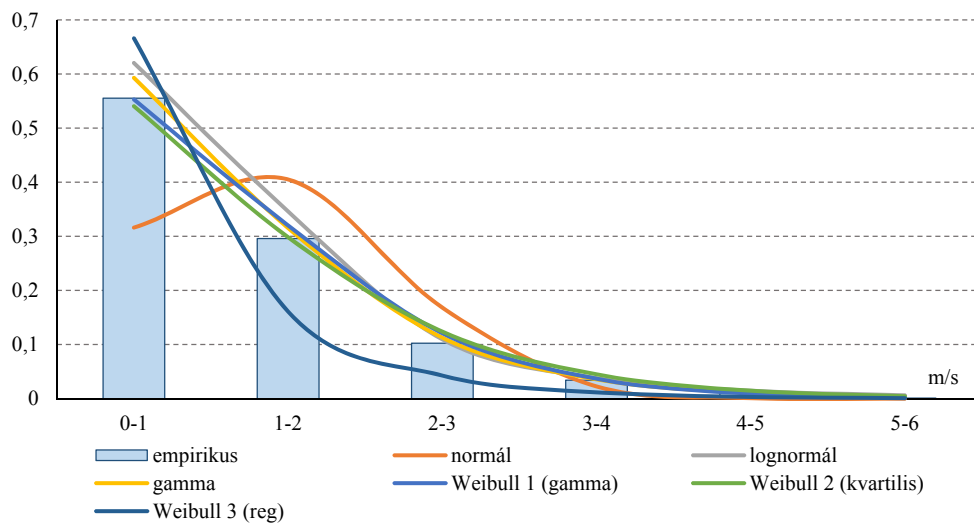
	Weibull 1 (gamma)				Weibull 2 (kvartilis)				Weibull 3 (reg)			
	10	5	1	0,1	10	5	1	0,1	10	5	1	0,1
%				*								
Bucsin-tető				*								
Csíkszerda												
Gyergyóalfalu												
Kézdivásárhely												
Lakóca												
Maroshévíz												
Sepsiszentgyörgy												
Székelyudvarhely												

Évszakos bontásban a fent említett illeszkedések abszolút számai kettősséget mutatnak, télen 5, tavasszal 8, nyáron 4 és ősszel 7 esetben figyelhető meg szignifikáns illeszkedés. Az átmeneti évszakokban (tavasz, ősz) 2–3-mal több illeszkedés figyelhető meg, mint télen és nyáron. A mérőállomásokra vetítve az összehasonlítást ugyancsak eltérő esetszámokat tapasztaltunk, a legtöbb eset Gyergyóalfaluban (9 eset), a második legtöbb eset Kézdivásárhely (8 eset) míg a harmadik legtöbb eset Bucsin-tető (7 eset) esetében figyelhető meg. Összességében nézve 192 lehetséges esetből (8 állomás x 4 évszak x 6 eloszlás) 42-szer tapasztalható szignifikáns illeszkedés, ami 21,9%-ot jelent. Az illeszkedés grafikus megjelenítése az alábbi ábrákon figyelhető meg a teljes időszakra vonatkoztatva Bucsin-tető (18. ábra) valamint Kézdivásárhely (19. ábra) állomásokon. A téli, tavaszi és őszi negyedévre vonatkozó diagramok Bucsin-tető (20. ábra), Gyergyóalfalu (21. ábra) és Kézdivásárhely (22. ábra) állomások esetében láthatók. A felsorolt állomások és évszakok szélsőbesség adatsorai mutattak szignifikáns illeszkedést az elméleti eloszlásokkal (gamma, W_1 , W_2).

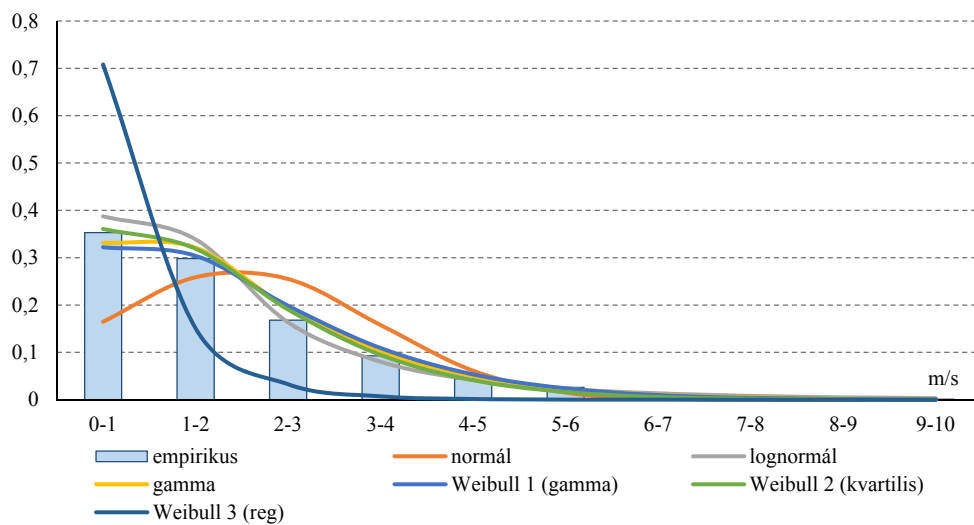
12. táblázat: Az empirikus és elméleti eloszlások illeszkedésének összesítő táblázata évszakos bontásban 5%-os szignifikancia szinten (*-al jelölve, ahol szignifikáns illeszkedés van)

	Bucsin-tető					Csíkszerda						
	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)
Tél			*	*	*							
Tavasz		*	*									
Nyár												
Ősz			*	*								

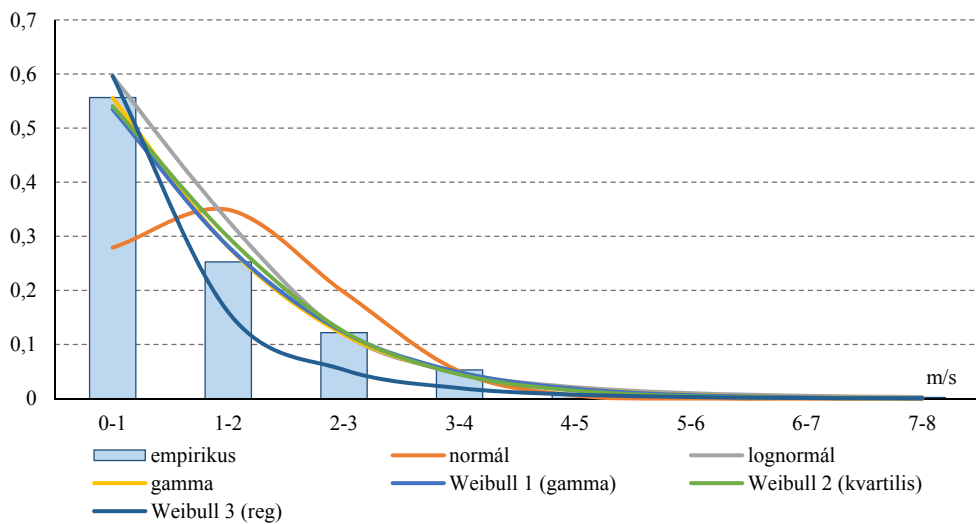
	Gyergyóalfalu						Kézdivásárhely					
	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)
Tél			*	*								
Tavas			*	*	*				*	*	*	
Nyár			*	*					*	*		
Ősz			*	*					*	*	*	
	Lakóca						Maroshévíz					
	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)
Tél												
Tavas												
Nyár												
Ősz												
	Sepsiszentgyörgy						Székelyudvarhely					
	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)	normál	lognormál	gamma	Weibull 1 (gamma)	Weibull 2 (kvartilis)	Weibull 3 (reg)
Tél												
Tavas												
Nyár												
Ősz												



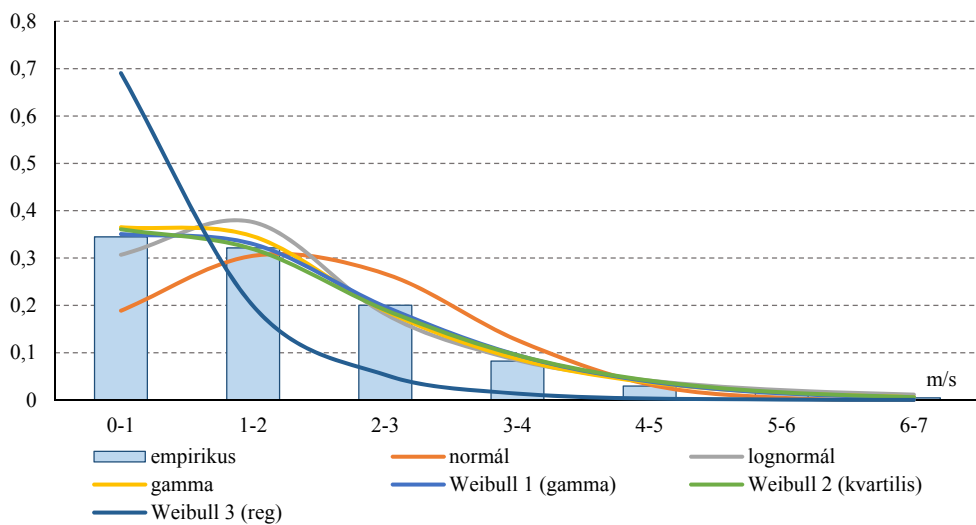
18. ábra: A vizsgált időszak szélesebbeségeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a bucsin-tetői mérőállomáson



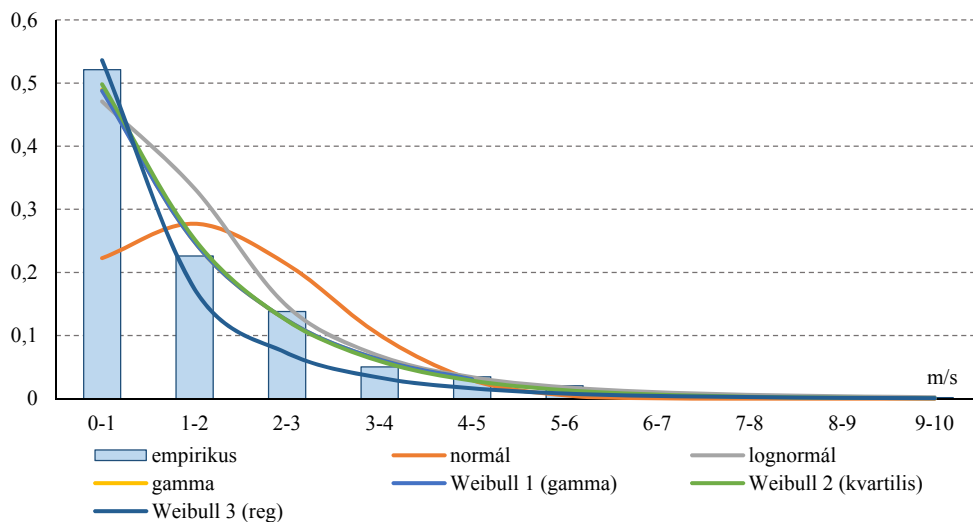
19. ábra: A vizsgált időszak szélesebbeségeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a kézdivásárhelyi mérőállomáson



20. ábra: A téli negyedév szélesebbeségeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a bucsin-tetői mérőállomáson



21. ábra: A tavaszi negyedév hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a gyergyóalfalui mérőállomáson



22. ábra: A tavaszi negyedév hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a kézdivásárhelyi mérőállomáson

Az empirikus eloszlások elméleti eloszlásokkal való összehasonlítása, illeszkedésvizsgálata kiemelt jelentőséggel bír a szélklimatológiában. Feltételezve a szignifikáns illeszkedést és ismerve az elméleti eloszlás típusát következtethetünk az empirikus eloszlás szerkezetére, alakjára, illetve pontosabb becslést tudunk adni az illető terület szélpotenciáljára.

4.1.3.1 A Weibull-eloszlás alak és skála paramétereinek elemzése

A 3.2.2. fejezetben bemutatott elméleti eloszlások felsorolásában három módszer eredményeit mutattuk be a Weibull-eloszlás illeszkedése kapcsán, aminek részletes leírása a 3.2.2.4. fejezetben található. A Weibull-eloszlás bemenő értékei az ún. alak (k) és skála (c) paraméterek. Ahogy azt már a fentiekben is megjegyeztük ez az elméleti eloszlás közelíti a legnagyobb valószínűséggel a megfigyelt szélesebesség adatokat, mi több a szélenergetikában is ezt az eloszlást alkalmazzák a szélesebesség adatok elemzésekor, hosszú adatsorok kiértékelésekor. Ezért indokoltnak tartjuk ezen eloszlás paramétereinek részletes vizsgálatát. A 4.1.3. fejezetben foglaltak alapján kijelenthető, hogy a három eltérő paraméter meghatározási módszer közül a legtöbb esetben illeszkedő a Weibull 1, amit a 1. módszer segítségével számoltunk ki és ez a módszer adta a legjobb eredményt. A továbbiakban ennek a módszernek (1. módszer – Weibull 1) produktumait elemezzük.

A k paraméter értéke (mértékegység nélküli szám) állomásonként 1,18 (Kézdivásárhely) és 1,98 (Sepsiszentgyörgy) között változik, ami a

mintaterület egészére vonatkoztatva 0,8 ingást jelent a vizsgált hét éves időintervallumban. A legnagyobb értékek összehasonlításában már jelentősebb eltérés mutatkozik, 3,21 (Székelyudvarhely) és 1,59 (Gyergyóalfalu) értékei között 1,62-os különbség tapasztalható. Kiemelendő tény az is, hogy a lakócai állomást leszámítva mindegyik állomáson május és július közötti időszakban figyelhető meg a paraméter éves járásának maximuma (13. táblázat).

13. táblázat: A (k) alakparaméter havi értékei(**félkövér** – legnagyobb érték)

	Bucsin-tető	Csikszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
Január	1.19	1.23	0.84	0.84	2.03	1.44	1.55	1.83
Február	1.37	1.54	0.95	1.04	1.84	1.71	1.64	2.00
Március	1.49	1.82	1.31	1.38	2.00	1.89	2.02	2.24
Április	1.53	2.00	1.46	1.46	1.87	1.95	2.10	2.67
Május	1.67	2.56	1.59	1.60	2.04	1.84	2.48	2.82
Június	1.77	2.68	1.59	1.34	2.03	2.04	2.87	3.21
Július	1.47	2.36	1.67	1.27	1.84	1.83	2.33	2.54
Augusztus	1.52	2.50	1.52	1.41	1.78	1.95	2.61	2.95
Szeptember	1.39	2.02	1.40	1.22	1.84	1.95	1.94	2.31
Október	1.13	1.73	0.99	1.03	2.08	1.71	1.36	2.41
November	1.14	1.21	1.04	0.84	1.85	1.36	1.33	1.96
December	1.04	1.37	0.90	0.70	2.27	1.44	1.54	1.78
Átlag	1,39	1,92	1,27	1,18	1,96	1,76	1,98	1,39

A Weibull-eloszlás alakparaméterének pontos meghatározása nagy jelentőséggel bír az illető mérőpont szélsőérték adatainak vizsgálatakor. A pontatlan, helytelen paraméter meghatározás hibás következtetések levonását eredményezheti. Ezen felül az alakparaméter időbeni változásának, éves járásának ismeretében le tudjuk határolni azon időszakokat, ahol értéke ugrásszerűen megemelkedik.

A c (skála) paraméter (mértékegysége m/s) állomásonkénti átlagértéke nagyobb szórást mutat, a hét éves időszakra vetítve az átlagok terjedelme több mint 4 m/s (14. táblázat). A legnagyobb érték a lakócai állomáson (5,55 m/s), míg a legalacsonyabb érték a bucsin-tetői állomáson (1,34 m/s)

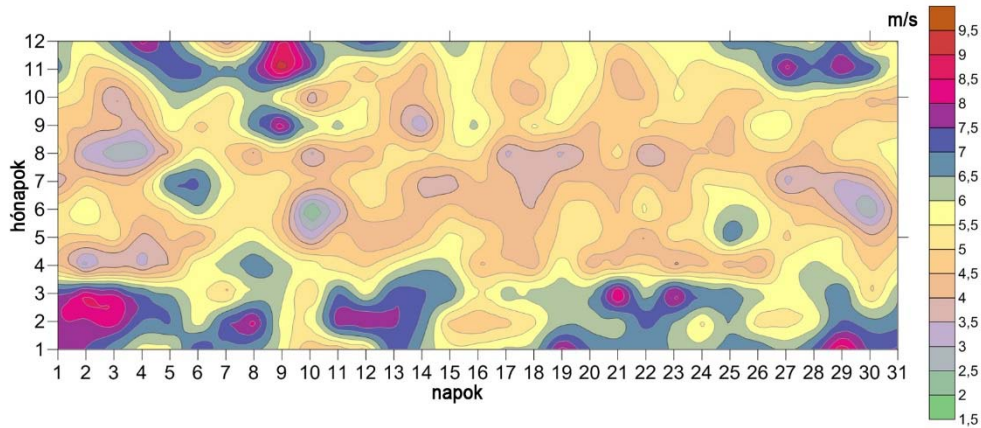
következett be. Nem csak az egyes állomások összehasonlításában van jelentős különbség, hanem az adott állomás éves ingadozásában is. Lakóca esetében a havi átlagértékek között több mint 2 m/s-os különbség figyelhető meg (március – augusztus). A legkisebb ingadozás a maroshévízi állomáson mutatható ki, ahol a maximális és minimális értékek közötti különbség 0,5 m/s (március – december). A mérőállomások c paraméterének maximuma minden esetben márciusban következik be, ami az elsődleges szélmaximummal hozható összefüggésbe (TAR ET AL. 2005). A terjedelem mellett a szórás értékek is alátámasztják a két mérőállomás széljárásbeli különbségeit, míg Maroshévízen a szórás értéke 0,03 m/s, addig Lakócán 0,63 m/s.

14. táblázat: A (c) skála paraméter havi értékei (félkövér jelölés – legnagyobb érték)

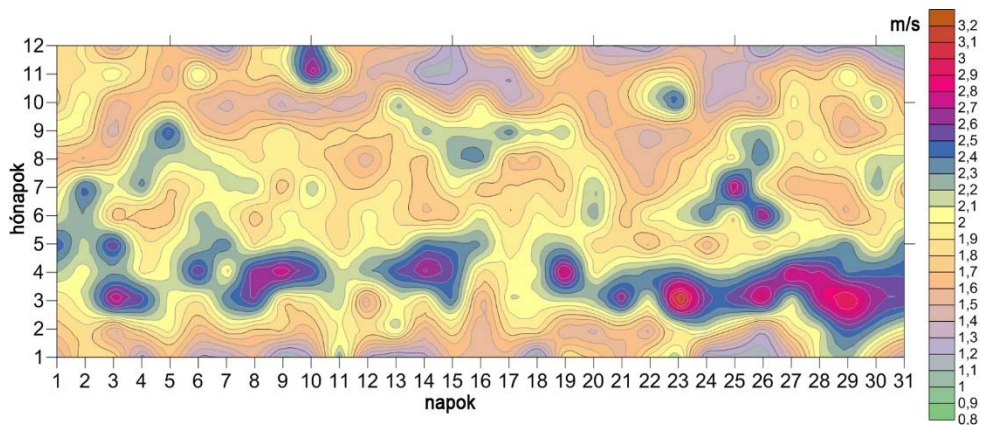
	Bucsin-tető	Csikszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
Január	1.62	1.73	1.11	1.40	6.69	1.42	1.67	1.57
Február	1.52	1.94	1.42	2.07	6.47	1.59	1.90	1.81
Március	1.90	2.40	2.01	2.62	6.74	1.82	2.26	2.33
Április	1.39	2.31	1.88	2.20	5.07	1.70	1.99	2.37
Május	1.43	2.43	1.99	2.17	4.97	1.78	1.87	2.09
Június	1.30	2.33	1.85	1.64	4.77	1.70	1.91	2.00
Július	1.36	2.25	2.01	1.63	4.77	1.79	1.92	1.97
Augusztus	1.06	2.02	1.62	1.54	4.45	1.50	1.57	1.93
Szeptember	1.21	1.91	1.68	1.59	5.33	1.53	1.49	1.93
Október	1.07	1.64	1.19	1.47	5.04	1.30	1.24	1.72
November	1.26	1.72	1.45	1.27	6.14	1.38	1.40	1.75
December	0.97	1.49	1.07	0.99	6.12	1.30	1.52	1.57
Átlag	1,34	2,01	1,61	1,72	5,55	1,57	1,73	1,92

A PAVIA – O'BRIEN (1986) tanulmányában egy kétdimenziós megjelenítési módszert alkalmaztak a skála paraméter térbeli és időbeli változására, ami az ún. Hovmöller diagram. A skálaparaméter éves menetének vizsgálatára egy továbbfejlesztett megjelenítést alkalmaztunk, ahol a függőleges tengelyen a hónapos, míg a vízszintes tengelyen a napos változásokat követhetjük nyomon. Ezen ábrákat vizsgálva hasonló jellegzetességet figyelhetünk meg, mint a szélesség éves menetében. Az

év első felében, főként tavasszal időszakos növekedés következik be (23. és 24. ábra)



23. ábra: A lakócai mérőállomás c paraméterének éves menete



24. ábra: A székelyudvarhelyi mérőállomás c paraméterének éves menete

A lakócai és székelyudvarhelyi állomások izopléta diagramjaihoz hasonló (23. és 24. ábra) textúra figyelhető meg a bucsin-tetői, kézdivásárhelyi és a sepsiszentgyörgyi mérőállomások esetében is (8-10. melléklet). A bucsin-tetői, kézdivásárhelyi, lakócai, sepsiszentgyörgyi és székelyudvarhelyi mérőállomások esetében a maximális értékek az év első egyharmadában találhatók, addig a csíkszeredai, gyergyóalfalui és maroshévízi állomások esetében (11-13. melléklet) ez az időszak az év első felére bővül.

A mintaterületen elhelyezkedő mérőállomások skála paraméter értékeit összevetettük az állomások tengerszint feletti magasságával. A 15. táblázatban foglaltak alapján megállapítható, hogy a paraméter megállapítási módszerek (Weibull 1 – 1. módszer; Weibull 2 – 2. módszer; Weibull 3 – 3.

módszer) eredményei eltérő eredményeket adtak. A Weibull 1 és Weibull 2 értékei abszolút különbségeinek átlaga 0,14 m/s, ami minimális eltérést jelent, ellenben a Weibull 3 értékei jelentős különbséget mutatnak az előző kettőhöz viszonyítva.

A tengerszint feletti magasság és a skála paraméter (külön-külön mindhárom: c_{w1} , c_{w2} , c_{w3}) közti lineáris korrelációt vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a két változó között kapcsolat áll fenn. Ezen állítást statisztikailag nem sikerült igazolni, viszont MAHBUB ET AL. (2011) megállapítása alapján 95%-os valószínűségi szinten szignifikáns kapcsolat mutatható ki a skála paraméter és a tengerszint feletti magasság között. A szignifikáns kapcsolat sikertelen igazolásának oka a korrelációs értékhez valamint a kis esetszámhoz köthető (FIDY – MAKARA 2005).

15. táblázat: A mérőállomások skála paramétereinek (m/s) összehasonlítása a tengerszint feletti magassággal (m)

	Tszfm.	c_{w1}	c_{w2}	c_{w3}
Bucsin-tető	1282	1,33	1,35	0,68
Csíkszereda	661	2,44	2,29	0,64
Gyergyóalfalu	750	2,05	1,86	0,82
Kézdivásárhely	568	2,15	1,96	0,64
Lakóca	1776	5,68	5,62	4,87
Maroshévíz	687	1,58	1,61	0,83
Sepsiszentgyörgy	523	1,74	1,53	0,97
Székelyudvarhely	523	1,93	1,66	1,22
Korrelációs együttható		0,729	0,769	0,797

4.1.4 Egymást követő napok átlagos szélességeinek kapcsolata

Az egymást követő napok átlagos szélességeinek és ezek kapcsolatának vizsgálatához a napi átlagos szélesség értékek elemzését kell elvégezzük. Ennek részletes bemutatása a 4.1.2. fejezetben található.

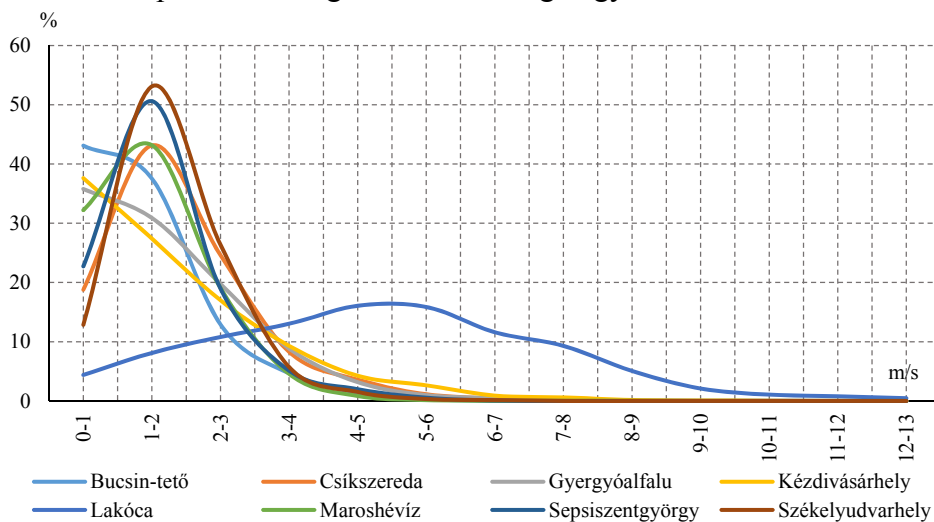
A napi átlagos szélességek eloszlása a 25. ábrán látható. A módusz helyét tekintve három csoportot különíthetünk el:

- ahol a módusz értéke 0 és 1 m/s között van: Bucsin-tető (0,8), Gyergyóalfalu (0,0) és Kézdivásárhely (0,0)
- ahol a módusz értéke 1 és 2 m/s között van: Csíkszereda (1,0), Maroshévíz (1,0), Sepsiszentgyörgy (1,0) és Székelyudvarhely (1,5)
- ahol a módusz értéke 5 és 6 m/s között van: Lakóca (5,6)

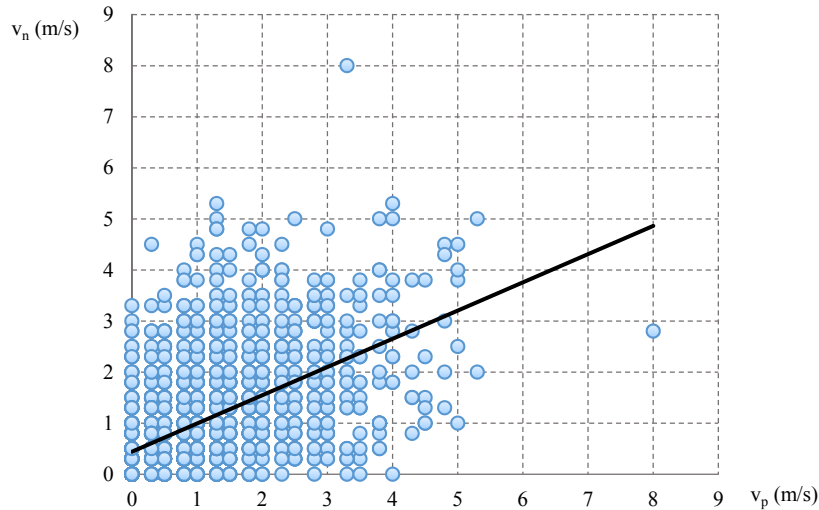
Az első csoport esetében a móduszt tartalmazó intervallum relatív gyakorisága 35 és 43 % között változik. A második csoport esetében a

módusz az eggyel nagyobb intervallumban helyezkedik el, melynek relatív gyakorisági értékei 43 és 53% között változnak. Az utóbbi két állomásnál (Sepsiszentgyörgy és Székelyudvarhely) az esetek több mint fele ebbe az intervallumba esik. A harmadik csoportban az esetszámok egyenletesebben helyezkednek el az előző két csoport állomásaihoz képest. A legtöbb esetszámot tartalmazó intervallum relatív gyakorisága 16%-ot tesz ki.

A tárgynap és a következő nap átlagos szélességeinek lineáris regressziójának ábrázolása Bucsin-tető esetében a 26. ábrán látható. Ennél az állomásnál legerősebb a két adatsor közti kapcsolat ($r=0,552$). A többi állomás esetében ennél lazább kapcsolat figyelhető meg; székelyudvarhelyi mérőállomás adatai alapján a tárgynap és a következő napi átlagos szélesség adatsor közötti korrelációs együttható értéke 0,365 (14-20. mellékletek). A vizsgálat lineáris korrelációs és regressziós értékeit összesítő táblázatból (16. táblázat) kitűnik, hogy minden állomás esetében az $r(v_p, v_n)$ korrelációs és a $b(v_p, v_n)$ regressziós együttható mindenhol pozitív, aminek az a jelentősége, hogy ha a tárgynap átlagos szélessége nagy, akkor a következő nap szélessége is valószínűleg nagy lesz.



25. ábra: A napi átlagos szélességek állomásonkénti eloszlása



26. ábra: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Bucsintetőn

16. táblázat: A tárgynap (v_p) és a következő nap (v_n) napi átlagos szélessége közötti lineáris korreláció és regresszió paraméterei (**félkövér** jelölés – legnagyobb érték)

	$a(v_p, v_n)$	$b(v_p, v_n)$	$r(v_p, v_n)$
Bucsintető	0,443	0,552	0,552
Csíksereda	1,071	0,408	0,408
Gyergyóalfalu	0,862	0,433	0,433
Kézdivásárhely	1,000	0,390	0,390
Lakóca	2,346	0,517	0,517
Maroshévíz	0,814	0,402	0,402
Sepsiszentgyörgy	0,976	0,368	0,368
Székelyudvarhely	1,060	0,365	0,365

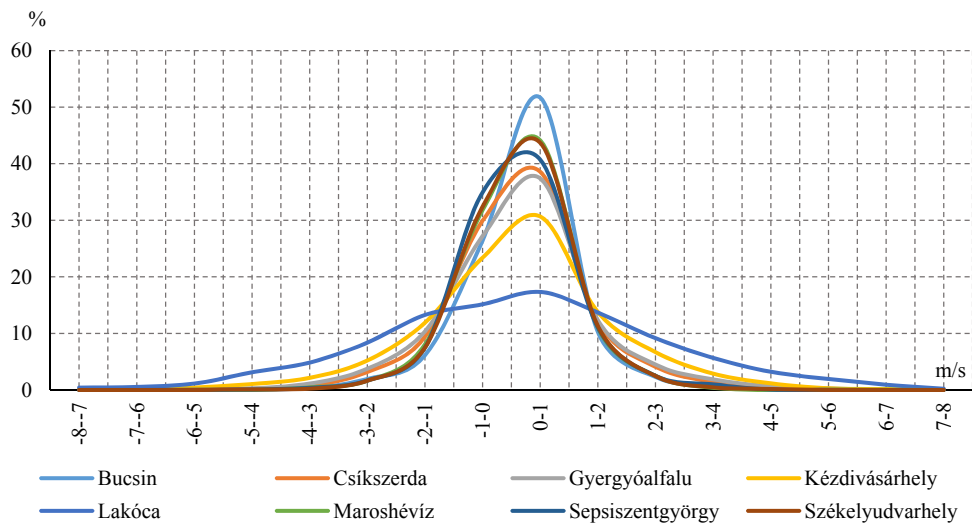
Az előző naphoz képest bekövetkezett szélesség értékek változását a következő nap és a tárgynap szélesség különbségével jellemezzük (Δv), amit a továbbiakban változásnak nevezünk (mértékegysége m/s). Az említett érték alapstatisztikái a 17. táblázatban láthatók. A változás változékonyságának értelmezésére a szórás használtuk. Kiemelendő, hogy összesítésben a két legmagasabban fekvő állomás szórás értékei jelentik a minimumot és a maximumot, Bucsintető esetében 0,93 m/s, míg Lakócán 2,75 m/s. A legnagyobb változás mind pozitív, mind pedig negatív értelemben a lakócai mérőállomáson következett be. Ugyancsak itt tapasztalható a legmagasabb csúcossági együttható is. Egyedül a ferdeségi együttható értéke magasabb Kézdivásárhely esetében. Mindegyik

mérőállomáson a változás átlaga, mediánja és módusza megegyezik, melynek értéke 0 m/s.

17. táblázat: A napi átlagos szélesség az előző naphoz képest bekövetkezett változásának (Δv) alapstatisztikái (félkövér jelölés – legnagyobb érték abszolút értékben)

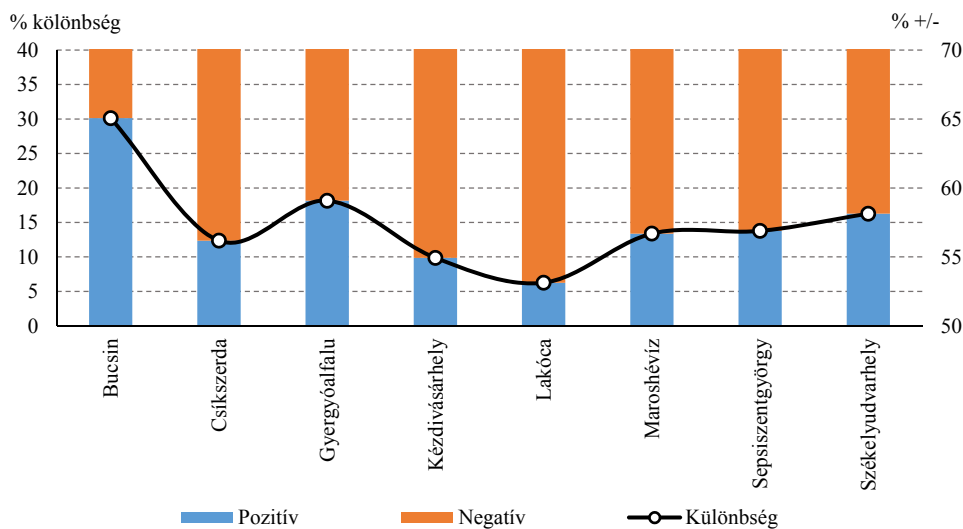
	Bucsin-tető	Csikszerda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székellyudvarhely
Átlag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Szórás	0,93	1,17	1,35	1,68	2,75	0,96	1,01	0,95
Minimum	-4,70	-5,00	-6,00	-7,50	-18,70	-4,00	-5,20	-5,00
Maximum	5,20	5,50	7,30	8,00	19,00	6,20	5,50	4,50
Alsó kvartilis	-0,50	-0,50	-0,70	-1,00	-1,50	-0,50	-0,50	-0,50
Medián	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Felső kvartilis	0,50	0,50	0,70	1,00	1,50	0,50	0,50	0,50
Ferdeségi	0,03	0,09	0,15	0,03	0,12	-0,03	0,07	0,03
Csúcsossági	2,94	1,82	2,28	1,59	3,57	2,07	2,53	2,38
Módusz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Amint az a 27. ábráról is leolvasható – a 17. táblázatnak megfelelően – a módusz helyét tekintve nincs különbség az állomások között, mindegyik állomás esetében a leggyakoribb intervallum a 0 és 1 közé eső. A legnagyobb kiugrás Bucsin tető esetében figyelhető meg, az esetek 51%-a tartozik ebbe az intervallumba, míg a legalacsonyabb Lakócán észlelhető 17%-al. Bucsin-tető, Kézdivásárhely és Lakóca kivételével a többi állomás átlag szélesség értékeinek változásának eloszlása közel homogénnek tekinthető.



27. ábra: A napi átlagos szélesebbesség az előző naphoz képest bekövetkezett abszolút változásának (Δv) eloszlása

Megvizsgáltuk a változás előjel szerinti megoszlását, melynek eredményei a 28. ábrán láthatók. Látható, hogy a pozitív változások gyakorisága 5-30%-kal meghaladja a negatív változásokét.



28. ábra: A napi átlagos szélesebbesség az előző naphoz képest bekövetkező változásának előjel szerinti megoszlása és ezek különbsége

A változás előjel szerinti megoszlása változó képet mutat az állomások között: a pozitív változások ($\Delta v \geq 0$) 6-30%-al meghaladják a negatív változásokét ($\Delta v < 0$). A pozitív és negatív változások a bucsin-tetői 30%-os,

a gyergyóalfalui 18%-os, székelyudvarhelyi 16%-os, sepsiszentgyörgyi 14%-os, a maroshévi 13%-os, a csíkszeredai 12%-os és a kézdivásárhelyi mérőállomások esetében 10%-os különbség tapasztalható. Ezzel szemben a lakócai állomáson a pozitív és negatív változás különbsége 6%.

A változás és a tárgynap átlagos szélessége közötti kapcsolat szorosságát lineáris korrelációs regressziós módszerrel vizsgáltuk meg, melynek eredményeit a 18. táblázat tartalmazza. A táblázat alapján a korrelációs együtthatók minden állomás esetében negatívak, ami alapján nagyobb tárgynapi szélességhez kisebb következőnapra változás tartozik. A legszorosabb kapcsolat Székelyudvarhely esetében figyelhető meg, itt a korrelációs együttható értéke -0,563 (29. ábra). Az állomásokról a regressziós érték -0,447 (Bucsin-tető) és -0,634 (Székelyudvarhely) között változik, ebből arra lehet következtetni, hogy ha pl. ha a tárgynapon 1 m/s-mal növekszik vagy csökken a napi átlagos szélesség, akkor a következő nap átlagos szélessége 0,45 és 0,63 m/s-mal csökken vagy növekszik. Az állomások regressziós diagramjai a 21-27. mellékletekben láthatók.

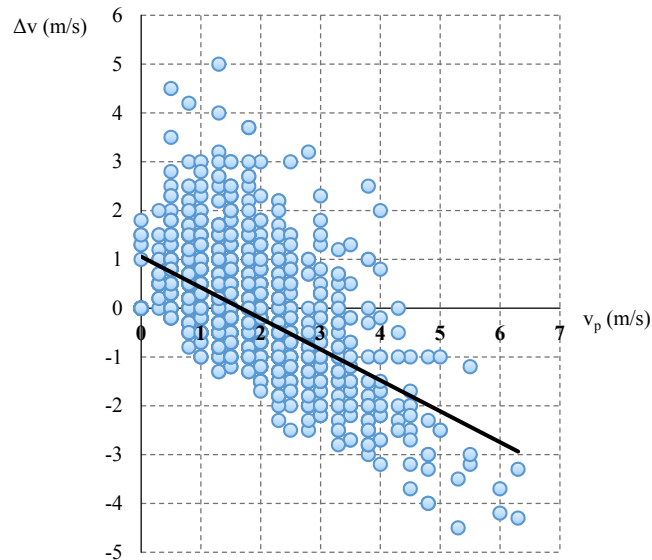
18. táblázat: A tárgynap átlagos szélessége (v_p) és a következő napra történő változás (Δv) közötti lineáris korreláció és regresszió paraméterei és a regressziós egyenes zérus helyei

	$a(v_p, \Delta v)$	$b(v_p, \Delta v)$	$r(v_p, \Delta v)$	v_0 (m/s)
Bucsin-tető	0,443	-0,447	-0,473	1,2
Csíkszereda	1,069	-0,592	-0,544	1,8
Gyergyóalfalu	0,862	-0,567	-0,532	1,5
Kézdivásárhely	0,999	-0,610	-0,552	1,7
Lakóca	2,345	-0,483	-0,491	4,9
Maroshévíz	0,814	-0,598	-0,547	1,4
Sepsiszentgyörgy	0,975	-0,631	-0,562	1,5
Székelyudvarhely	1,057	-0,634	-0,563	1,7

A regressziós egyenes metszi a vízszintes (v_p) tengelyt, amelynek metszéspontja v_0 (zérus-hely). Az 18. táblázatban megadott v_0 értékek minden esetben a vizsgált időszak átlagos szélesség értékeivel azonosak (19. táblázat). Mivel az $y_{\text{átlag}}$ ebben az esetben ≈ 0 így a regressziós egyenlet konstansára vonatkozó összefüggésekből belátható, hogy a zérus hely jó közelítéssel egyenlő az időszak átlagos szélességével.

Az előjelek szerinti megoszlás részletes bemutatása a 19. táblázatban látható. A pozitív változások ($\Delta v \geq 0$) számát tekintjük 100%-nak. Ezen esetek 42,5-61,9%-a akkor következik be, ha az adott nap átlagos szélessége kisebb mint a v_0 . A negatív változások ($\Delta v < 0$) esetében

markánsabb a különbség, a $v_p > v_0$ feltétel teljesülésekor az estek 27-42,4%-nál mutatható ki.



29. ábra: A tárgy nap átlagos szélessége és a következő napra történő változás közötti lineáris regresszió Székelyudvarhelyen

19. táblázat: A napi átlagos szélesség az előző naphoz képest bekövetkezett változásának (Δv) előjel szerinti megoszlása a regressziós egyenes zérus helye (v_0) előtt és után

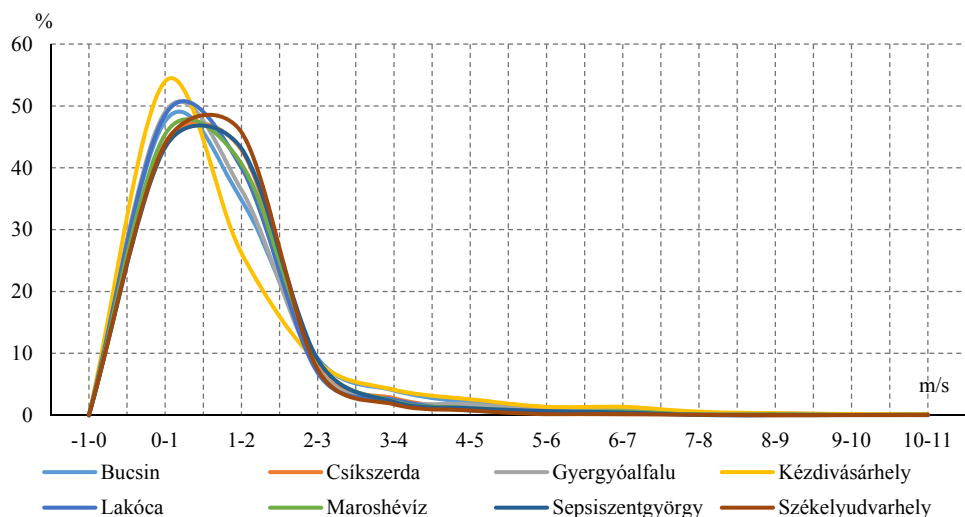
	$\Delta v \geq 0$ (100%)		$\Delta v < 0$ (100%)	
	$V_p \leq V_0$	$V_p > V_0$	$V_p \leq V_0$	$V_p > V_0$
Bucsin	61,9	38,1	66,9	33,1
Csíkserda	59,1	40,9	65,8	34,2
Gyergyóalfalu	57,0	43,0	62,6	37,4
Kézdivásárhely	57,2	42,8	63,6	36,4
Lakóca	49,7	50,3	57,6	42,4
Maroshévíz	55,3	44,7	61,4	38,6
Sepsiszentgyörgy	59,1	40,9	71,7	28,3
Székelyudvarhely	42,5	58,2	72,0	27,0

A napi átlagos szélesség az előző naphoz képest bekövetkező relatív változásának alapstatisztikáit a 20. táblázat foglalja össze. A relatív változások átlaga minden állomáson Székelyudvarhely kivételével nagyobb, mint 0,20, Kézdivásárhely esetében az átlagérték eléri a 0,35 értéket. A ferdeségi, csúcossági együtthatókon és maximumon kívül minden alapstatisztikai érték abszolút értékben a kézdivásárhelyi állomáson a

legnagyobb. A változékonyságot leíró variációs együttható állomásonkénti ingadozása változó karakterisztikát mutat, különösen Kézdivásárhely és Székelyudvarhely összehasonlításában (Székelyudvarhelyen 0,59, míg Kézdivásárhelyen közel 3,0 az értéke). A 20. táblázat adatait alátámasztva az előző naphoz képest bekövetkezett relatív változás eloszlása egységesebb formát mutat. A fent említett kézdivásárhelyi állomás adatai alapján elmondható, hogy eltérő eloszlást mutat (30. ábra).

20. táblázat: A napi átlagos szélsőérték az előző naphoz képest bekövetkezett relatív változásának (Δv_r) alapstatisztikái (félkövér jelölés – legnagyobb érték abszolút értékben)

	Bucsin	Csikserda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
Átlag	0,26	0,23	0,26	0,35	0,20	0,22	0,23	0,17
Szórás	1,24	0,92	1,45	1,72	0,95	1,04	0,92	0,77
Variációs eh.	1,53	0,85	2,11	2,94	0,90	1,07	0,84	0,59
Minimum	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Maximum	14,00	8,60	20,00	17,33	9,38	10,67	9,00	9,00
Alsó kvartilis	-0,47	-0,35	-0,48	-0,64	-0,31	-0,38	-0,35	-0,28
Medián	0,00	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Felső kvartilis	0,62	0,50	0,54	0,65	0,43	0,54	0,52	0,38
Ferdeség	2,93	2,62	4,49	3,41	3,22	3,29	2,90	3,00
Csúcsosság	15,91	10,50	36,51	18,10	16,94	18,33	14,74	17,58
Módusz	0,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00



30. ábra: A napi átlagos szélesebbesség az előző naphoz képest bekövetkező relatív változásának (Δv_r) eloszlása

21. táblázat: A napi átlagos szélesebbesség az előző naphoz képest bekövetkező relatív változás (Δv_r) eloszlásainak páronkénti homogenitás vizsgálat összegző táblázata (* – szignifikáns illeszkedés; $p=5\%$)

	Bucsintető	Csíkszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
Bucsintető								
Csíkszereda						*	*	
Gyergyóalfalu								
Kézdivásárhely								
Lakóca						*		
Maroshévíz							*	
Sepsiszentgyörgy								
Székelyudvarhely								

A 20. táblázat adatai alapján kijelenthető, hogy az átlag, a medián, a módusz valamint a ferdeségi és csúcossági együtthatók értékei kizárják a Δv_r gyakorisági eloszlásainak normalitását. Ennek igazolására homogenitás vizsgálatot végeztünk azzal a céllal, hogy megállapítsuk a Δv_r eloszlásai ugyanazzal az elméleti eloszlással írható-e le mind a nyolc állomás esetében. A χ^2 próbával állomáspáronként elvégzett vizsgálat eredménye a

21. táblázatban látható. Ezek alapján megállapítható, hogy a Csíkszereda, Lakóca, Maroshévíz és Sepsiszentgyörgy állomások Δv_r adatainak eloszlásával azonos. Az összes többi állomáspár Δv_r adatai más-más eloszlásból származnak, az eloszlások között is szignifikáns eltérés van.

4.1.5 A mérőállomások szélesség értékeinek területi elemzése

A mérőállomások szélesség adatait korrelációs és főkomponens elemzés alá vetettük, választ kapva arra a kérdésre, hogy vannak-e egy területhez kapcsolódó jellegzetességek, illetve ha vannak, akkor milyenek és mely állomások tartoznak ide. Az elemzés során a varimax rotációt alkalmaztuk (WALTER – HANS 1974).

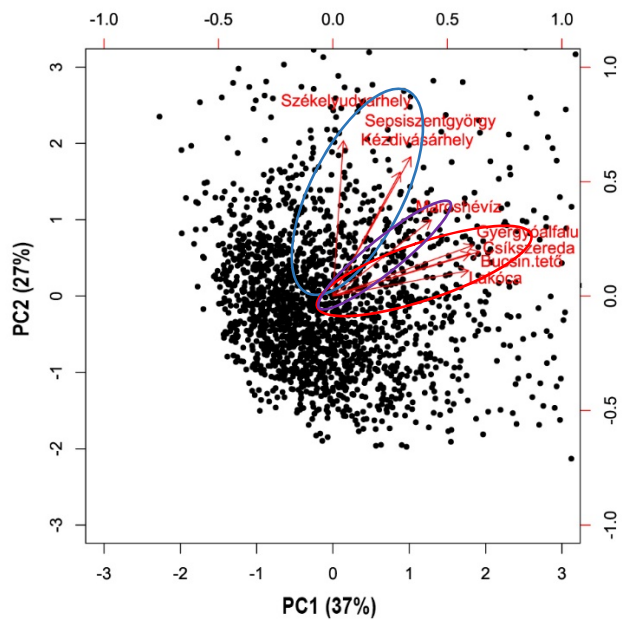
A főkomponens elemzés több dimenziós terét leképező biplot diagramját elemezve (31. ábra) megállapítható, hogy négy állomáscsoport különül el.

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

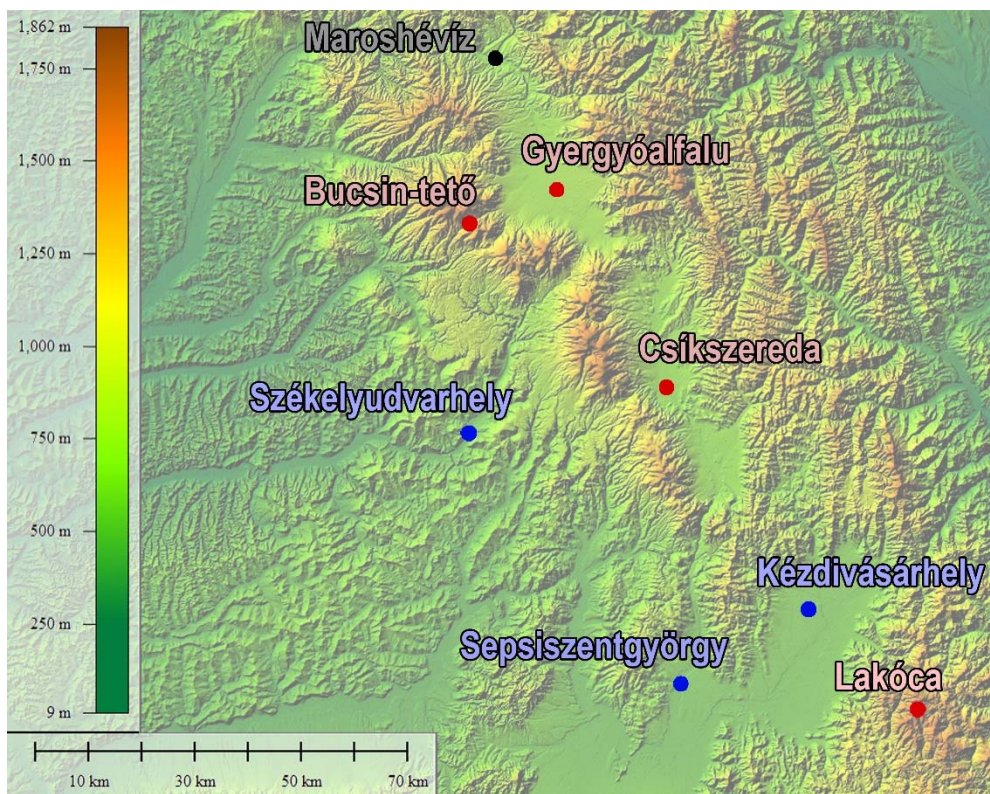
A második csoportba tartozó állomások: Sepsiszentgyörgy és Kézdivásárhely. Az állomás adatsorai közt szoros kapcsolat figyelhető meg (a 31. ábrán az állomások vonalai egymásra tevődnek). Minkét állomás hasonló tengerszint feletti magasságon, valamint morfológiájú terepen található. A két állomás közötti légvonalbeli távolság 27 km. A főkomponens elemzés eredménye többek között a fent megnevezett tényezők összhatását jeleníti meg.

A harmadik csoportba 4 állomás tartozik: Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Bucsin-tető és Lakóca. Bucsin-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 (Bucsin-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 (32. ábra), akkor térben közelebb áll a második csoporthoz (Bucsin-tető, Gyergyóalfalu, Csíkszereda, Lakóca), viszont az elemzés értékei a két csoport közötti átmenetet mutatják.

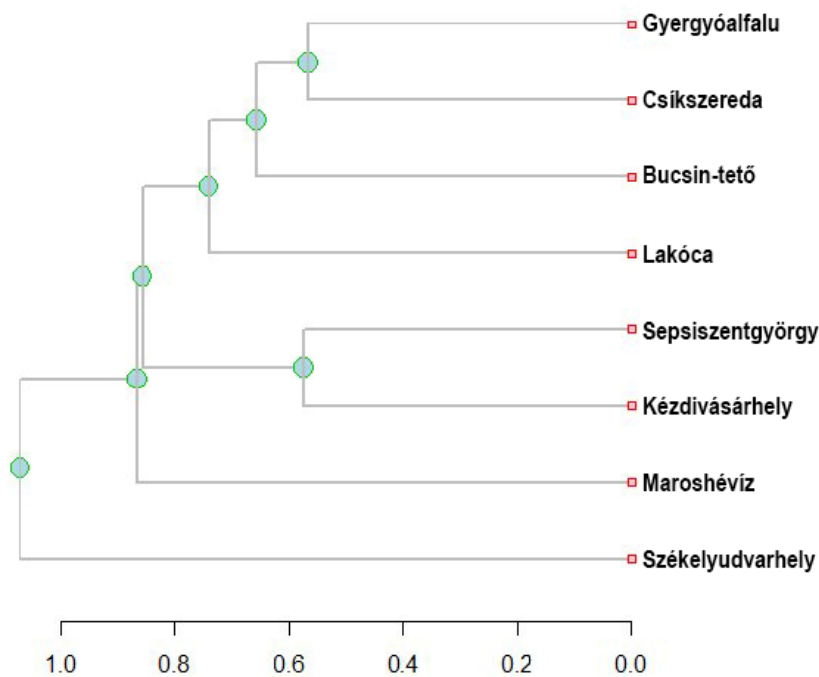


31. ábra: A mérőállomások biplot diagramja



32. ábra: A meteorológiai állomások főkomponens elemzése utáni csoportjai

Az állomások korrelációs kapcsolatait vizsgálva, azt tudjuk megállapítani, hogy egyrészt az anonos karakterisztikájú állomások adatai azonos, vagy szomszédos csoportba tartoznak, másrészt megerősíti a főkomponens elemzés eredményeit, miszerint a második csoport állomásai (a 32. ábrán piros színnel jelölt) karakterisztikái itt is azonosak. A 33. ábrán a klaszteresedő állomások kapcsolódásai, a hierarchikus fűrtképződés látható. Látható, hogy az azonos elhelyezkedésű állomások egy osztályba csoportosulnak (Gyergyóalfalu-Csíkszereda: zárt hegyközi medence; Sepsiszentgyörgy-Kézdivásárhely: hegyközi medence). A két legmagasabban felkvő állomás Bucsintető és Lakóca egy-egy magasabb hierarchia szint után a Gyergyóalfalu-Csíkszereda csoportba tartozik. Székelyudvarhely a legmagasabb hierarchia szinten kapcsolódik a kialakult hierarchiafához. Az egyre magasabb hierarchiaszinttel nő a csoportstruktúrában belüli heterogenitás, viszont kevesebb a megoldást alkotó csoportok száma. Ezzel a megállapítással alátámasztható a főkomponens elemzés eredménye is, miszerint a székelyudvarhelyi állomás földrajzi helyzetéből adódóan eltér a többi állomás szélesség adataitól.



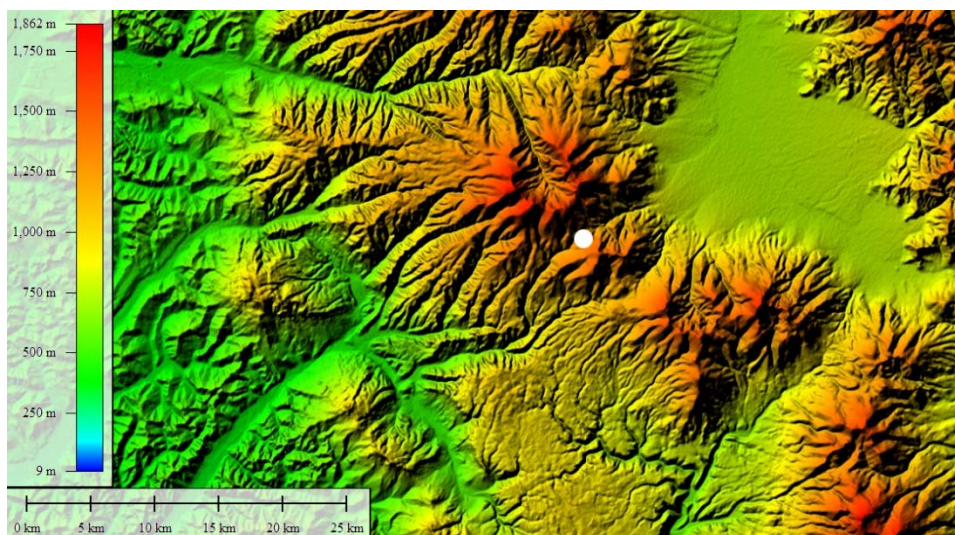
33. ábra: A mérőállomások korrelációs mátrixának dendogramja

4.2 A szélirányokra vonatkozó vizsgálatok

4.2.1 A szélirányok empirikus eloszlásának elemzése

A szélklimatológiai vizsgálatok másik fontos komponense a szélirányokra vonatkozó összefüggések feltárása, a legpontosabb következtetések levonása érdekében. Ezen alfejezet a maximális szélsébséghez tartozó szélirányok empirikus eloszlásának elemzését tartalmazza a mintaterületen elhelyezkedő meteorológiai állomások adatiból.

A szélirányok eloszlásának elemzése kiemelt fontosságú a szélklimatológiai vizsgálatokban, ugyanis ezen kutatások eredményei jellemzőek a mérési pont körüli tereptárgyak elhelyezkedésére. A mérőpont közeli tereptárgyak (épületek, fák) jelentősen befolyásolják a szél irányát, szélárnyékos területeket hozva létre. A mérőpont közvetlen környezetén felül a tágabb értelemben vett térség is hatást gyakorol a szélirányok gyakoriságára, eloszlására. A tágabban vett környezeten a 25-30 km-es sugarú körön belüli orográfia és ennek hatótényezői értendők. Korábbi tanulmányainkban elemeztük a domborzat szélirány módosító hatását (LÁZÁR 2012; LÁZÁR – MAKKAJ 2012). Mindegyik állomás esetében megfigyelhető a domborzat hatása a helyi szelek irányára, ugyanis a tagolt felszín a lokális szélviszonyok kialakulásának elsődleges tényezője.



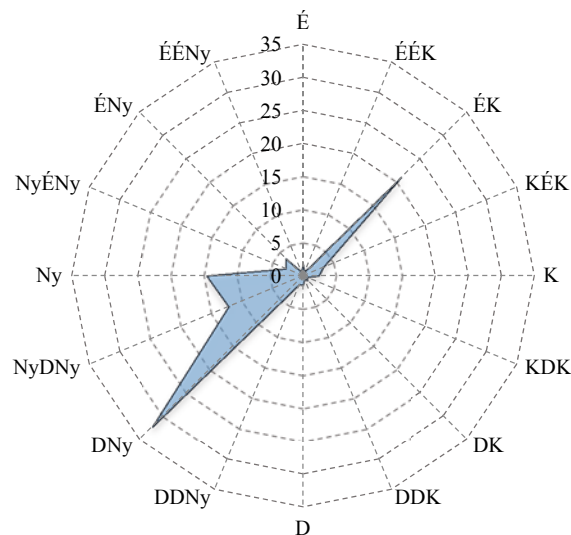
34. ábra: A bucsin-tetői mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése

A vizsgált meteorológiai állomások szélirány adatait tekintve megállapítható, hogy a lokális szélviszonyok rendszere és ezek tulajdonságai többek között SZÁSZ – TÖKEI (1997) által leírt hegy-völgyi szél mechanizmusára vezethető vissza. Ha az állomások körüli 3D-s

domborzatmodell kivágatát és a vizsgált időszak szélrózsáját elemezzük megfigyelhető, hogy mindegyik esetben a domináns szélirányok köthetők egy vagy több pozitív és/vagy negatív felszíni formához.

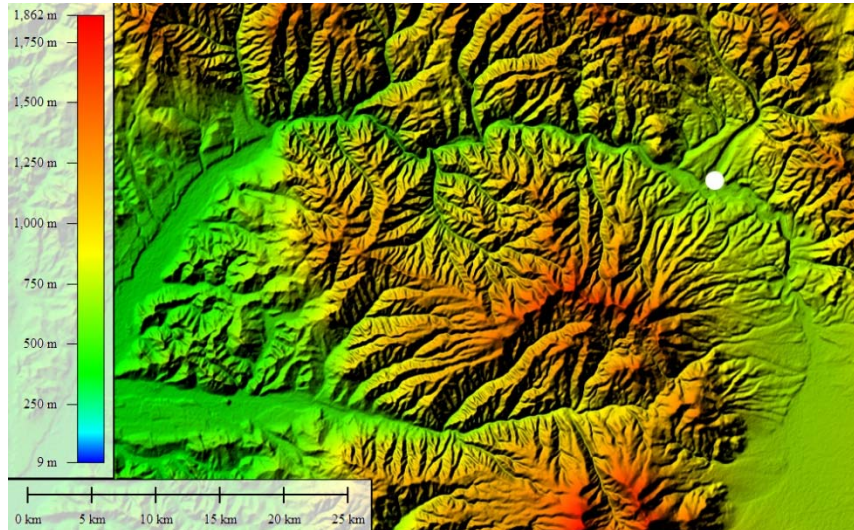
A mérőpontokon a befolyásoló domborzati formák eredményezte szélirány eloszlás a teljes vizsgált időszakban (2006-2012) a domináns szélirányok gyakorisága minden esetben meghaladja a 10%-ot (22. táblázat).

A domborzat szélirányokra gyakorolt hatásának szembevető példája a bucsin-tetői mérőponton figyelhető meg. A 34. ábrán látható 3D-s domborzatmodellről leolvasható, hogy 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 formák egyrészt (szélirány) korlátozó, másrészt terelő képződményeknek is tekinthetők. A mérőpont szélirány gyakoriság vizsgálata kapcsán megállapítható, hogy a szélrózsában (35. ábra) a domináns szélirányok ugyancsak az ÉK-i (21%) és a DNy-i (32%).

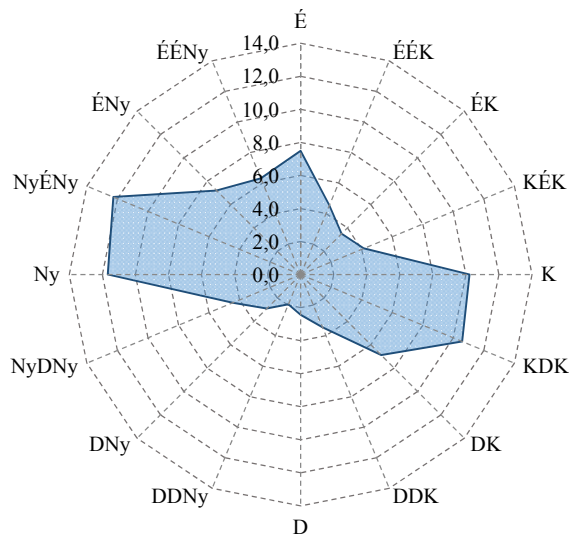


35. ábra: Bucsintető szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)

Maroshévíz esetében összetettebb a helyzet, ugyanis két magashegység közé bevágódott folyó völgyben helyezkedik el, ami döntően befolyásolja a szélirányok eloszlását. Az említett folyó a Maros, tőle északra a Kelemen-havasok, délre pedig a Görgényi-havasok találhatóak (36. ábra). A maroshévízi állomás adatai alapján megállapítható, hogy a domináns szélirányok Ny (11,7%), NyÉNy (12,3%) valamint K (10,2%) és KDK (10,6%) (37. ábra).



36. ábra: A maroshévi mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



37. ábra: Maroshévi szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)

A Gyergyó-medence közepén elhelyezkedő gyergyóalfalui meteorológiai állomás mellett, hogy a medence alján található, 1000 méteres tengerszint feletti magasságot meghaladó hegységek veszik körül (ÉK: Gyergyói-havasok, K: Nagyhagymás, Ny-DNy: Görgényi-Havasok), ami így szélvédett helynek mondható (28. melléklet). A szélvédett helyzet ellenére a domináns szélirány a Ny-i (22,2%), a Bucsín-hágón átbukó légtömegek hatására (29. melléklet).

22. táblázat: A szélirányok relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)
(félkövér – legnagyobb érték)

	Bucsin-tető	Csíkszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
É	1,7	7,1	4,0	11,9	1,6	7,5	9,9	8,9
ÉÉK	0,6	4,1	2,2	1,2	0,6	4,5	4,9	16,1
ÉK	21,0	3,2	5,6	21,7	4,3	3,5	5,8	10,3
KÉK	3,3	2,8	5,5	5,5	2,6	4,1	5,4	3,1
K	2,4	5,0	9,3	2,7	8,8	10,2	8,6	1,9
KDK	0,6	2,9	6,0	0,3	1,8	10,6	3,7	3,3
DK	0,9	4,6	8,1	1,6	6,4	6,9	4,7	4,4
DDK	0,6	4,3	1,6	2,4	3,0	3,5	8,8	4,2
D	1,4	4,8	1,8	15,9	6,3	2,4	6,2	8,1
DDNy	1,4	9,4	1,3	2,8	1,5	2,0	2,9	5,3
DNy	32,2	11,3	9,0	9,5	4,2	2,9	2,7	3,8
NyDNy	12,2	13,2	6,1	5,6	3,2	4,5	2,5	3,1
Ny	14,6	8,4	22,2	14,5	36,1	11,7	10,0	5,4
NyÉNy	2,8	5,8	5,1	2,1	15,1	12,3	11,4	8,3
ÉNy	3,7	6,1	8,1	0,9	4,0	7,2	9,0	8,2
ÉÉNy	0,7	6,8	4,1	1,3	0,5	6,3	3,4	5,6

A csíkszeredai állomás, habár délebbre található Gyergyóalfalutól, de egy hasonló hegyközi medencében, a Csíki-medencében fekszik (K: Csíki-havasok, Ny: Hargita-hegység) (30. melléklet). A Hargita-hegység É-i és D-i része között elhelyezkedő Tolvajos-hágó, valamint a Ny-ról érkező légtömegek eredőjeként a domináns szélirány a NyDNy-i (13,2%) és a DNy-i (11,3%) (31. melléklet).

A székelyudvarhelyi állomás a Hargita hegységtől Ny-ra található az Erdélyi-medence K-i peremén. Székelyudvarhely esetében a szélirányt befolyásoló negatív domborzati forma a Nagy-Küküllő völgye (32. melléklet). A domináns szélirányok ÉÉK-i (16,1%) és ÉK-i (10,3%) (33. melléklet).

Kézdivásárhely a Háromszéki-medencében található, ami földrajzi egységként a Brassói-medencéhez tartozik. hasonlóan a Gyergyói-medencéhez, ebben az esetben is viszonylag sík felszín jellemzi a medencét, a Keleti-Kárpátokkal határolva (34. melléklet). Négy domináns szélirány

figyelhető meg: É-i (11,9%); ÉK-i (21,7%), az Ojtuzi-szoroson átbukó keleties légtömegek hatására; D-i (15,9%), a délies átbukó fön szelek hatására; valamint Ny-i (14,5%) az Atlanti-óceán felől érkező nyugatias légtömegek hatására (35. melléklet).

A vizsgált területen legmagasabban található lakócai állomás a Keleti-Kárpátok Ny-i részén helyezkedik el a Háromszéki-havasokban (36. melléklet). A domináns szélirány aránya itt a legnagyobb, értéke eléri a 36,1%-ot. A földrajzi elhelyezkedéséből adódóan a nyugatias légtömegek hatásaként az uralkodó szélirány a Ny-i (37. melléklet).

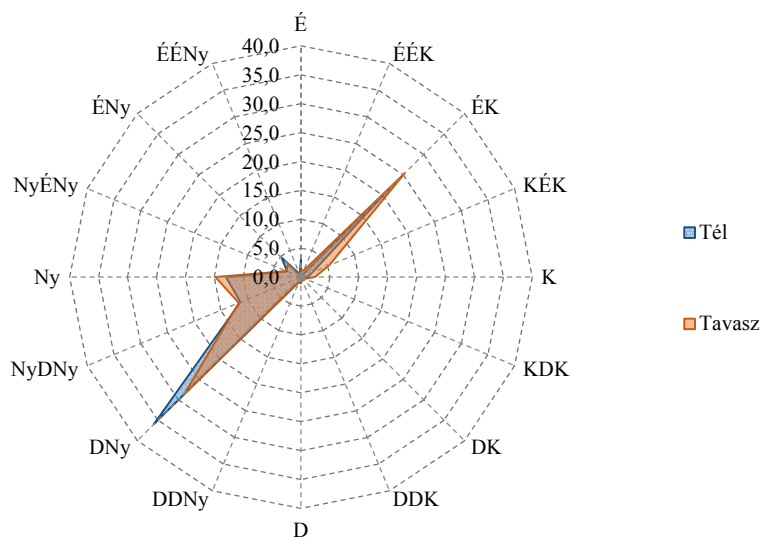
A sepsiszentgyörgyi meteorológiai állomás a Háromszéki-medence keleti peremén található, az Olt folyó árterületén. Az állomástól Ny-ra a Persány-hegység, ÉK-re a Baróti-hegység található (38. melléklet). Az állomáshoz viszonyítva É-D-i folyásirányú Olt jelentős hatással van a szélirányok eloszlására: É (9,9%), K (8,6%), DDK (8,8%), Ny (10%), NyÉNy (11,4%), ÉNy (9%) (39. melléklet). Ezen az állomáson három domináns szélirány nem érte el a 10%-ot, de arányaiban jelentősnek tekinthetők. A 3.1. fejezetben leírt körbeépítést figyelembe véve (7. ábra), az állomás adataiból származó eredményeket, csak fenntartásokkal lehet elfogadni, messzemenő következtetéseket nem szabad levonni.

Az állomások évszakonkénti szélirány gyakorisága eltérő képet mutat. A szélirány gyakoriság relatív értékeit figyelembe véve két csoportba sorolhatók az állomások:

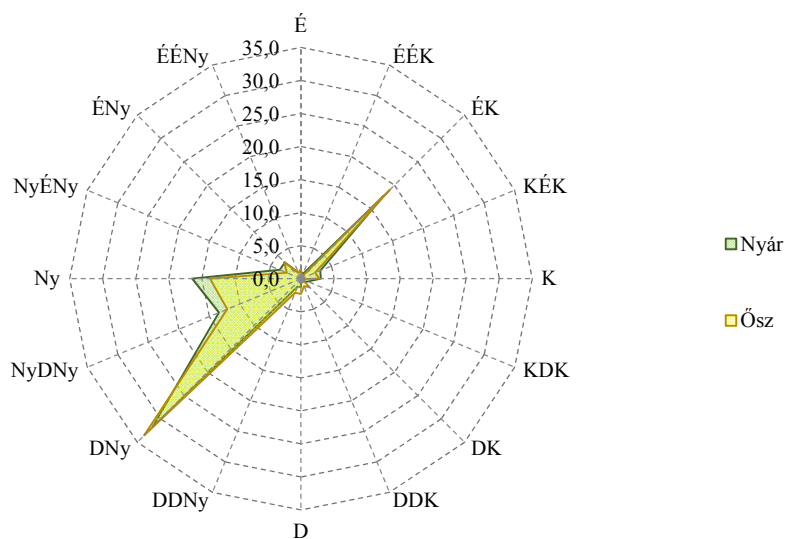
- ahol a domináns irány nem változik, a relatív értéke viszont igen
- ahol változik a domináns irány és a relatív értéke is

Az első csoportba Bucsin-tető (38. és 39. ábra), Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely, Lakóca, míg a második csoportba Csíkszereda (40. ábra), Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy és Székelyudvarhely tartozik.

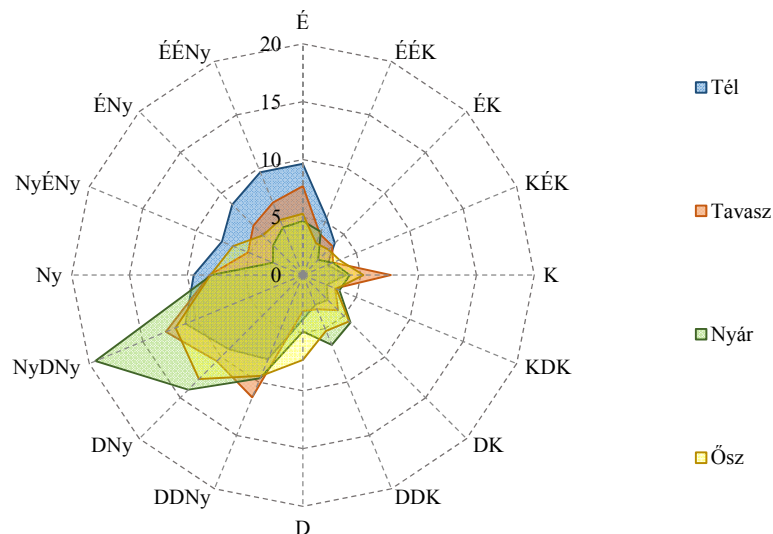
Az évszakos eltérések összehasonlítása érdekében állomásonként és külön-külön évszakonként (állomásra lebontva) is megjelenítettük a szélirányok eloszlását a könnyebb értelmezhetőség érdekében. Ezen szélrózsa diagramok a 40-45. mellékletekben találhatóak.



38. ábra: A bucsintetői állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) télen és tavasszal



39. ábra: A bucsintetői állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) nyáron és ősszel



40. ábra: A csikszeredai állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban

4.2.2 A szélirányok átlagsebességének vizsgálata

A szélirány- és szélesebesség empirikus eloszlása mellett kiemelt fontossággal bír a fent említett két paraméter együttes elemzése. A szélirányok átlagsebességének ismerete arra enged következtetni, hogy az illető helyszínen/mérőponton melyik irányból érkező légtömeg milyen potenciállal rendelkezik. Ezen alfejezet a mintaterület állomásainak irányonkénti szélesebesség elemzését tartalmazza.

A szélesebesség irányonkénti értéke a vizsgált állomások mindegyikén eltérő mértékben változik. Ahogy az a 23. táblázatban is látható nem minden állomás esetén esik egy irányba a legnagyobb szélesebesség érték és a 4.2.1. fejezetben bemutatott szélirány gyakoriság maximális értéke. Ez a tény azt mutatja, hogy a leggyakoribb szélirányok nem minden esetben rendelkeznek a legnagyobb potenciállal. A 23. táblázat az állomások szélirányainak átlagsebességét mutatja kiemelve a legnagyobb értéket, valamint az állomás szélirány gyakoriságának maximális értékét.

Elemelve a megjelenített átlag értékeket (23. táblázat) megállapítható, hogy a lakócai állomás legkisebb értéke (É: 3,7 m/s) is közel kétszer nagyobb, mint a többi mérőpont maximális értékének kétszerese. Ezen jelenség okát a 4.1.2. alfejezetben részletesen bemutattuk. Ezen állomás maximális szélesebesség értéke 5,47 m/s, ami a NyÉNy irányhoz tartozik.

A szórás legkisebb értéke Maroshévízen és Sepsiszentgyörgyön figyelhető meg (0,23), míg ezzel szemben a legnagyobb (0,53) Kézdivásárhelyen következett be. A 24. táblázatban megjelenített alapstatisztikai érték paraméterei azt mutatják, hogy a szórás kivételével

minden esetben a lakócai állomáson volt mérhető a maximális érték, ami ugyancsak a tengerszintfeletti magassággal hozható összefüggésbe.

23. táblázat: Az állomások szélirányainak átlag szélessége (m/s) (**félkövér** – legnagyobb érték; **kiemelés** – az állomás szélirány gyakoriságának maximális értéke)

	Bucsin-tető	Csikszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Székelyudvarhely
É	1,23	1,35	1,52	0,92	3,70	1,13	1,03	1,39
ÉÉK	1,88	1,33	1,50	1,17	4,64	1,14	1,37	1,53
ÉK	1,40	1,24	1,58	2,41	4,11	1,24	1,79	1,50
KÉK	1,33	1,27	1,74	2,38	4,63	0,75	1,48	1,57
K	1,01	1,32	1,23	1,80	4,37	0,91	1,45	1,80
KDK	0,81	1,28	1,67	1,40	4,53	1,20	1,39	2,31
DK	0,73	1,33	1,53	0,90	4,75	1,21	1,23	2,19
DDK	0,53	1,26	1,17	1,35	5,36	1,19	1,10	1,83
D	0,79	1,26	1,58	1,22	4,04	1,00	1,08	1,30
DDNy	0,91	1,95	1,36	1,21	4,90	0,84	1,30	1,27
DNy	1,18	1,92	1,50	1,64	4,01	1,16	1,32	1,34
NyDNy	1,33	1,99	1,80	1,99	4,97	1,30	1,54	1,47
Ny	1,35	1,45	1,95	2,19	5,19	1,65	1,76	1,72
NyÉNy	1,58	1,27	2,10	2,02	5,47	1,54	1,62	1,76
ÉNy	1,14	1,28	1,35	1,98	4,79	1,15	1,44	1,69
ÉÉNy	0,95	1,45	1,53	0,85	5,25	1,08	1,16	1,57

A szélirányok átlag szélesség értékeinek szemléletesebb megjelenítése érdekében elkészítettük az állomások szélirány-sebesség diagramját. A 40. ábrán és a 46-52. melléletekben megfigyelhető, hogy minden állomás sajátos, egyedi alakzattal rendelkezik. A csikszeredai mérőpont esetében vizuális hasonlóság érzékelhető a szélirányok relatív gyakoriságának maximális értékei és a legnagyobb szélességgel rendelkező irányokat megjelenítő diagramok között (31. melléklet, 40. ábra).

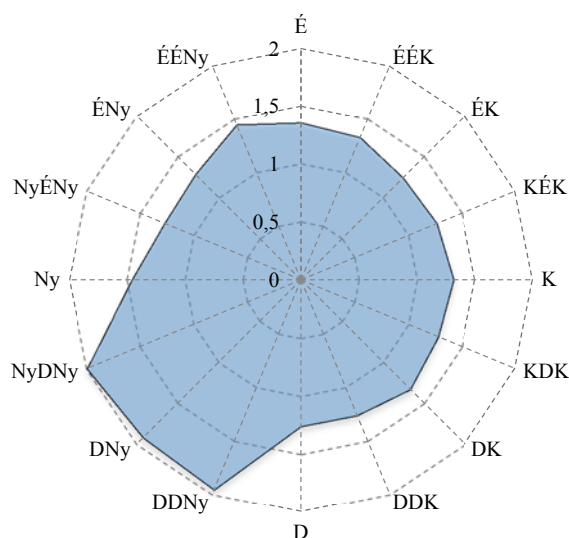
A szélirányok átlag szélességeinek éves menetét vizsgálva elmondható, hogy ezen elemzés részletesebb eredményeket ad, ugyanis az átlagolásból származó modulálás kisebb mértékben érvényesül. Ennek érdekében elkészítettük mindegyik állomás izopléta széliránysebesség diagramját. A csikszeredai mérőpont diagramját vizsgálva (41. ábra)

megállapítható, hogy a D és Ny közé eső irányok szélessége a legnagyobb, ahogy ezt a 40. ábra is igazolta. Ezen túlmenően viszont az is elmondható, hogy ezen irányokon belül a maximális szélesség értékek február és augusztus között következnek be.

24. táblázat: A szélirányok átlag szélességének (a 16 irányra vonatkoztatva) alapstatisztikai paraméterei (**félkövér** – legnagyobb érték)

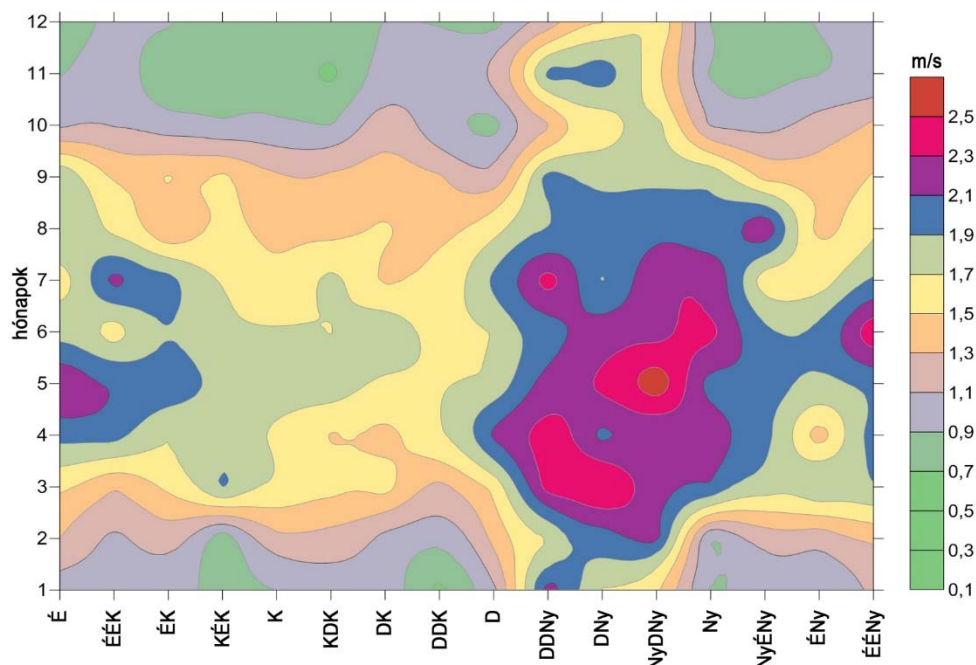
	Bucsin-tető	Csikszereda	Gyergyóalfalu	Kézdivásárhely	Lakóca	Maroshévíz	Sepsiszentgyörgy	Szekelyudvarhely
Minimum	0,53	1,24	1,17	0,85	3,70	0,75	1,03	1,27
Maximum	1,88	1,99	2,10	2,41	5,47	1,65	1,79	2,31
Átlag	1,13	1,44	1,57	1,59	4,67	1,16	1,38	1,64
Szórás	0,35	0,27	0,24	0,53	0,52	0,23	0,23	0,30
Terjedelem	1,35	0,75	0,93	1,56	1,77	0,90	0,76	1,04

Bucsin-tető, Kézdivásárhely és Lakóca (53-55. mellékletek) esetében relatíve magas, rövid és időszakos sebességnövekedés figyelhető meg egyes irányoknál. A bucsin-tetői állomásnál ÉÉK január első felében és NyÉNy februárban következett be a szélesség hirtelen emelkedése. Kézdivásárhelyen ez a jelenség a KDK-i irányban novemberben jelentkezik. Az előző két állomás izopléta diagramjai segítségével elkülöníthető két-két irányszektor, ahol éves szinten átlag körüli az illető szélirány szélessége (Bucsin-tető: É–KÉK, DNy–ÉNy; Kézdivásárhely: ÉÉK–KDK, DNy–ÉNy). Lakóca esetében három szélesség növekedés figyelhető meg az év eltérő időszakaihoz képest: februárban és március első felében DDK-i, májusban ÉK-i valamint júniusban DDNy-i irányból.



41. ábra: A csíkszeredai állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)

A csíkszeredai (42. ábra), gyergyóalfalui, maroshévízi, sepsiszentgyörgyi és székelyudvarhelyi állomások diagramjain (56-59. melléletekben) egyértelműen elkülöníthetők azon szélirányok, ahol az egyes irányoknál szélesség növekedés következik be, az év jelentős részében. Ezen időszakok hosszúsága egy adott állomáson és irányon belül is változik, időtartama három hónaptól kilenc hónapig terjed. Az állomások szélirányainak átlagsebesség növekedése eltérő időbeli eloszlást mutat (Csíkszereda: január–szeptember D és Ny közötti iránysektor; Gyergyóalfalu: január–szeptember NyDNy és ÉNy közötti iránysektor, február–május É és ÉK közötti iránysektor, július–szeptember KDK és DK közötti iránysektor; Maroshévíz: február–július Ny és NyÉNy közötti iránysektor, március–május DK és DDK közötti iránysektor; Sepsiszentgyörgy: január–március ÉK; Székelyudvarhely: január–december K és DDK közötti iránysektor). Kiemelendő, hogy a sepsiszentgyörgyi mérőpont eredményeit jelen esetben is csak fenntartások mellett lehet elfogadni és ezekből következtetéseket levonni a 4.1.2. és a 4.2.1. alfejezetekben leírtak alapján.



42. ábra: A szélirányok átlag szélességének éves menete a csíkszeredai állomáson

4.2.3 A szélirányok gyakorisági eloszlásának közelítése cirkuláris-normál eloszlással

A 4.2.1. valamint a 4.2.2. fejezetben a szélirányok empirikus eloszlását, illetve a szélirányok átlagsebességét vizsgáltuk. Ezen fejezetben a szélirányok gyakorisági eloszlásának közelítésére teszünk kísérletet cirkuláris normál eloszlással. Az elméleti eloszlás számítási módszerének részletes leírása a 3.2.2.5. fejezetben található. Az illeszkedés meglétét az egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbával ellenőriztük.

Az elemzéseket két időbeli bontásban végeztük el, az egyik a teljes időszakra vonatkozó, míg a másik az évszakos bontásban készített elemzés. A két eltérő időintervallum eredményeinek összevetése arra enged következtetni, hogy ahogyan a szélesség esetében is voltak jelentősebb szezonális különbségek, hasonló tendencia figyelhető meg a szélirány értékek empirikus eloszlásában is (4.1.2. fejezet). Az empirikus eloszlás elméleti eloszlással való közelítése és az illeszkedés szorossága elsősorban az illető állomás szélirány gyakoriságával, másodsorban az előző fejezetekben bemutatott morfológiai és orográfiai tagoltsággal van összefüggésben.

A 25. táblázatban látható, hogy csak egyes állomások esetében illeszkedik az empirikus és elméleti eloszlás. A legjobb közelítés a

csíkszeredai állomáson figyelhető meg, szignifikánsan illeszkedik 10%-os, 5%-os és 1%-os szignifikancia szinten is a teljes vizsgált időszakban. A táblázat első adatsora (2006-2012) a teljes vizsgált időszakra vonatkozik, ami 7 éves időintervallumot jelent. A teljes vizsgált időszakban csak az előbbieken említett csíkszeredai állomáson figyeltünk meg szignifikáns illeszkedést, az összes többi állomás esetében nem.

Évszakos bontásban már más az illeszkedési arány, Bucsintető és Lakóca esetében egyik vizsgált valószínűségi szinten sem (10%, 5%, 1%) tapasztaltunk szignifikáns illeszkedést. Ugyanakkor az évszakok összesítésében 10%-os szignifikancia szinten 11 alkalommal volt szignifikáns illeszkedés (ebből: Csíkszerda 4, Maroshévíz 3, Sepsiszentgyörgy és Székelyudvarhely 2-2 eset). 5%-os szignifikancia szinten 14 eset figyelhető meg (ebből: Csíkszerda 4, Maroshévíz 4, Sepsiszentgyörgy 2, Székelyudvarhely 4), míg 1%-os szignifikancia szinten 17 eset (ebből: Csíkszerda 4, Gyergyóalfalu 2, Kézdivásárhely 1, Maroshévíz 4, Sepsiszentgyörgy 4, Székelyudvarhely 4) mutat szignifikáns illeszkedést. Ha a három szignifikancia szintet egyben értelmezzük évszakosan, akkor összesen 42 alkalommal figyelhető meg szignifikáns illeszkedést (ebből: tél 10, tavasz 12, nyár 13, ősz 7). A fenti felsorolásból és a 25. táblázatból kivehető, hogy a legjobb illeszkedés nyáron, míg a legrosszabb ősszel fordul elő.

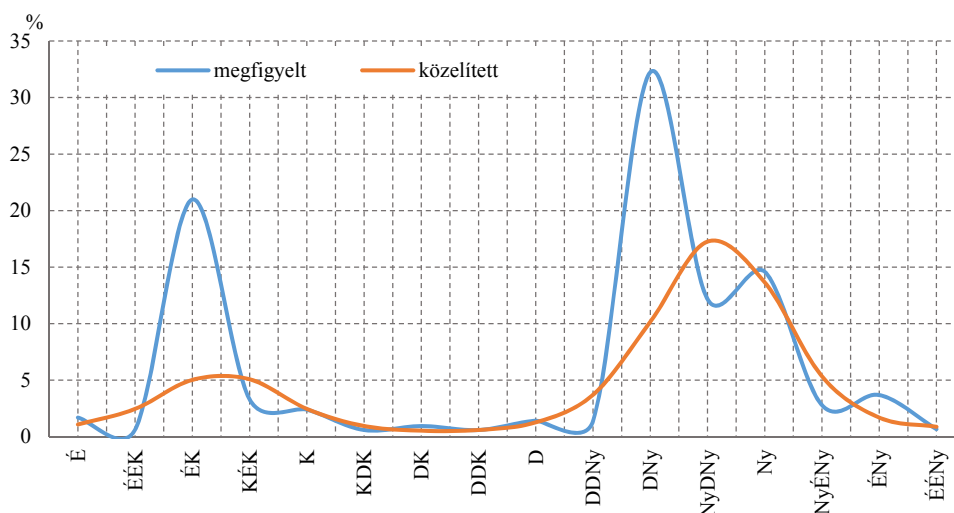
25. táblázat: Az empirikus és közelített széliránygyakoriságok illeszkedésének összegző táblázata

%	Bucsintető			Csíkszerda			Gyergyóalfalu			Kézdivásárhely		
	10	5	1	10	5	1	10	5	1	10	5	1
2006-2012				*	*	*						
Tél				*	*	*			*			
Tavasz				*	*	*						
Nyár				*	*	*			*			*
Ősz				*	*	*						
%	Lakóca			Maroshévíz			Sepsiszentgyörgy			Székelyudvarhely		
	10	5	1	10	5	1	10	5	1	10	5	1
Egyben												
Tél				*	*	*				*	*	*
Tavasz				*	*	*	*	*	*	*	*	*
Nyár				*	*	*	*	*	*		*	*
Ősz					*	*					*	*

Megfigyelhető, hogy a valószínűségi szint növelésével – jelen esetben közel lineárisan – növekszik a szignifikáns illeszkedő esetek száma. Ennek oka a kritikus érték növekedésével van összefüggésben. A konfidencia intervallum növelésével a hibás döntések valószínűsége csökken. Amennyiben eltekintünk a 1%-os szignifikancia szinten való illeszkedéstől, akkor újabb két állomással bővül azon lista, hogy egyik szignifikancia szinten és egyik évszakban sincs szignifikáns illeszkedés. Az említett két állomás Gyergyóalfalu és Kézdivásárhely. Ezzel a szűkítéssel fele-fele arányban van az illeszkedő és nem illeszkedő állomások aránya.

A megfigyelt és a közelített értékek grafikus formában való megjelenítésével vizuálisan is megállapítható az illeszkedés vagy ennek hiánya, viszont ezt a módszert a szubjektivitás és a pontatlanság miatt nem alkalmaztuk. A szemléletesség kedvéért kétféle ábrázolást választottunk a megfigyelt és közelített adatsorok megjelenítésére. Mindkét esetben a relatív értékek láthatók, azzal a különbséggel, hogy első megjelenítési forma egy x és egy y tengellyel (2D) rendelkező vonalas diagram, a második pedig sugárdiagram. A diagramtípus jobban szemlélteti az illeszkedés mértékét, míg a második ugyanezt szélrózsa formájában jeleníti meg.

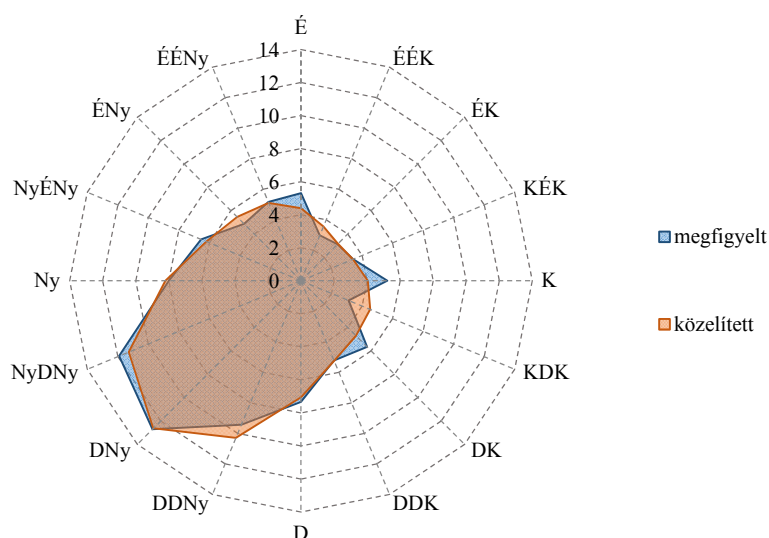
A 3.2.4. fejezetben bemutatott (38) összefüggés (próbat statisztika) alapján kiszámolt értékeket (a kritikus értékkel való összevetés után) rangsorolni lehet. A rangsorolást követően (növekvő sorrend) megállapítható, hogy a bucsin-tetői állomás a teljes vizsgált időszakra vonatkozó szélirány adatsora illeszkedik a legrosszabban a cirkuláris normál elméleti eloszlással (43. ábra).



43. ábra: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a bucsin-tetői állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)

A rangsor másik végén, a legjobban illeszkedő a csíkszeredai állomás őszi negyedévre vonatkozó adatsora (44. ábra).

A többi állomásra vonatkozó illeszkedési diagramok a 60-66. mellékletekben tekinthetők meg. Ugyanezen állomások megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok (%) irányonkénti eloszlását sugárdiagramon évszakos bontásban a 67-98. mellékletekben láthatók.



44. ábra: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakoriságai (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson az őszi negyedévben

67-70. és a 75-86. mellékletet összehasonlítva látható, hogy azon állomásnál, ahol nincs illeszkedés 10 és 5%-os szignifikancia szinten ott az egyes irányok markánsan elkülönülnek a többitől, 10-20%-kal nagyobb a relatív gyakoriságuk az átlaghoz képest. Az említett állapotot legjobban a lakócai állomás reprezentálja az őszi negyedévben, itt ugyanis markánsan elkülönül a legnagyobb és legkisebb gyakoriságot képviselő irány: míg a Ny-i irány relatív gyakorisága 38%, addig az ÉÉNy-i irányé 0,1%, amit ha abszolút gyakoriságként fejezünk ki, akkor 1 esetet jelent. A második leggyakoribb irány relatív értéke 14,6% (NyÉNy), az összes többi irány relatív értéke 10% alatt van, 11 irány relatív értéke 5% alatt van. A bucsintetői mérőpont adatsora hasonlóságokat mutat a lakócai állomással, a téli negyedévben rögzített adatok alapján a két leggyakoribb irány relatív értéke 36% (DK) és 22% (ÉK). A NyDNy (11,3%) és Ny (13%) irányok kivételével az összes többi relatív értéke 5% alatt van. A gyergyóalfalui állomás teljes adatsora alapján a leggyakoribb irány (Ny) eléri a 22%-ot, viszont a második legnagyobb gyakorisággal rendelkező és egyben az összes többi irány (K) relatív értéke 10% alatt van (9,2%). Kézdivásárhely esetében a leggyakoribb

irány (ÉK) relatív gyakorisága 21,7%. Növekvő sorban a következő három irány gyakorisága 10 és 20% között van: D (15,6%), Ny (14,5%), és É (11,9%). Az összes többi irány relatív értékei 10% alatt vannak.

Ezzel szemben a csíkszeredai, maroshévízi, sepsiszentgyörgyi és székelyudvarhelyi állomások megfigyelt adatsorai teljesen vagy részben illeszkednek a közelített értékekkel. A csíkszeredai adatsor az egyetlen a vizsgáltak közül, amelyik nem csak évszakosan, hanem a teljes időszakra vonatkoztatva is illeszkedést mutatott.

A fent felsorolt illeszkedő és nem illeszkedő állomások szélirány gyakoriságok eloszlásai között az az alapvető különbség, hogy a szélirány gyakoriság eloszlásában nincsenek nagy különbségek a szomszédos irányok között. Egy-egy esetben mikor a szomszédos irányok gyakoriságához képest egy markáns, 10-20%-ot meghaladó kiszögellés keletkezik, az elméleti eloszlás nem képes ezt a viszonylag nagy változást leképezni, így nem fog illeszkedni a két adatsor.

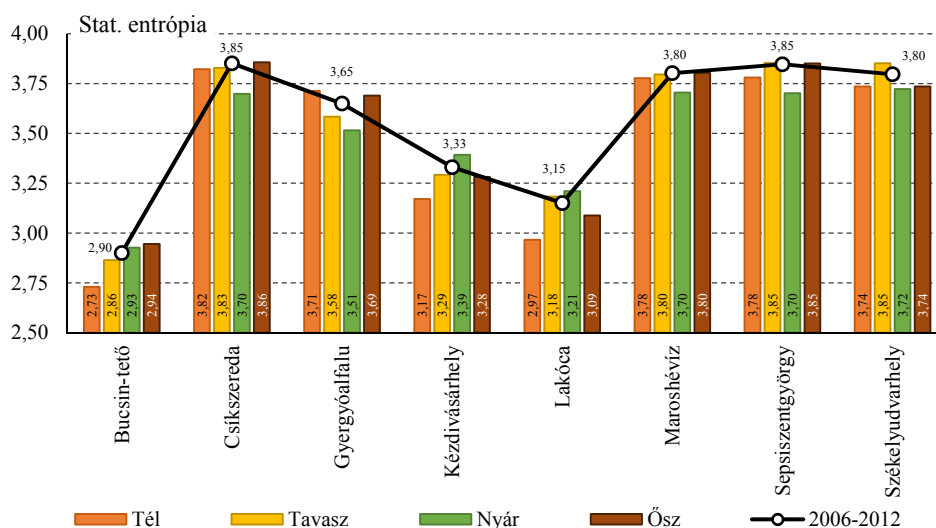
4.2.4 A szélirányok statisztikai entrópiájának vizsgálata

A statisztikai entrópia egy módszer, amely a megfigyelés bizonytalanságát fejezi ki egyetlen számmal. A módszer matematikai alapja a 3.2.7. fejezetben részletes bemutatásra került. A módszer lényege, ha a szélirányok gyakorisági eloszlása egy bizonyos időszakban és helyen egyenletes, mindegyik bekövetkezésének valószínűsége $1/16$, akkor $H(x)=4$. Minél kisebb a $H(x)$ értéke, annál inkább különbözik a szélirányok eloszlása az egyenletestől. Tehát ha a gyakoriságok néhány irány körül rendeződnek (koncentrálódnak), akkor az entrópia csökken. Ha a minimális és maximális értékeket kellene szemléltetni, akkor a legegyszerűbb példa erre: ha egy mérőponton csak az egyik irány tenné ki a szélirány gyakoriság 100%-át akkor az értéke 0, ha viszont mindegyik irány – jelen esetben 16 – ugyanolyan gyakorisággal fordulna elő (irányonként 6,25%) akkor az értéke 4 lenne. Ennek értelmében a statisztikai entrópia arányos a szélirányok rendezettségével (TAR 1991).

A következőkben a szélirányok gyakorisági eloszlásából az entrópia tér és időbeli változását és ennek szerkezetét mutatjuk be.

A vizsgált 8 állomás mindegyikére eltérő időszakonként meghatároztuk az entrópia értékét. Ezek az időszakok havi, évszakos bontást jelentenek, kiegészítve a teljes vizsgált időszakkal. Az eltérő időintervallumban vizsgált szélirány gyakoriságok entrópiáját így folyamatában lehet elemezni. Az időbeli skálák mellett figyelembe kell venni az állomások környezetét, illetve ezek elhelyezkedését, tengerszint feletti magasságát. Így nem csak időbeli, hanem térbeli eloszlás vizsgálatot is tudunk készíteni.

A teljes időszak (2006-2012) entrópiáját vizsgálva megállapítható, hogy a mintaterületen belül jelentős különbségek vannak az egyes állomások értékei között. A legkisebb érték Lakócsán (2,9), míg a legnagyobb érték Csíkszeredában és Sepsiszentgyörgyön (3,85) fordult elő (45. ábra). További két állomás is hasonló magas értékekkel rendelkezik, Maroshévíz és Székelyudvarhely esetében is az entrópia értéke 3,8. A harmadik legnagyobb értékű (egyben harmadik legkisebb értékű is) állomás melynek értéke 0,2-del kevesebb, mint a csíkszeredai és sepsiszentgyörgyi állomás értéke, a rangsor közepén helyezkedik el. Ugyanis ha összefüggésbe hozzuk az előző fejezettel (4.2.3. fejezet) megfigyelhető, hogy az ezt követő állomások (utolsó három) entrópia értéke 3,5 alatt van; Gyergyóalfalut is beleszámolva ezen mérőpontok empirikus szélirány gyakoriságai nem illeszkedtek az elméleti eloszlással.



45. ábra: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiája a vizsgált meteorológiai állomásokon évszakos bontásban, illetve a teljes vizsgált időszakra vonatkoztatva

Évszakos bontásban általánosan nem jelenthető ki, hogy egyik vagy másik időszak entrópia értéke következetesen nagy vagy kicsi a többihez viszonyítva. Azonban az évszakos átlagokat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a tavasz és az ősz jellemezhető a legnagyobb értékkel (3,53), míg nyáron 3,48; a legalacsonyabb pedig télen fordul elő (3,46) (26. táblázat). A legnagyobb változékonyságot mutató évszak a tél, a szórás értéke 0,44; a legkevésbé változékonyságú évszak a nyár, melynek szórása 0,29. A két átmeneti évszak változékonysága egyformának tekinthető, tavasszal 0,38 ősszel pedig 0,37 a szórás értéke. Mind évszakos, mind pedig havi bontásban vizsgálva

az entrópia értékét, megállapítható, hogy mindegyik esetben a Bucsín-tetői állomás eredményei a legkisebbek.

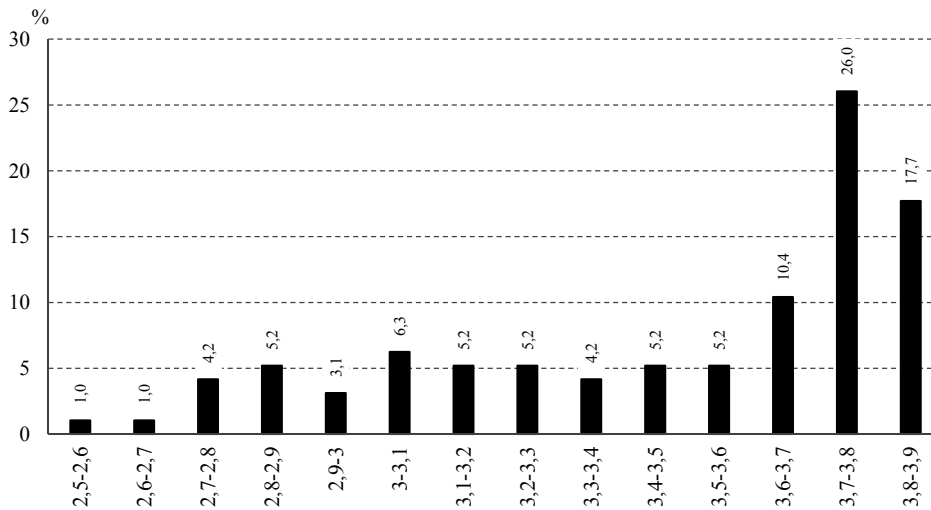
Az entrópia havi értékeinek vizsgálatakor megfigyelhető, hogy a 8 állomás átlagos értéke 3,5 körül van, viszont a szórás értékeiben jelentős eltérések tapasztalhatók. Az előző bekezdés megállapításai itt is helytállóak, ugyanis a legnagyobb változékonyságot mutató hónapok a őszi és téli negyedévben vannak (november: 0,48; december: 0,51). A nyári hónapok szórása 0,29 és 0,33 között mozog. A havi maximális entrópiának bekövetkezési helye változatosságot mutat azon állomások között, amelyek a teljes időszak első három legmagasabb entrópia értékkel rendelkeznek. Ezen állomások Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy és Székelyudvarhely.

26. táblázat: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának átlaga, szórása, maximális és minimális értéke a vizsgált meteorológiai állomásokon havi, évszakos bontásban illetve a teljes vizsgált időszakra vonatkoztatva

	Átlag	Szórás	Maximum		Minimum	
			Érték	Állomás	Érték	Állomás
Január	3,47	0,40	3,78	Gyergyóalfalu	2,82	Bucsín-tető
Február	3,41	0,47	3,81	Székelyudvarhely	2,70	Bucsín-tető
Március	3,41	0,47	3,84	Székelyudvarhely	2,62	Bucsín-tető
Április	3,57	0,33	3,85	Sepsiszentgyörgy	3,01	Bucsín-tető
Május	3,53	0,39	3,88	Sepsiszentgyörgy	2,83	Bucsín-tető
Június	3,50	0,33	3,79	Székelyudvarhely	2,99	Bucsín-tető
Július	3,49	0,29	3,75	Maroshévíz	2,89	Bucsín-tető
Augusztus	3,40	0,32	3,72	Székelyudvarhely	2,73	Bucsín-tető
Szeptember	3,54	0,31	3,84	Székelyudvarhely	3,09	Bucsín-tető
Október	3,50	0,36	3,85	Sepsiszentgyörgy	2,92	Bucsín-tető
November	3,45	0,48	3,87	Csíkszereda	2,72	Bucsín-tető
December	3,45	0,51	3,86	Csíkszereda	2,52	Bucsín-tető
Tél	3,46	0,44	3,82	Csíkszereda	2,73	Bucsín-tető
Tavaszi	3,53	0,38	3,85	Sepsiszentgyörgy Székelyudvarhely	2,86	Bucsín-tető
Nyár	3,48	0,29	3,72	Csíkszereda	2,93	Bucsín-tető
Ősz	3,53	0,37	3,86	Csíkszereda	2,94	Bucsín-tető
2006-2012	3,54	0,37	3,85	Csíkszereda	2,90	Bucsín-tető

A havi és állomásonkénti entrópia értékek eloszlását vizsgálva látható, hogy a skála felső részén elhelyezkedő értékintervallumok a leggyakoribbak.

Az utolsó három intervallum a gyakoriságok több mint felé (54,2%) teszi ki. A 3 alatti entrópia értékek gyakorlatilag két állomáshoz köthetők, ez az esetek 14,6%-át jelentik; 16 eset, amiből 12 Bucsin-tető, 4 eset pedig Lakócahoz köthető (46. ábra).



46. ábra: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának eloszlása a havi és állomásonkénti adatok szerint

Az állomások havi értékeinek összegző statisztikáját vizsgálva megállapítható, hogy az entrópia minimális értékének bekövetkezése állomásonként a nyári illetve a téli negyedévre esik (27. táblázat)

27. táblázat: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának átlaga, szórása, maximális és minimális értéke a vizsgált meteorológiai állomásokon

	Átlag*	Szórás	Maximum		Minimum	
			Érték	Hónap	Érték	Hónap
Bucsin-tető	2,82	0,17	3,09	IX.	2,52	XII.
Csíksereda	3,78	0,08	3,87	XI.	3,61	VIII.
Gyergyóalfalu	3,59	0,12	3,79	XI.	3,39	VIII.
Kézdivásárhely	3,25	0,15	3,49	IV.	3,03	II.
Lakóca	3,08	0,18	3,31	V.	2,79	XI.
Maroshévíz	3,75	0,09	3,84	IV.	3,50	VIII.
Sepsiszentgyörgy	3,79	0,07	3,88	V.	3,69	VIII.
Székelyudvarhely	3,76	0,08	3,86	V.	3,63	XI.

* a havi átlagokból számolt átlag

Az állomásonkénti entrópia értékének változékonyságát kifejező szórás 0,07 és 0,18 között változik. A legnagyobb változékonyságok a lakócai, míg a legkevésbé változékonny állomás Sepsiszentgyörgy bizonyult. A 0,10 feletti szórású állomások az a négy, amely a fentiekben megállapított, a teljes időszakra vonatkozó legkisebb négy entrópia értéket mutatta.

4.2.5 A megfigyelt és közelített szélirány gyakoriságok valamint a statisztikai entrópia kapcsolatának vizsgálata

A 4.2.3. és 4.2.4. fejezetekben bemutatott eredmények és ezekből levont következtetések alapján megállapítható, hogy a megfigyelt és közelített szélirány gyakorisági eloszlások illeszkedése és a szélirányok eloszlásának statisztikai entrópia értékei között összefüggés mutatható ki. A feltételezett összefüggés vizsgálatát az az észrevétel előzte meg, hogy azon állomások, ahol a megfigyelt és közelített adatok nem illeszkednek szignifikánsan, ott a szélirány gyakoriságok eloszlásának entrópia értéke a területi átlag alatt van. Ez a feltételezés igaznak bizonyult. Az összefüggés erősségét lineáris korrelációs és regressziós módszerrel határoztuk meg. A korrelációs analízis két tagja:

- a szélirány gyakoriságok eloszlásának entrópiája az adott állomáson
- megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok abszolút különbségének összege az adott állomáson

Ez összefüggést az alábbiak szerint lehet leírni:

$$\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|, \quad (49)$$

ahol:

n – az irányok száma

x_i – a megfigyelt gyakoriság relatív értéke

y_i – közelített gyakoriság relatív értéke

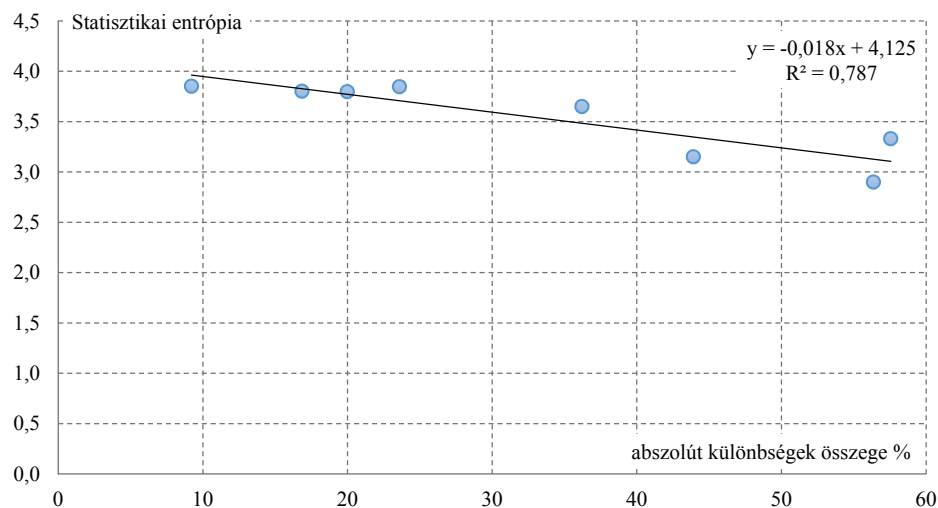
A 3.1 összefüggés segítségével meghatározott lineáris korrelációs és regressziós paraméterek a 28. táblázatban láthatók. A táblázat utolsó oszlopában a korrelációs együtthatók (r) vannak feltüntetve. Ennek alapján megállapítható, hogy a teljes vizsgált időszakra vonatkozó adatsorok közt áll fenn a legszorosabb sztochasztikus kapcsolat. A korrelációs együttható értéke ebben az esetben -0,887, ami negatív és egyben szoros kapcsolatot mutat. Ennek értelmében minél nagyobb a megfigyelt és közelített szélirány gyakoriságok relatív értékeinek összege, annál kisebb értéket vesz fel az entrópia értéke. Évszakos bontásban is hasonló értékeket mutat a korrelációs együttható; az őszi negyedév mutatja a legnagyobb hasonlóságot a teljes vizsgált időszakkal, értéke ugyancsak -0,887, a regressziós együttható is azonosnak mondható (a két időszak közötti különbség 0,003). A determinációs együttható (r^2) 100 való beszorzása után megkapjuk azt az

értéket, amely megmutatja, hogy az y függő változó – jelen esetben a statisztikai entrópia – összvarianciája hány százalékban magyarázható a regresszióval; a maradék pedig a véletlen hiba. A teljes vizsgált időszakra vetítve a statisztikai entrópia összvarianciáját 78,7%-ban magyarázza. Ezen paraméter legkisebb értéke a téli évszakban fordult elő, százalékosan kifejezve pedig 71%. A regressziós együttható értéke az eltérő időszakokban minimális változást mutat, a legnagyobb értéket tavasszal veszi fel (4,154), míg legkisebb érték bekövetkezési ideje a nyári negyedévben van (3,997). A regressziós egyenes y tengellyel való metszéspontjának helyének (b) értéke azonosnak tekinthető, ugyanis a maximális (-0,016) és minimális (-0,018) értéke közötti különbség 0,002.

28. táblázat: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakoriságának abszolút különbségének összege és a statisztikai entrópia közötti lineáris korreláció és regresszió paraméterei (félkövér jelölés – abszolút értékben a legnagyobb érték)

	a	b	r^2	r
2006-2012	4,125	-0,018	0,787	-0,887
Tél	4,089	-0,017	0,710	-0,843
Tavaszi	4,154	-0,018	0,775	-0,880
Nyár	3,997	-0,016	0,761	-0,872
Ősz	4,128	-0,018	0,786	-0,887

A legszorosabb kapcsolatot a regressziós pont diagramon is ábrázoltuk (47. ábra).



47. ábra: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakoriságának abszolút különbségének összege és a statisztikai entrópia közötti lineáris regresszió a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)

A korrelációs együttható számításánál lényeges megjegyezni a változók esetszámát, ugyanis kis esetszámból meghatározott érték elfogadása és ezekből levont következtetések jelentős hibafaktort jelentenek. A 3.2.9. fejezetben bemutatott statisztikai próba alapján megállapított z érték (YULE – KENDALL 1964) és szabadsági fok mellett kijelenthető, hogy a két adatszám között 5%-os szignifikancia szinten nincs szignifikáns kapcsolat. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a korrelációs együttható szignifikancia szintjének kiszámításakor jelentősen befolyásoló változó az esetek száma. A 49. összefüggés segítségével számított érték a kis elemszámú (8) adatszám között fennálló kapcsolat statisztikailag ha nem is igazolható, más, nagyobb elemszámú adatszám esetében figyelembe vehető paraméterként jeleníthető meg. A korrelációs együttható magas értékének volta arra utal, hogy a két adatszám közötti kapcsolat, illetve ennek jelenléte nem elhanyagolható.

5. ÖSSZEFOGLALÓ

Románia energiamixében a szélenergia részaránya 8%-ot tesz ki. A szél erőművek elsődleges telepítési helyszíne az ország dél-keleti része, Dodrudza, valamint a Fekete-tenger partvidéke. A felszíni szélesség mérések és a több magasságra modellezett szélmezők eredményei alapján megállapítható, hogy az ország közepén elhelyezkedő Székelyföld is rendelkezik energetikailag hasznosítható potenciállal. Napjainkban Székelyföld nem közigazgatási egység, Székelyföldet Hargita és Kovászna, valamint Maros megye keleti része alkotja. A területre vonatkozó átfogó szélklimatológiai elemzés nem készült.

A három megye területén számos olyan szórt kistelepülést találunk, ahol nincs központilag kiépített elektromos hálózat. Ezen területeken élő emberek komfortfokozatának növelésének (beleértve a kapcsolattartási lehetőséget a külvilággal, telekommunikációs eszközök használatával) egyik nagy lehetősége a helyben megtermelt elektromos energia, megújuló energiaforrások használatával. A szélenergia háztartási, méretű kis teljesítményű való kiaknázása potenciális alternatívát kínál az itt élők számára.

A disszertációban megállapított eredmények a térség szélklimájának statisztikai szerkezetéről adnak átfogó képet, ami a további, a szélenergia potenciál meghatározásához szükséges adatokat szolgáltatja. A hazai és nemzetközi szakirodalom számos olyan módszert és lehetőséget kínál, amelyek alkalmazásával képet kapunk egy terület/térség szélklimájának statisztikai szerkezetéről. A szélenergetika, mint iparág az utóbbi évtizedek folyamán jelentős fejlődésen ment át a környezetbarát energiatermelés jegyében. Ezzel párhuzamosan a tudományos kiértékelés is fejlődött, amely a módszerek és elemzési technikák pontosságát növelték.

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.

A vizsgált 8 állomás (Bucsin-tető, Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely, Lakóca, Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy, Székelyudvarhely) mért és az ugyanezekre a mérőpontokra vonatkozó homogenizált, modellezett szélesség értékek különböző mértékű eltéréseket mutatnak. A két adatsor időbeli közös metszetének (2006-2010) összehasonlításában a 8 állomás átlagában a CarpatClim adatsorok átlagosan 0,32 m/s-mal felülbecslik a 10

méter magasban tapasztalható szélsősebesség értékeket. A legnagyobb eltérést Bucsintetőn (2,73 m/s-os felülbecslés) és Lakócán (1,56 m/s-os alulbecslés) tapasztaltuk. A legkisebb eltérés a székelyudvarhelyi mérőpontban mutatható ki 0,02 m/s-os alulbecsült értékkel. A nagyobb mértékű szélsősebesség értékek közötti eltérés mindegyik állomás esetében a tavaszi elsődleges szélmaximum idején figyelhető meg.

A vizsgált 8 meteorológiai állomás adatai alapján a vizsgált 7 éves periódusban (2006-2012) az átlag 1,2 m/s (Bucsintető) és 4,9 m/s (Lakóca), míg a maximum szélsősebesség 6,3 m/s (Székelyudvarhely) és 23 m/s (Lakóca) között változik. Évszakos bontásban a legmagasabb átlagértékek a tavaszi negyedévben fordulnak elő. Ez alól kivételt képez Lakóca, ahol a legmagasabb átlag télen tapasztalható. A változékonyságot mutató variációs együttható maximális értéke Lakócán (0,92), míg a legkisebb Székelyudvarhelyen (0,47) fordult elő. Az állomások éves szélsősebesség menete tavaszi szélmaximumot mutat.

A teljes vizsgált időszak szélsősebességeinek empirikus eloszlása elméleti eloszlásokkal (normál, lognormál, gamma, weibull1,2,3) való közelítése az állomások többségében szignifikánsan nem illeszkedik. Évszakos bontásban 5%-os szignifikancia szinten a legtöbb illeszkedés (8) tavasszal fordul elő. A legtöbb illeszkedést (9) a gyergyóalfalui állomáson tapasztaltuk. A legtöbb esetben a gamma (10) és a weibull1 eloszlás (9) mutatott szignifikáns illeszkedést. Összességében a 192 lehetséges esetből (8 állomás x 4 évszak x 6 eloszlás) 42-szer tapasztalható szignifikáns illeszkedés, ami 12,5%-ot jelent.

A weibull1 eloszlás k (alak) paraméterének éves maximuma Lakóca kivételével minden állomáson a május és július közötti időszakban fordul elő. Lakócán ez az időszak decemberre esik. A legnagyobb érték Székelyudvarhelyen (3,21), a legkisebb érték Kézdivásárhelyen (1,6) fordult elő.

A weibull1 c (skála) paraméterének maximuma minden állomáson márciusban, a tavaszi szélmaximum idején tapasztalható. A legkisebb érték Maroshévízen (1,82 m/s), míg a legmagasabb Lakócán (6,74 m/s) fordult elő. Az egyes állomásokon mért adatok alapján a skála paraméter, és az állomások tengerszint feletti magassága között szoros korrelációs kapcsolat van ($r_{W1}=0,729$; $r_{W2}=0,769$; $r_{W3}=0,797$), habár ezt a kis esetszám miatt statisztikailag nem tudtuk bizonyítani.

Az egymást követő napok szélsősebesség értékeinek vizsgálata azt az eredményt hozta, hogy a tárgynap és rákövetkező nap szélsősebesség értékeinek

lineáris korrelációs értéke a bucsin-tetői állomáson a legmagasabb $r=0,552$. Az egymást követő napok szélesség értékek változását a következő nap és a tárgy nap szélesség különbségének (Δv) maximális és minimális szórását, a két legmagasabban fekvő állomáson tapasztaltuk, Bucsintető esetében $0,93$ m/s, míg Lakócsán $2,75$ m/s. A legnagyobb változás mind pozitív, mind pedig negatív értelemben a lakócai mérőállomáson következett be. A változás előjel szerinti megoszlása változó képet mutat az állomások között: a pozitív változások ($\Delta v \geq 0$) 6-30%-al meghaladják a negatív változásokét ($\Delta v < 0$). A pozitív és negatív változások a bucsin-tetői 30%-os, a gyergyóalfalui 18%-os, székelyudvarhelyi 16%-os, sepsiszentgyörgyi 14%-os, a maroshévízi 13%-os, a csíkszeredai 12%-os és a kézdivásárhelyi mérőállomások esetében 10%-os különbség tapasztalható. Ezzel szemben a lakócai állomáson a pozitív és negatív változás különbsége 6%. A regressziós egyenes metszi a függőleges (v_p) tengelyt, amelynek metszéspontja v_0 (zérushely). A v_0 értékek minden esetben a vizsgált időszak átlagos szélesség értékeivel azonosak. Az egymást követő napok napi átlagos szélesség relatív változásának (Δv_r) ingadozását kifejező variációs együttható értékei eltérő karakterisztikát mutatnak, Székelyudvarhelyen $0,59$, míg Kézdivásárhelyen közel 3 az értéke.

Az állomások (szélesség adatainak) főkomponens elemzése három elkülönülő állomáscsoportot állapított meg: 1) csoport: Székelyudvarhely; 2) csoport: Sepsiszentgyörgy és Kézdivásárhely; 3) csoport: Csíkszereda, Gyergyóalfalu, Bucsintető, Lakóca; 4) csoport: Maroshévíz. A korrelációs mátrixban az azonos elhelyezkedésű állomások egy osztályba csoportosulnak: Gyergyóalfalu-Csíkszereda: zárt hegyközi medence, Sepsiszentgyörgy-Kézdivásárhely: hegyközi medence. A székelyudvarhelyi állomás alátámasztva a főkomponens elemzés eredményét: a földrajzi elhelyezkedéséből adódóan (legnyugatibb) eltér mindegyik állomás szélesség adatsorától.

A mérőpont közeli tereptárgyak (épületek, fák) jelentősen befolyásolják a szél irányát, szélárnyékos területeket hozva létre. A mérőpont közvetlen környezetén felül a tágabb értelemben vett térség is hatást gyakorol a szélirányok gyakoriságára, eloszlására. Mindegyik állomás esetében megfigyelhető a domborzat hatása a helyi szelek irányára, ugyanis a tagolt felszín a lokális szélviszonyok kialakulásának elsődleges tényezője. A vizsgált meteorológiai állomások szélirány adatait tekintve megállapítható, hogy a lokális szélviszonyok rendszere és ezek tulajdonságai, többek között hegy-völgyi szél mechanizmusára vezethetők vissza. A mérőpontok és azokat befolyásoló domborzati formák eredményezte szélirány eloszlás a teljes vizsgált időszak esetében (2006-2012), a domináns szélirányok

gyakorisága minden esetben meghaladja a 10%-ot. Az állomások évszakonkénti szélirány gyakorisága eltérő képet mutat. A szélirány gyakoriság relatív értékeit figyelembe véve két csoportba sorolhatók az állomások: 1) ahol a domináns irány nem változik, a relatív értéke viszont igen; 2) ahol változik az uralkodó irány és a relatív értéke is. Az első csoportba Bucsin-tető, Gyergyóalfalu, Kézdivásárhely, Lakóca, míg a második csoportba Csíkszereda, Maroshévíz, Sepsiszentgyörgy és Székelyudvarhely tartozik.

A szélirányok átlagsebességének eredményeiből megállapítható, hogy nem minden állomás esetén esik egy irányba a legnagyobb szélesebesség érték és a szélirány gyakoriság maximális értéke. Ez a tény azt mutatja, hogy a leggyakoribb szélirányok nem minden esetben rendelkeznek a legnagyobb potenciállal. A szórás legkisebb értéke Maroshévízen és Sepsiszentgyörgyön figyelhető meg (0,23), míg ezzel szemben a legnagyobb (0,53) Kézdivásárhelyen következett be. A szórás kivételével minden alapstatisztikai paraméter esetében a lakócai állomáson volt mérhető a maximális érték, ami a tengerszintfeletti magassággal magyarázható.

A szélirányok empirikus eloszlását a cirkuláris normál elméleti eloszlással közelítettük. A közelítés az évszakos bontásban jobbnak bizonyult, ugyanis a lehetséges 32 estéből (8 állomás x 4 évszak) 5%-os szignifikancia szinten 14 eset szignifikánsan illeszkedett (ebből: Csíkszereda 4, Maroshévíz 4, Sepsiszentgyörgy 2, Székelyudvarhely 4). Az illeszkedő és nem illeszkedő állomások szélirány gyakoriságok eloszlásai között az a különbség, hogy a szélirány gyakoriság eloszlásában nincsenek nagy különbségek a szomszédos irányok között. Egy-egy esetben mikor a szomszédos irányok gyakoriságához képest egy markáns, 10-20%-ot meghaladó kiszögellés tapasztalható, az elméleti eloszlás nem képes ezt a viszonylag nagy változást leképezni.

A vizsgált 8 állomás mindegyikére eltérő időszakonként (teljes vizsgált időszak, évszakos bontás) meghatároztuk az entrópia értékét. A teljes időszak (2006-2012) entrópiáját vizsgálva megállapítható, hogy a mintaterületen belül jelentős különbségek vannak az egyes állomások értékei között. A legkisebb érték Lakócán (2,9), míg a legnagyobb érték Csíkszeredában és Sepsiszentgyörgyön (3,85) fordult elő. A legnagyobb változékonyságot mutató évszak a tél, a szórás értéke 0,44; a legkevésbé változékonyságú évszak a nyár, melynek szórása 0,29. A két átmeneti évszak változékonysága egyformának tekinthető, tavasszal 0,38 ősszel pedig 0,37 a szórás értéke. Mindkét időbeli bontás esetében a legkisebb értékek a bucsin-tetői állomáson tapasztaltuk.

A szélirányok empirikus eloszlása a statisztikai entrópiája között szoros negatív kapcsolat mutatható. A legszorosabb kapcsolatot a teljes

vizsgált időszak és az őszi negyedévben tapasztaltuk ($r=-0,887$). Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy minél inkább nagyobb a két eloszlás relatív gyakoriságai közötti abszolút értékben vett különbség, annál kisebb a statisztikai entrópia értéke.

A disszertációban ismertetett mintaterület és az itt elhelyezkedő meteorológiai állomások szél adatai segítségével elvégzett szélklimatológiai elemzés, egy a területre vonatkozó potenciál becslési folyamat első szakasza. Ezen eredmények alapján képet kapunk azon területekről és térségekről, ahol a szélenergia potenciál olyan értéket képvisel, ami megfelel háztartási méretű erőművek létesésére. A mérőpontok sűrítésével, illetve saját mérőpontok integrálásával a fent nevezett becslés pontossága növelhető, részletes és pontos széltérképet eredményezve.

6. SUMMARY

Portion of wind energy reaches 8% in the energy mix of Romania. Principal sites of wind energy projects are Southeast Romania, Dobrudja and the coast of the Black Sea. Results of close to the surface wind speed measurements and models for wind fields of several heights show that Ținutul Secuiesc (Szeklerland) situated in the center of the country has utilizable wind energy potential. Ținutul Secuiesc is not an administrative region today, is situated in Harghita, Covasna counties and in the eastern part of Mureș County. There have not been any comprehensive analysis on the wind climatology of the region yet.

There are many settlements scattered in the three counties which are not connected to the electrical network. Utilization of local renewable energy potential for providing better living conditions (telecommunication e.g.) is a great possibility for the inhabitants of such settlements. Generation of electricity for households offer a good solution for the problem.

Results presented in the PhD. thesis give a comprehensive picture on the statistical structure wind climate of the region, what provide the necessary data for further examinations on the wind energy potential. Hungarian and foreign literature offers numerous methods suitable for description of the statistical structure of wind climate of a region. Wind energy industry has improved significantly during the past decades from the aspect of environmental friendly energy production. Scientific background has developed remarkably the same time what have resulted in higher accuracy of methods and evaluation techniques.

Methods appropriate for handling such type and size of datasets analyzed in the PhD. thesis were published in Hungarian and foreign studies. There are two main types of examinations in the thesis: 1) statistical examinations on wind speeds; 2) statistical examinations on wind directions.

There are uneven differences between measured and homogenized modelled wind speed data sets of the CarpatClim database for eight weather stations involved in the examinations (Bucin, Miercurea-Ciuc, Joseni, Târgu-Secuiesc, Lăcăuți, Toplița, Sfântu-Gheorghe, Odorheiu-Secuiesc). On the base of the comparison of the common section (2006-2011) of the two datasets it can be stated that CarpatClim time series over estimates wind speeds at a height of 10 meters by 0.32 m/s on the average of the eight weather stations. Highest difference occurred at Bucsin-tető by a 2.73 m/s over estimation and Lakóca by a 1.56 m/s under estimation. Lowest difference occurred at the weather station of Székelyudvarhely by an

underestimation of 0.02 m/s. Highest differences between measured and modelled values occurred at each weather station in the spring during the main maximum of the annual course of wind speeds.

The average wind speeds are between 1.2 m/s (Bucin) and 4.9 m/s (Lăcăuți), while maximum wind speeds are between 6.3 m/s (Odorheiu-Secuiesc) és 23.0 m/s (Lăcăuți) on the base of datasets of the eight weather stations for the studied 7 years long period. Highest values occurred in the spring seasonally. The only exception is Lăcăuți, where highest values occurred in the winter. Variation coefficient what shows the variability of the values reaches its maximum at Lăcăuți (0.92), while its lowest value occurred at Odorheiu-Secuiesc (0.47). The annual course of wind speeds shows a spring maximum at the weather stations involved in the study.

The approach of empirical distribution of wind speeds of the whole studied period with theoretical distributions (normal, lognormal, gamma, Weibull) is significantly inappropriate at most weather stations. Most fit (8) at a significance level of 5% occurred in the spring seasonally. Most fit (9) occurred at Joseni. Gamma and Weibull distributions showed significant fit in most cases (10 and 9). Significant fit occurred in 42 cases (21.8%) from the possible 192 cases (8 stations x 4 seasons x 6 distributions)

Annual maximum of the k (shape) parameter of Weibull distribution occurred between May and June with the exception of Lăcăuți, where the k parameter reached its maximum in December. The highest value occurred at Odorheiu-Secuiesc (3.21), while the minimum at Târgu-Secuiesc (1.6).

Annual maximum of the c (scale) parameter of Weibull distribution occurred in March in the time of the annual maximum of wind speeds at all stations. The lowest value occurred at Toplița (1.82 m/s), while the highest one occurred at Lăcăuți (6.74 m/s). On the base of data measured at the weather stations there are strong correlations between the scale parameter and the height of the stations above sea level ($r_{w1} = -0,729$; $r_{w2} = -0,769$; $r_{w3} = -0,797$), however, its significance could not be proved statistically due to the low number of the cases.

Examinations on the wind speeds of the days following each other have showed that linear correlation coefficients between average wind speeds of a given day and that of the following one are highest at Bucin $r = 0,552$. Standard deviation of the difference of wind speeds of a day and the following day (Δv) are the highest and the lowest at the two stations situated at highest altitude: it is 0.93 m/s at Lăcăuți, while it reaches 2.75 m/s at Bucin. Highest positive and negative changes occurred at the weather station of

Lakóca. Ratio of positive changes ($\Delta v \geq 0$) are higher by 6-30% than the ratio of the negative changes ($\Delta v < 0$). The difference between positive and negative changes is 30% at Bucin, 16% at Joseni 16% at Odorheiu-Secuiesc, 14% at Sfântu-Gheorghe, 13% at Toplița, 12% at Miercurea-Ciuc and 10 % at Târgu-Secuiesc, while it reaches only 6% at Lăcăuți. Regression line crosses the vertical axis (v_p) where the intersection is v_0 (zero points). Values of v_0 are the average wind speed values of the studied period in each case. Values of the variation coefficient what expresses the fluctuations of the relative changes of diurnal average wind speeds of the days following each other (Δv_r) show remarkable differences among the stations: it is 0.59 at Odorheiu-Secuiesc, while it reaches nearly 3.0 at Târgu-Secuiesc.

Principle component analyses of the wind speed data sets of the weather stations established four groups of stations: 1) Odorheiu-Secuiesc; 2) Sfântu-Gheorghe and Târgu-Secuiesc; 3) Miercurea-Ciuc, Joseni, Bucin, Lăcăuți; 4) Toplița. Weather stations situated in similar environment form the groups: Joseni – Miercurea-Ciuc is situated in closed intramontan basins, Sfântu-Gheorghe and Târgu-Secuiesc: are situated in basins between two ridges. Wind speed data at Odorheiu-Secuiesc – according to the result of the main component analyses – differs from all the other stations as it has the most westerly position.

Roughness objects (e.g. trees, buildings) near the measurement site have a strong effect on wind directions, since they form areas of wind shadow. Additionally, the broader environment of the weather stations impact on frequencies and distribution of wind directions. Effects of relief on local wind directions can be traced in the case of each stations since complex terrain is the main factor of the development of local winds. On the base of the wind direction data sets of the weather stations involved in the examinations it can be stated that development and characteristics of local wind systems are highly influenced by mechanism like hill-valley wind systems among other reasons. Frequencies of wind directions formed by the terrain around the measurement points for the whole studied period between 2006 and 2012 and frequencies of dominant wind directions is over 10 % in each case. Seasonal wind direction distributions of the stations show a different picture. On the base of relative frequencies of wind directions weather stations can be divided into two groups: 1) where the dominant direction does not change, but its relative value changes; 2) where dominant direction and its frequency changes either. First group consists of Bucin, Joseni, Târgu-Secuiesc and Lăcăuți, while in the second group there are Miercurea-Ciuc, Toplița, Sfântu-Gheorghe and Odorheiu-Secuiesc.

On the base of datasets on average wind speeds of wind directions it can be stated that there are stations where maximal wind speeds does not

belong to the most frequent wind direction. This fact shows that there are cases where most frequent wind direction have not the highest potential. Value of standard deviation reaches its minimum at Toplița and Sfântu-Gheorghe (0.23), while its highest values (0.53) occur at Târgu-Secuiesc. Maximum of each base statistical parameters occurred at Lăcăuți with the exception of standard deviation, what can be explained by the highest altitude of that station.

Empirical distribution of wind directions was approached by circular normal theoretic distribution. The approach have proved to be better on a seasonal scale, since significant fit was found in 14 cases from the possible 32 (8 stations \times 4 seasons) at a significance level of 5% (Miercurea-Ciuc 4, Toplița 4, Sfântu-Gheorghe 2, Odorheiu-Secuiesc 4). The reason for the difference between fitting and non-fitting stations is that there are not great differences between frequencies of neighboring directions in the case of fitting stations. In cases where there are differences of 10-20% between neighboring directions the theoretical distribution cannot display such a relatively great difference.

Values of entropy were determined for the eight stations for the whole studied period and the seasons. There are significant differences in the values of the entropy for the stations in the whole studied period between 2006 and 2011. Its minimum occurred at Lăcăuți (2.9), while the maximum occurred at Miercurea-Ciuc and Sfântu-Gheorghe (3.85). Winter showed the highest variability with a dispersion value of 0.44, while summer has proved to be the least changeable with a dispersion value of 0.29. The two transition seasons showed similar variability: the value of the dispersion reached 0.38 in the spring and 0.37 in the autumn. Bucin showed the lowest values of dispersion in both time scales.

There is a strong negative connection between empirical distribution and statistical entropy of wind directions. Strongest connections were found for the whole studied period and the autumn ($r=-0,887$). It practically means that the greater the absolute difference between the relative frequencies of the two distributions is, the lower is the value of the statistical entropy.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ABOHELA I. – HAMZA N. – DUDEK S. 2013: Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines. – *Renewable Energy* 50. pp. 1106-1118.
- ADR CENTRU 2010: Analiza potențialului energetic eolian la nivelul regiunii centru în perspectiva dezvoltării economice durabile. Alba-Iulia.
- AKDAĞ S. A. – BAGIORAS H. S. – MIHALAKAKOU G. 2010: Use of two-component Weibull mixtures in the analysis of wind speed in the Eastern Mediterranean. – *Applied Energy* 87. pp. 2566-2573.
- ALPAY S. – BILIR L. – OZDEMIR S. – OZERDEM B. 2006: Wind speed time series characterization by Hilbert transforms. – *International Journal of Energy Research* 30. pp. 359-364.
- AMBRÓZY P. – WÁGNER M. 1987: Meteorológiai információk szélenergia átalakító rendszerek kialakításához. Szélmotorok alkalmazása kis szélességeknél c. nemzetközi tanácskozás előadásai. MTA MÉM Agrár-Műszaki Bizottság. Ipari Minisztérium, FAO Európai Mezőgazdasági Együttműködési Hálózat. pp. 166-177.
- ANDREI L. – CELAC S. – DUPLAC M. – MANEA G. – MUSCALU D. 2002: Policies and measures for GHG emissions reduction and mitigation strategies in Romania, Energy Sector Reform. In Good practices in policies and measures for climate change mitigation – A Central and Eastern European perspective. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe and World Resources Institute.
- ANGEHRN T. 1932: Adatok Kalocsa szélviszonyaihoz. – *Időjárás* 36. pp. 117-129.
- AUJESZKY L. (1951): A szélesség négyzetes és köbös átlagainak kiszámítása energiahasznosítási kérdések megítéléséhez. – *Időjárás* 55. pp. 79-81.
- AUJESZKY L. 1948: A szélút fogalmának szigorú értelmezése és gyakorlati alkalmazása. – *Időjárás* 53. pp. 15-25.
- AUJESZKY L. 1949: Meteorológiai előmunkálatok a magasépítésben végzendő szélterhelés számításokhoz. – *Időjárás* 53. pp. 15-25.
- AYDIN N Y. – KENTEL E. – DUZGUN S. 2010: GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. pp. 364-373.
- AZAD A. K. – RASUL M. G. – YUSAF T. (2014): Statistical Diagnosis of the Best Weibull Methods for Wind Power Assessment for Agricultural Applications. – *Energies* 7. pp. 3056-3086.
- BABAN S. M. J. – PARRY T. 2001: Developing an applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. – *Renewable Energy* 24. pp. 59-71.
- BACSÓ N. 1930: A szélesség maximális értékei Budapesten. – *Időjárás* 34. pp. 184-188.
- BACSÓ N. 1935: Szeles és viharos napok gyakorisága Budapesten. – *Időjárás* 39. pp. 8-9.
- BACSÓ N. 1961: Magyarország légterének éghajlati energiaforgalma. – *Földrajzi Közlemények* 9. pp. 109-122.
- BÁN E. – GAJZÁGÓ L. 1974: A cirkuláció sajátosságai Budapesten. OMSZ Hivatalos Kiadványai 38. pp. 114-120.
- BÁRÁNY I. – VÖRÖS E. – WAGNER R. (1970): The influence of the wind conditions of the Hungarian Alföld on the geographical distribution of mills. – *Acta Climatologica* 9. 1-4. pp. 73-81.

- BARTA E. 1984: A napi maximális szellőkés időpontjának, nagyságának és irányának statisztikai elemzése. Egyetemi doktori értekezés. KLTE Meteorológiai Tanszék, Debrecen.
- BARTHOLY J. – RADICS K. 2000: A szélenergia hasznosítás lehetőségei a Kárpát-medencében. – Egyetemi Meteorológiai Füzetek 14. p. 80.
- BARTHOLY J. – RADICS K. 2001: Selected characteristics of wind climate and potencial use of wind energy in Hungary. Part 1. – Időjárás 105. pp. 109-126.
- BAUER E. 1996: Characteristic frequency distribution of remotely sensed in situ and modelled wind speeds. – International Journal of Climatology 16. pp. 1087-1102.
- BECHRAKIS D. A. – DEANE E. J. – MCKEOGH E. J. 2004: Wind resource assessment of fan area using short term data collected to a long term data set. – Solar Energy 76. pp. 725-732.
- BERKES Z. 1939: A széliránygyakoróságok napi menetéről. – Időjárás 43. pp. 47-49.
- BERKES Z. 1952: Az eredő szélútvektor és a légátvitel nagysága Magyarországon. OMI Hivatalos Kiadványai 15. pp. 67-82.
- BÍRÓNÉ KIRCSI A. – LÁZÁR I. – VASS R. 2012: A szélesebbesség területi modellezése a Hernád-völgyében. (szerk: LÁZÁR ISTVÁN) in: A megújuló energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben. DE Meteorológiai Tanszék, Debrecen. pp. 33-46.
- BÍRÓNÉ KIRCSI A. 2007: Makroskálájú szélklimatológiai vizsgálatok az Észak-Atlanti térségben. Kedvező széllel Kunhegyestől Debrecenig. Tiszteletkötet Dr. Tar Károly 60. születésnapjára. pp. 77-85.
- BÍRÓNÉ KIRCSI A. 2008: A szélenergia hasznosítás klimatológiai vonatkozásai. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék.
- BLANCO M. I. 2009: The economics of wind energy. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 13. pp. 1372-1382.
- BONFILS S. 2011: Modelling wind speed and wind power distribution in Rwanda. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 15. pp. 925-935.
- BORHAN Y. 1998: Mesoscale interactions on wind energy potencial in the northern Aegean region: a case study. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 2. pp. 353-360.
- BOWEN A. J. 2003: Modelling of strong wind flows over complex terrain at small geometric scales. – Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 91. pp. 1859-1871.
- CAI W. – WANG C. – CHEN J. – WANG S. 2011: Green economy and green jobs: Myth or reality? The case of China's power generation sector. – Energy 36. pp. 5994-6008.
- CARTA J. A. – RAMIREZ P. – BUENO C. 2008: A joint probability density function of wind speed and direction for wind energy analysis. Energy Conversion and Management 49. pp. 1309-1320.
- CASTRO F. A. – PALMA J. M. L. M – LOPES A. S. 2003: Simulation of the Askervien flow. Part 1: Reynolds averaged Navier-Stokes equations (k-epsilon turbulence model). – Boundary-Layer Meteorology 107. 3. pp. 501-530.
- CELIK A. N. 2003: Energy output estimation for small-scale wind power generators using Weibull-representative wind data. – Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 91. pp. 693-707.
- COLESCA S. E. – CIOCOIU C. N. 2013: An overview of the Romanian renewable energy sector. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 24 pp. 149-158.
- COSTA ROCHA P. A. – COELHA DE SOUSA R. – FREITAS DE ANDRADE C. – VIEIRA DA SILVA M. E. 2011: Comparison of seven numerical methods for determining Weibull

- parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil. – Applied Energy 89. pp. 395-400.
- CULLMANN G. – DENIS-PAPIN M. – KAUFMANN A. 1978: A hír tudománya. Az információelmélet alapjai. Gondolat, Budapest.
- CZELNAI L. 1953: A szélenergia felhasználásának néhány elméleti kérdése és lehetőségei hazánkban. – Időjárás 57. pp. 221-227.
- CZELNAI R. – DÉSI F. – RÁKÓCZI F. 1966: The information quantity as a measure of representatives of meteorological stations. – Időjárás 70. pp. 321-327.
- CZELNAI R. 1978: A légköri és szoláris erőforrások kutatása és feltárása. Időjárás 82. pp. 185-191.
- DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. 1988: Matematika statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest, 443 p.
- DOANE D. P. 1976: Aesthetic frequency classification. – The American Statistician 30. 4. pp. 181-183.
- DOBI I. 2006: Széltérképek összehasonlítása. Magyarország szél- és napenergia kutatás eredményei. OMSZ, Budapest. pp. 113-126.
- DUSMANESCU D. 2013: Technical and economical aspects of the promotion of energy from unconditional sources. Doctoral thesis, Tational Institute of Economic Research „Costin C. Kirişescu” Bucureşti.
- DUSMENESCU D. – ANDREI J. – SUBIC J. 2014: Scenario for implementation of renewable energy sources in Romania. – Procedia Economics and Finances 8. pp. 300-305.
- ERNST & YOUNG 2013: Renewable energy country attractiveness indices, February 2013. <http://www.ey.com/GL/en/Industries/Power---Utilities/Renewable-Energy-Country-Attractiveness-Index---Archive>
- EURÓPAI TANÁCS (2009): Az Európai Parlament és a Tanács 2009/28/Ek irányelve a megújuló energiaorrásból előellított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>
- EWEA (2009): Wind at Work. Wind energy and job creation in the EU
- EWEA (2010): Wind is power. 2009 European statistics
- EWEA (2011): Wind is power. 2010 European statistics
- EWEA (2012): Wind is power. 2011 European statistics
- EWEA (2013): Wind is power. 2012 European statistics
- EWEA (2014): Wind is power. 2013 European statistics
- EWEA (2015): Wind is power. 2014 European statistics
- FIDY J. – MAKARA G. 2005: Biostatisztika. <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-2/ch10.html>
- FIGUEROA-ESPINOZA B. – SALLES P. (2014): On the wind power potencial in the northwest of the Yucatan peninsula in Mexico. Atmosfera 27 (1), pp. 77-89.
- FISHER R. A. – YATES F. 1957: Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 5th ed. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- FREITAS DE ANDRADE C. – MAIA NETO H. F. – COSTA ROCHA P. A. 2014: An efficiency comparison of numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy applications: A new approach applied to the northeast region of Brazil. – Energy Conversion and Management 86. pp. 801-808.
- FURCHTGOTT-ROTH D. 2012: The elusive and expensive green job. – Energy Economics 34. S43-S52.

- GARCIA A. – TORRES J. L. – PIRETO E. – FRANCISCO A. 1998: Fitting speed distributions: a case study. – *Solar Energy* 62. pp. 139-144.
- GAZDASÁGI, KERESKEDELMI ÉS TURISZTIKAI MINISZTERIUM
http://www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/potential_energetic.pdf (letöltve: 2015.05.13.)
- GIPE P. 1995: *Wind energy comes of age*. John Wiley & Sons Inc.: New York, Chichester, Toronto, Brisbane, Singapore.
- GÖSSEL F. – MICHLER E. – WRASE B. 2004: Entropie analysis of floating car data. – *Advance in Radio Science* 2. pp. 169-174.
- GRIGORAS G. – SCARLATACHE F. 2015: An assessment of the renewable energy potential using a clustering based mining method. Case study in Romania. – *Energy* 81. pp. 416-429.
- GUPTA B. K. 1986: Weibull parameters for annual and monthly wind speed distributions for five locations in India. – *Solar Energy* 37. pp. 469-471.
- GWEC (2013): *Global Wind Report. Annual Market Update 2012*
- GWEC (2014): *Global Wind Report. Annual Market Update 2013*
- HEGYFOKY K. (1912): A levegő áramlása a Nagy-Alföld Közepén. – *Időjárás* 16. pp. 241-248.
- HEGYFOKY K. 1908: A levegő áramlásának évi periódusa a felhők régiójában. – *Időjárás* 12. pp. 13-16.
- HILLE A. 1932: A szélesség gyakorisági értékei Budapesten. – *Időjárás* 36. pp. 12-19.
- JONES R. – DENIELS A. – BACH R. 1975: Fitting a circular distribution to a histogram. *Journal of Applied Meteorology* 15. pp. 94-98.
- JUSTUS C. G. – HARGAVES W. R. – MIKHAIL A. – GRABER D. 1978: Methods for estimating wind speed frequency distribution. – *Journal of Applied Meteorology* 17. pp. 350-353.
- JUSTUS C. G. – W. R. HARGAVES – A. MIKHAIL – D. GRABER 1978: Methods for estimating wind speed frequency distributions. *J. Appl. Meteor.* 17 pp. 350-353.
- KAKAS J. – MEZŐSI M. 1956: Szélviszonyaink vizsgálata és az országos energiagazdálkodás. – *Időjárás* 60. pp. 350-364.
- KAKAS J. 1949: Adatok Miskolc szélviszonyaihoz. – *Időjárás* 53. pp. 175-177.
- KETSZKEMÉTY L. – IZSÓ L. 1996: *Az SPSS for Windows programrendszer alapjai. Felhasználói útmutató és oktatási segédlet*. Budapest. 118 p.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 1991: A szélenergia hasznosítás éghajlati adottságai az Alföldön. – *Földrajzi Értesítő* 40. 3-4. pp. 355-369.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2000: Adatok a szélenergia-hasznosítás alföldi lehetőségeihez. Megújuló energiaforrások-bioüzemanyagok. *Energiahatékonysági Konferencia, Kecskemét*. pp. 44-50.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2001: A szélenergia potenciál és a farmgazdaságok vízszükséglete közötti kapcsolat a Dél-Alföldön. A szélenergia hasznosítása a vízgazdálkodásban. *A Magyar Szélenergia Társaság Kiadványai* 1. pp. 45-52.
- KEYHANI A. – GHASEMI-VARNAMKHAHI M. – KHANALI M. – ABBASZADEH R. (2010): An assessment of wind energy potential as a power generation source in the capital of Iran, Teheran. – *Energy* 35. pp. 188-201.
- KHAN P. A. – HALDER P. K. – RAHMAN S. 2014: Wind energy potential estimation for different regions of Bangladesh. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy* 3. 3. pp. 47-52.
- KIRCSI A. 2001: A szélenergia hasznosítás klimatológiai aspektusai Magyarországon. *Diplomamunka, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar*.
- KOPPÁNY GY. 1978: *Távprognosztika II*. Tankönyvkiadó, Budapest.

- KOPPÁNY, GY. – KISS, Á. 1985: A hőmérséklet és a szélirány változékonysága Szegeden a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetekben. – *Időjárás* 89. pp. 269-277.
- KOPPÁNY, GY. – KISS, Á. 1987: A hőmérséklet és a szélirány változékonysága Szegeden a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetekben az átmeneti évszakokban. – *Időjárás* 91. pp. 23-33.
- KOSE R. – OZGUR A. – ERBAS O. – TUGCU A. 2004: The analysis of wind data and wind energy potencial in Kutahya, Turkey. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8. pp. 277-288.
- KWON S.-D. 2010: Uncertainty analysis of wind energy potential assessment. – *Applied Energy* 87. pp. 856-865.
- LÁZÁR I. – MAKKAI G. 2012: Szélirányok energetikai célú vizsgálata Székelyföldön. A környezettudatos települések felé: III. Települési Környezet Konferencia. Meridián Alapítvány, Debrecen. pp. 102-107.
- LÁZÁR I. 2009: Vertikális szélprofil időbeni változásának vizsgálata a Dreagán és Jád vízvázalóztóján, – *Collegium Geographicum* 6. pp. 95-105.
- LÁZÁR I. 2012: Székelyföld helyi szélviszonyainak elemzése. HUNGEO 2012: Magyar Földtudományi Szakemberek XI. Világtalálkozója: Korszerű földtudományi oktatás – versenyképes gazdaság. Eszterházy Károly Főiskola, Eger. pp. 2003-209.
- LEDÁCS-KISS A. 1977: Magyarország szélenergiakincsének nagyságrendje. – *Energia és Atomtechnika* 36. pp. 173-186.
- LEDO L. – KOSASIH P. B. – COOPER P. 2011: Roof mounting site analysis for micro-wind turbines. – *Renewable Energy* 36. pp. 1379-1391.
- LOPES A. S. – PALMA J. M. L. M – CASTRO F. A. 2007: Simulation of the Askervien flow. Part 2: Large-eddy simulations. – *Boundary-Layer Meteorology* 125. 1. pp. 85-108.
- LU L. – SUN K. 2014: Wind power evaluating and utilization over a reference high-rise building in urban area. – *Energy and Buildings* 68. pp. 339-350.
- MAHBUB A. MD. – REHMAN S. – MEYER J. – AL-HADRAMI L. M 2011: Wind speed and power characteristics at different heights for a wind data collection tower in Saudi Arabia. World Renewable Energy Congress 2011. Linköping, Sweden. pp. 4082-4089.
- MAKRA L. – TAR K. – HORVÁTH SZ. (2000): Some statistical characteristics of the wind energy over the Great Hungarian Plane. – *The International Journal of Ambient Energy* 21. 2. pp. 85-96.
- MATYASOVSKY I. 2002: Statisztikus klimatológia. Idősorok elemzése. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- MIKA, J. – CSABAI, E. K. – DOBI, I. – MOLNÁR, ZS. – NAGY, Z. – RÁZSI, A. – TÓTH-TARJÁNYI, ZS. – PAJTÓK-TARI, I. 2014: Solar and wind energy resources of the Eger region. – *Hungarian Geographical Bulletin* 63. 1. pp. 17-27.
- MONITORUL OFICIAL 2008: LEGE nr. 220 din octombrie 2008 (*republicată*) pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii din energiei din surse regenerabile de energie <http://lege5.ro/Gratuit/geztmnrngq/legea-nr-220-2008-pentru-stabilirea-sistemului-de-promovare-a-producerii-energiei-din-surse-regenerabile-de-energie>
- NÉMETH R. – SIMON D. 2011: Társadalomstatisztika. (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_2A_21_Nemeth_R_enata-Simon_David_Tarsadalomstatisztika_magyar_es_angol_nyelven/ch04s03.html)

- NFAOUI H. – BURET J. – SAYIGH A. A. M. 1989: Wind characteristics and wind energy potencial in Morocco. – *Solar Energy* 63. pp. 51-60.
- OBÁDOVICS J. GY. (Valószínűségszámítás és matematikai statisztika. Scolar Kiadó, Budapest.
- OLAOFE Z. O. – FOLLY K. A. 2012: Statistical analysis of the wind resources at Darling for energy production. – *International Journal of Renewable energy Research* 2. 2. pp. 250-261.
- OLBERG M. – RÁKÓCZI F. 1984: *Informationstheorie in Meteorologie und Geophysik.* Akademie Verlag, Berlin.
- ORENDI K. 1967: Szélstruktúra vizsgálatok építőipari jelentősége. *Időjárás* 71, pp. 356-358.
- OUAMMI A. – DAGDOUGUI H. – SACILE R. – MIMET A. 2010: Mounthly and seasonal assesment of wind energy characteristics at four monitored locations in Ligura region (Italy). – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. pp. 1959-1968.
- OUAMMI A. – SACILE R. – MIMET A. 2010: Wind energy potencial in Ligura region. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. pp. 289-300.
- OUAMMI A. – SACILE R. – ZEJLI D. – MIMET A. – BENCHRIFA R. 2010: Sustainability of a wind power plant: Application to different Moroccan sites. – *Energy* 36. pp. 4226-4236.
- PAPP É. 1974: Szélesebesség-óraátlagok gyakorisági eloszlásának sajátosságai. – *Időjárás* 63. pp. 356-360.
- PATAI I. 2003: *A széleenergia hasznosítás.* Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- PAVIA E. G. – O'BRIEN J. J. 1986: Weibull statistics of wind over the Ocean. – *Journal of Climate and Applied Meteorology* 25. 10. pp. 1324-1332.
- PEACOCK A. D. – JENKINS D. – AHADZI M. – BERRY A. – TURAN S. 2008: Micro wind turbines in the UK domestic sector. – *Energy and Buildings* 40. pp. 1324-1333.
- PÉCZELY GY. 1957: Tartalomvalószínűségek vizsgálata. – *Időjárás* 61. pp. 245-252.
- PÉCZELY GY. 1965: A szélesebesség valószínűségi eloszlásfüggvények közvetett meghatározása. – *Időjárás* 69. pp. 105-107.
- PÉCZELY GY. 1979: *Éghajlatlan, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 336 p.*
- PÉREZ I. A. – GARCÍA M. A. – SÁNCHEZ M. L. – TORRE DE B. 2004: Analysis of height variation of sodar-derived wind speeds in Northern Spain. – *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 92. pp. 875-894.
- PILAO R. – PINTO P. – GUEDES R. 2014: Representative period of measurements for wind regime characterization in Dobrogea region, Romani. – *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 125. pp. 94-101.
- PISHGAR-KOMLEH S. H. – KEYHANI A. – SEFEEDPARI P. 2015: Wind speed an power density analysis based on Weibull and Rayleigh distribution (a case study: Firouzkooh country of Iran). – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42. pp. 313-322.
- PISHGAR-KOMLEH S. H. – KEYHANI, A. – SEFEEDPARI P. 2015: Wind speed and power density analysis based on Weibull and Rayleigh distributions (a case study: Firouzkooh county of Iran). – *Renewable an Sustainable Energy Reviews* 42. pp. 313-322.
- RADICS K. – BARTHOLY J. 2001: Modelladaptációs kísérletek hazánk potenciális széleenergiájának felmérésére. *A széleenergia hasznosítás a vízgazdálkodásban. A Magyar Széleenergia Társaság Kiadványai* 1. pp. 37-43.
- RADICS K. – BARTHOLY J. 2005: Magyarország modellezett széleenergia térképei. *Széleenergia Magyarországon, MSZTE, Gödöllő.* pp 19-22.

- RADICS K. 2001: Eredmények a szélenergia hasznosítás területéről: mérések, szélklíma és modellezés. Magyar Szélenergia Tudományos Egyesület. pp. 35-40.
- RADICS K. 2003: A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése. Doktori (PhD) értekezés, ELTE, Budapest.
- RÁKÓCZI, F. 1968: Die statistische Entropie, als Charakteristik der meteorologischen Felder. – *Időjárás* 72. pp. 298-303.
- RAMIREZ P. – CARTA J. A. 2005: Influence of the data sampling interval in the estimation the parameters of the Weibull wind speed probability density distribution: a case study. – *Energy Conversion and Management* 46. pp. 2419-24-38.
- REHMAN S. – HALAWANI T. O. – HUSAIN T. 1994: Weibull parameters for wind speed distribution in Saud Arabia. – *Solar Energy* 53. pp. 473-479.
- RÉTHLY A. 1902: Budapest szélviharainak gyakorisági értéke. – *Időjárás* 6. pp. 295-298.
- RODMAN L. C. – MEENTEMEYER R. K. 2006: A geographic analysis if wind turbine placement in Northern California. – *Energy Policy* 34. pp. 2137-2149.
- RÓZSAVÖLGYI K. 2007a: A newly developed model for spatial allocation of wind energy utilization. – *Acta Climatologica et Chronologica* 40-41. pp. 101-109.
- RÓZSAVÖLGYI K. 2007b: A KMPAM modell szélmező modellezési almodulja. Kedvező széllel Kunhegyestől Debrecenig. Tiszteletkötet Dr. Tar Károly 60. születésnapjára. pp. 243-249.
- SAFARI B. 2011: Modeling wind speed and wind power distribution in Rwanda. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15. pp. 925-935.
- SAHIN D. (2004): Progress and recent trend sin wind energy. – *Progress in Energy and Combustion Science* 30. pp. 501-543.
- SAHON A. Z. – AKSAKAL A. 1999: A statistical analysis of wind energy potencia lat the eastern region of Saud Arabia. – *International Journal of Energy Research* 23. pp. 909-917.
- SAJTOS L. – MÍTEV A. (2006): SPSS kutatási és adatkezelési kézikönyv. Alinea Kiadó, Budapest.
- SALEH H. – ABOU EL-AZM ALY A. – ABDEL-HADY S. 2012: Assesment of different methods used to estimate Weibull distribution parameters for wind speed in Zafarana wind farm, Suez Gulf, Egypt. – *Energy* 44. pp. 710-719.
- SCHÖNWIESE C. D. 2000: *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler*.
- SHANNON C. 1948: *A Matematical Theory of Communication*. The Bell Technical Journal.
- SHATA A. S. – HANITSCH R. 2006: Evaluation of wind speed energy potencial and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt. – *Renewable Energy* 31. pp. 1183-1202.
- SIMON J. – SZABÓNÉ P. É. 1967: A maximális széllokések szerkezeti és autokorrekción függvénye. *OMI Hivatalos Kiadványai* 33. pp. 391-396.
- SNEYERS R. – VAN ISACKER J. 1980: A generalized circular distribution. *Statistical Climatology*. – *Developments in Atmospheric Science* 13. pp. 29-33.
- SNEYERS R. 1975: *Sur l'analyse des séries d'observations*. O. M. M., Note Technique 143, Genève.
- STEINER L. 1923: Egy kis szélstatisztika. – *Időjárás* 7. pp. 1-5.
- SZABÓNÉ P. É. 1960: S szélsébség értéke Magyarországon. *OMI Hivatalos Kiadványai* 22. pp. 97-102.
- SZALAI GY. 1962: Különböző sebességű szelek gyakorisága és tartamvalószínűsége a Magyar Alföldön. – *Időjárás* 66. pp. 367-375.
- SZÁSZ G. – TÓKEI L. (1997): *Meteorológia mezőgazdászoknak, kertészeknek, erdészeknek*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

- SZÉPSZÓ G. – HORÁNYI Á. – KERTÉSZ S. – LÁBÓ E. (2006): Magyarországi szélklimatológia előállítása globális mezők dinamikai leskáázásával. Magyarország szél- és napenergia kutatás eredményei, OMSZ. pp. 82-93.
- SZUCSÁK V. 1972: A széllokés maximumok napi értékeinek statisztikai elemzése. OMI Hivatalos Kiadványai 36. pp. 423-427.
- ȚĂPURICĂ O.-C. – TACHE F. 2014: An empirical analysis of the projects aiming sustainable energy development (SED) in Romania. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 37. pp. 13-20.
- TAR K. – FARKAS I. – RÓZSVÖLGYI K. 2011b: Climatic conditions for operation of wind turbines in Hungary. – Renewable Energy 36. pp. 510-518.
- TAR K. – PUSKÁS J. – SZEPESI J. 2011a: A napi átlagos szélesebességek egymásra következésének statisztikai elemzése északnyugat-Dunántúlon. X. Természet-, Műszaki-, és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Szombathely, CD-ROM.
- TAR K. – PUSKÁS J. 2010a: A napi átlagos szélesebesség megváltozásának kapcsolata az időjárási helyzetekkel. – Magyar Energetika 17. 3. pp. 30-35.
- TAR K. – PUSKÁS J. 2010b: A napi átlagos szélesebesség időbeli megváltozásána függése a frontos és front nélküli napokváltozásától. VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, pp. 321-326.
- TAR K. – RADICS K. – BARTHOLY J. – WANTUCHNÉ DOBI I. 2005: A szél energiája Magyarországon. – Magyar Tudomány 6. 805 p.
- TAR K. 1983: A szélenergia statisztikai vizsgálata. – Időjárás 87. pp. 29-37.
- TAR K. 1991: Magyarország szélklímájának komplex statisztikai elemzése. Az Országos Meteorológiai Szolgálat kisebb kiadványai 67. szám
- TAR K. 1999: Az alföldi szélmező statisztikai jellemzőinek időbeli változása. A táj változása a Kárpát-medencében c. Konferencia kiadványa (szerk.: FÜLEKI GY.), Gödöllő. pp. 225-230.
- TAR K. 2004: Becslési módszerek a magyarországi szélenergia-potenciál meghatározására. – Magyar Energetika 12. 4. pp. 37-48.
- TAR K. 2007: A magyarországi szélmező és a nagytérségű légnomási mező kapcsolatának számszerű jellemzése. Tanár úrnak tisztelettel. 56 tanulmány Dr. Korompai Gábor 70. születésnapjára. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 189-198.
- TAR K. 2008a: Az időjárási helyzetek szélenergiájáról. Tanulmánykötet Dr. Gööz Lajos professzor 80. születésnapjára. Nyíregyháza, pp.267-276.
- TAR K. 2008b: Connection of the potential wind energy with the weather situation in Hungary. Colaborari stiintifice si didactice in domeniul surcelor de energii geotermale intre Universitatea din Oradea si Universitatea din Debrecen, Oradea, pp. 73-77.
- TAR K. 2008b: Some statistical characteristics of monthly averaged wind speeds at various heights. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 12. pp. 1712-1724.
- TAR K. 2011: A Kárpát-medence időjárási helyzeteinek szélenergiája. Kárpát-medence: tájak, népek, tevékenységek. Földrajzi tanulmányok (Szerk.: FRISNYÁK S. – GÁL A.), pp. 409-420.
- TAR K. 2011: A Kárpát-medence szélenergiájáról. VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvár. pp. 165-169.
- TAR K. 2014: A napi átlagos szélesebességek egymásra következésének statisztikai elemzése az Alföldön. In: SZABÓ V. – FAZEKAS I. (szerk.) Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás III. Környezet és Energia Konferencia. pp. 96-105

- TAR K. 2014a: Statistical structure of the surface layer wind field in Hungary. Labert Academic Publishing, 88 p.
- TAR K. 2014c: A napi átlagos szélességek egymásra következésének statisztikai elemzése az Alföldön. (szerk.: Szabó V. – Fazekas I.) in: Környezettudatos energiatermelés és felhasználás c. Konferencia, Debrecen, pp. 96-105.
- TORRES J. L. – GARCIA A. – PIRETO E. – FRANCISCO A. (1999): Characterization of wind speed data according to wind direction. – Solar Energy 66. pp. 57-64.
- TÓTH PÉTER, BULLA MIKLÓS, NAGY GÉZA (2011): Energetika (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/adatok.html)
- U.S. Energy Information Administration. International Energy Statistics, 2011. letöltve: 2011. November 17. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=6&pid=29&aid=12>.
- ULGEN K. – HEPBASLI A. 2002: Determination of Weibull parameters for wind energy analysis of Izmir, Turkey. – International Journal of Energy Research 26. pp. 495-506.
- UNGER J. 1997: Lokális és mikroklímák. JATE-TTK Éghajlattani és Tájvédelmi Tanszék, Szeged. 157 p.
- VAJDA GY. 1999: Energiaforrások. – Magyar Tudomány 6. pp. 645-675.
- VESPREMEANU-STROE – S. CHEVAL – TĂTUI F. 2012: The wind regime of Romania – Characteristics, trends and North Atlantic Oscillation influences. Forum geografic. – Studii și cercetări și protecția mediului 9. 2. pp. 118-126.
- VOFKORI L. (1996): Erdély közigazgatási és etnikai földrajza. Balaton Akadémia, Vörösbény.
- VOFKORI, L. 1994: Erdély társadalom- és gazdaságföldrajza. Stúdium Kiadó, Nyíregyháza.
- WÁGNER M. – PAPP É. 1984: A szél néhány statisztikai jellemzője. OMSZ Hivatalos Kiadványai 57. pp. 108-117.
- WALTER J. – HANS V. 1974: A faktoranalízis és alkalmazása. Közgazdasági és Jogi Kiadó. Budapest. 231 p.
- WEI M. – PATADIA S. – KAMMEN D. M. (2010): Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? – Energy Policy 38. pp. 919-931.
- WEIDINGER T – GYÖNGYÖSI A. Z. – KISS Á. 2007: Szélenergetikai becslések a NCEP/ETA modell alkalmazásával – Ceará, Brazília. Kedvező széllel Kunhegyestől Debrecenig. Tiszteletkötet Dr. Tar Károly 60. születésnapjára. pp. 337-349.
- WEISSER D. 2003: A wind energy analysis of Grenada: an estimation using the Weibull density function. – Renewable Energy. 28, pp. 1803-1812.
- WELCH J. B. – VENKATESWARAN A. 2009: The dual sustainability of wind energy. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 13. pp. 1121-1126.
- WILKS D. S. 1995: Statistical methods in the atmospheric science. Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto.
- WMO 2008: Guide to meteorological Instruments and Methods of Observation, No. 8
- XYDIS G. 2012: Wind-direction analysis in coastal mountainous sites: An experimental study within the Gulf of Corinth, Greece. Energy Conversion and Management 64. pp. 157-169.
- YULE G. U. – KENDALL M. G. 1964: Bevezetés a statisztika elméletébe. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.

Internetes források

- [Internet-1]: <http://www.spme.ro/html/hirek.php?lang=hu&id=117>
- [Internet-2]: <http://worldwastetoenergy.com/wp-content/uploads/2015/05/2.3-Mihai-Caciula.pdf>
- [Internet-3]: U.S. Energy Information Administration. International Energy Statistics, 2011. letöltve: 2011. November 17. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=6&pid=29&aid=12>
- [Internet-4]: <https://resbroker.wordpress.com/projects-for-sale-2/wind-farms-for-sale/wind-power-romania/>
- [Internet-5]: <http://lexikon.adatbank.ro/tematikus/print.php?id=149>
- [Internet-6]: <http://www.vaisala.com/en/meteorology/products/weatherinstruments/windsensors/Pages/WA15.aspx>
- [Internet-7]: http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/carpatclim/bevezeto/

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Az európai szélenergetikai beruházások alakulása 2008 és 2014 között	12
2. ábra: A romániai szélenergetikai beruházások alakulása 2008 és 2014 között.....	14
3. ábra: A meteorológiai állomások elhelyezkedése.....	21
4. ábra: A bucsin-tetői meteorológiai állomásról készült panoráma fotó	25
5. ábra: A maroshévízi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó.....	25
6. ábra: A kézdivásárhelyi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó	25
7. ábra: A sepsiszentgyörgyi meteorológiai állomásról készült panoráma fotó.....	25
8. ábra: A lakócai mérőállomás éves szélesebesség menete a CarpatClim adatok alapján ..	39
9. ábra: A bucsin-tetői mérőállomás éves szélesebesség menete a CarpatClim adatok alapján.....	40
10. ábra: A bucsin-tetői mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesebesség külség értékeinek éves menete (CC-Mért).....	40
11. ábra: A lakócai mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesebesség külség értékeinek éves menete (CC-Mért).....	41
12. ábra: A székelyudvarhelyi mérőponton a két adatsor között tapasztalt szélesebesség külség értékeinek éves menete (CC-Mért).....	41
13. ábra: Az évszakos szélesebesség átlagok alakulása a mérőállomásokon	44
14. ábra: Az évszakos szélesebesség átlagok alakulása a mérőállomásokon Lakóca kivételével	44
15. ábra: A szélesebesség éves menete a mérőállomásokon	45
16. ábra: Lakóca éves szélesebesség menete.....	45
17. ábra: Székelyudvarhely éves szélesebesség menete	46
18. ábra: A vizsgált időszak szélesebességeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a bucsin-tetői mérőállomáson	50

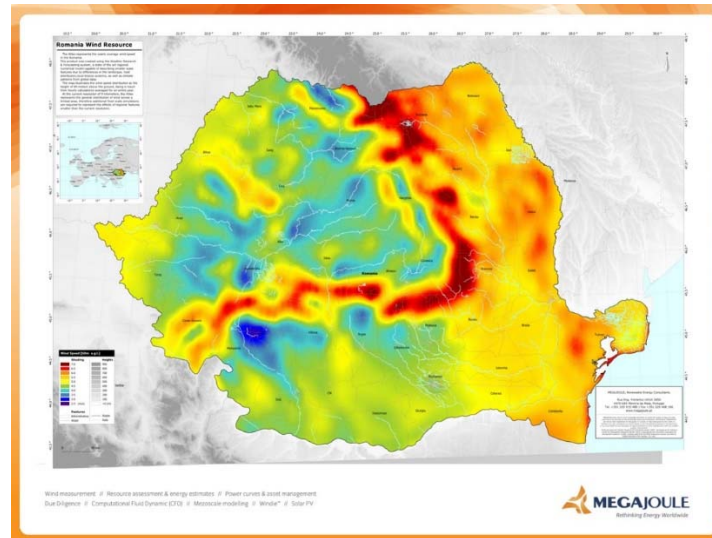
19. ábra: A vizsgált időszak szélesebbeségeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a kézdivásárhelyi mérőállomáson	50
20. ábra: A téli negyedév szélesebbeségeinek hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a bucsin-tetői mérőállomáson	51
21. ábra: A tavaszi negyedév hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a gyergyóalfalui mérőállomáson.....	51
22. ábra: A tavaszi negyedév hisztogramja és az illesztett sűrűségfüggvények a kézdivásárhelyi mérőállomáson.....	52
23. ábra: A lakócai mérőállomás c paraméterének éves menete.....	55
24. ábra: A székelyudvarhelyi mérőállomás c paraméterének éves menete	55
25. ábra: A napi átlagos szélesebbeségek állomásonkénti eloszlása	57
26. ábra: A tárgynap és a következő nap átlagos szélesebbesége közötti lineáris regresszió Bucsín-tetőn.....	58
27. ábra: A napi átlagos szélesebbeség az előző naphoz képest bekövetkezett abszolút változásának (Δv) eloszlása.....	60
28. ábra: A napi átlagos szélesebbeség az előző naphoz képest bekövetkező változásának előjel szerinti megoszlása és ezek különbsége.....	60
29. ábra: A tárgynap átlagos szélesebbesége és a következő napra történő változás közötti lineáris regresszió Székelyudvarhelyen	62
30. ábra: A napi átlagos szélesebbeség az előző naphoz képest bekövetkező relatív változásának (Δv_r) eloszlása.....	64
31. ábra: A mérőállomások biplot diagramja.....	66
32. ábra: A meteorológiai állomások főkomponens elemzése utáni csoportjai	66
33. ábra: A mérőállomások korrelációs mátrixának dendrogramja.....	67
34. ábra: A bucsin-tetői mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése.....	68
35. ábra: Bucsín-tető szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012).....	69
36. ábra: A maroshévízi mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése.....	70
37. ábra: Maroshévíz szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012).....	70
38. ábra: A bucsin-tetői állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) télen és tavasszal.....	73
39. ábra: A bucsin-tetői állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) nyáron és ősszel	73
40. ábra: A csíkszeredai állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban	74
41. ábra: A csíkszeredai állomás irányok szerinti átlag szélesebbesége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)	77
42. ábra: A szélirányok átlag szélesebbeségének éves menete a csíkszeredai állomáson.....	78
43. ábra: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a bucsin-tetői állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012).....	80
44. ábra: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson az őszi negyedévben.....	81
45. ábra: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiája a vizsgált meteorológiai állomásokon évszakos bontásban illetve a teljes vizsgált időszakra vonatkoztatva	83
46. ábra: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának eloszlása a havi és állomásonkénti adatok szerint.....	85
47. ábra: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakoriságának abszolút különbségének összege és a statisztikai entrópia közötti lineáris regresszió a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)	87

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

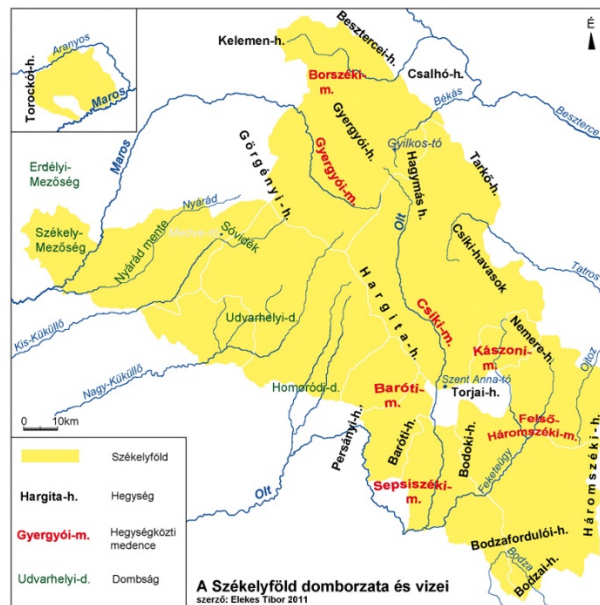
1. táblázat: A vizsgált meteorológiai állomások koordinátái és tengerszint feletti magassága	20
2. táblázat: A WA15 típusú szélmérő rendszer mérés technikai paraméterei	21
3. táblázat: A meteorológiai állomások adatsorának relatív hiánya a vizsgált időszakban	22
4. táblázat: Az adathiány relatív értékei évszakos bontásban (%)	22
5. táblázat: A meteorológiai állomások szélsőséges időszakainak relatív értéke a vizsgált időszakban	23
6. táblázat: A szélsőséges időszakok relatív értékei évszakos bontásban (%)	23
7. táblázat: A Kolmogorov–Szmirnov-féle egymintás próba elfogadási értékei	33
8. táblázat: A mért és a CarpatClim átlag szélsőséges adatok összehasonlítása	38
9. táblázat: A becült értékek előjel szerinti megoszlása a mérőpontokon	41
10. táblázat: A mérőállomások szélsőségeinek alapstatisztikái a vizsgált időszakban (2006-2012)	43
11. táblázat: Az empirikus és elméleti eloszlások illeszkedésének összesítő táblázata a teljes mérési időszakra vonatkoztatva eltérő valószínűségi szinteken	47
12. táblázat: Az empirikus és elméleti eloszlások illeszkedésének összesítő táblázata évszakos bontásban 5%-os szignifikancia szinten	48
13. táblázat: A (k) alak alakparaméter havi értékei	53
14. táblázat: A (c) skála paraméter havi értékei	54
15. táblázat: A mérőállomások skála paramétereinek (m/s) összehasonlítása a tengerszint feletti magassággal (m)	56
16. táblázat: A tárgy nap (v_p) és a következő nap (v_n) napi átlagos szélsőséges közötti lineáris korreláció és regresszió paraméterei	58
17. táblázat: A napi átlagos szélsőséges az előző naphoz képest bekövetkezett változásának (Δv) alapstatisztikái	59
18. táblázat: A tárgy nap átlagos szélsőséges (v_p) és a következő napra történő változás (Δv) közötti lineáris korreláció és regresszió paraméterei és a regressziós egyenes zérus helyei	61
19. táblázat: A napi átlagos szélsőséges az előző naphoz képest bekövetkezett változásának (Δv) előjel szerinti megoszlása a regressziós egyenes zérus helye (v_0) előtt és után	62
20. táblázat: A napi átlagos szélsőséges az előző naphoz képest bekövetkezett relatív változásának (Δv_r) alapstatisztikái	63
21. táblázat: A napi átlagos szélsőséges az előző naphoz képest bekövetkezett relatív változás (Δv_r) eloszlásainak páronkénti homogenitás vizsgálat összegző táblázata	64
22. táblázat: A szélirányok relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)	71
23. táblázat: A állomások szélirányainak átlag szélsőséges (m/s)	75
24. táblázat: A szélirányok átlag szélsőségesének alapstatisztikai paraméterei	76
25. táblázat: Az empirikus és közelített szélirányok illeszkedésének összegző táblázata	79
26. táblázat: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának átlaga, szórása, maximális és minimális értéke a vizsgált meteorológiai állomásokon havi, évszakos bontásban illetve a teljes vizsgált időszakra vonatkoztatva	84
27. táblázat: A szélirány gyakorisági eloszlások statisztikai entrópiájának átlaga, szórása, maximális és minimális értéke a vizsgált meteorológiai állomásokon	85

MELLÉKLETEK

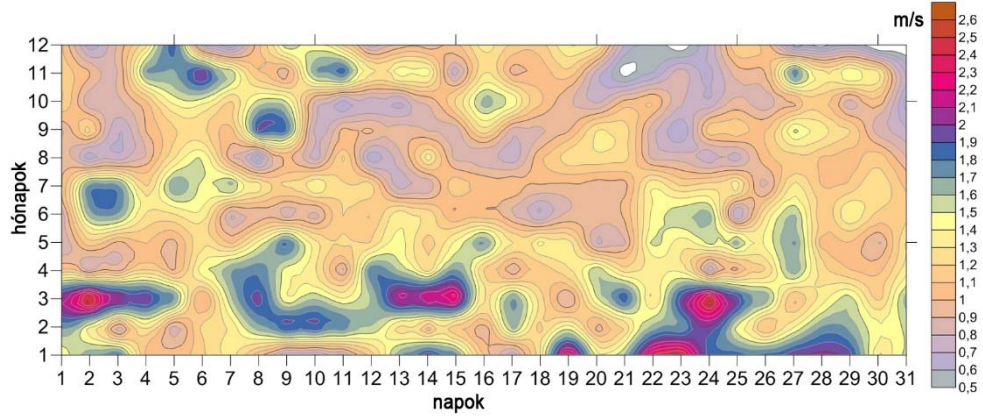
1a. melléklet: Románia széltérképe (forrás: Megajoule [Internet-4])



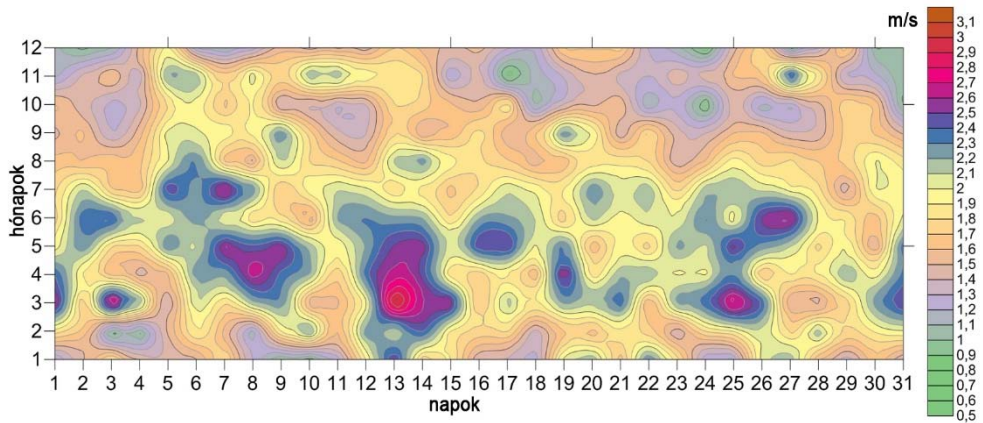
1b. melléklet: Székelyföld kiterjedése, domborzata és vizei (forrás: Elekes T. 2011 [Internet-5])



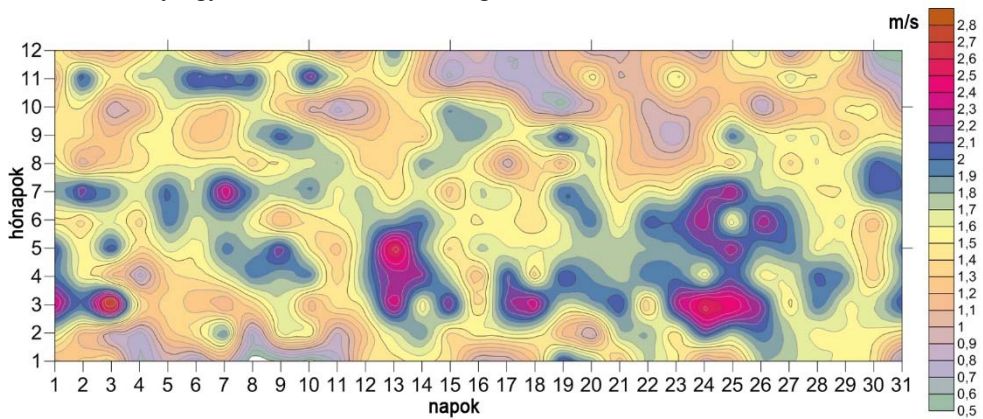
2. melléklet: Bucsin-tető éves szélesség menete



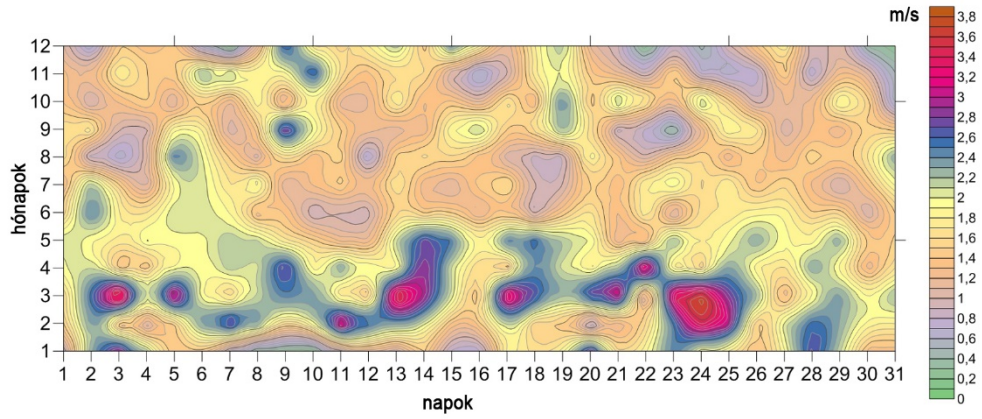
3. melléklet: Csíkszereda éves szélesség menete



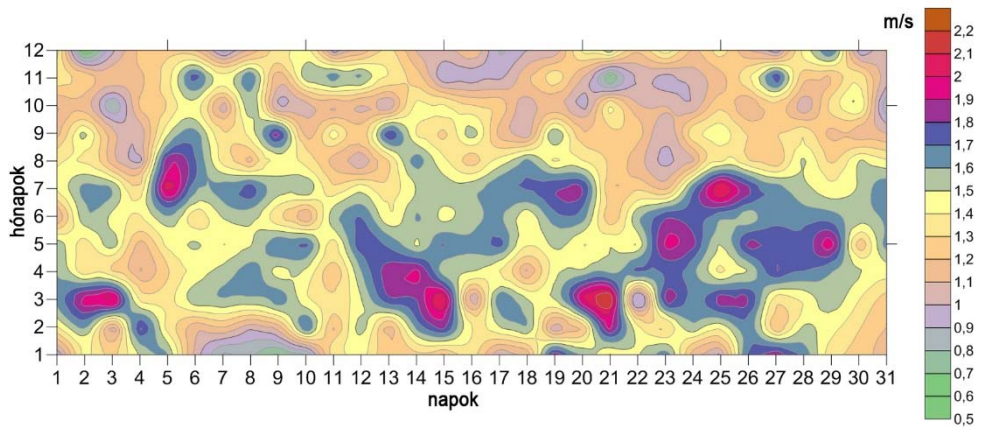
4. melléklet: Gyergyóalfalu éves szélesség menete



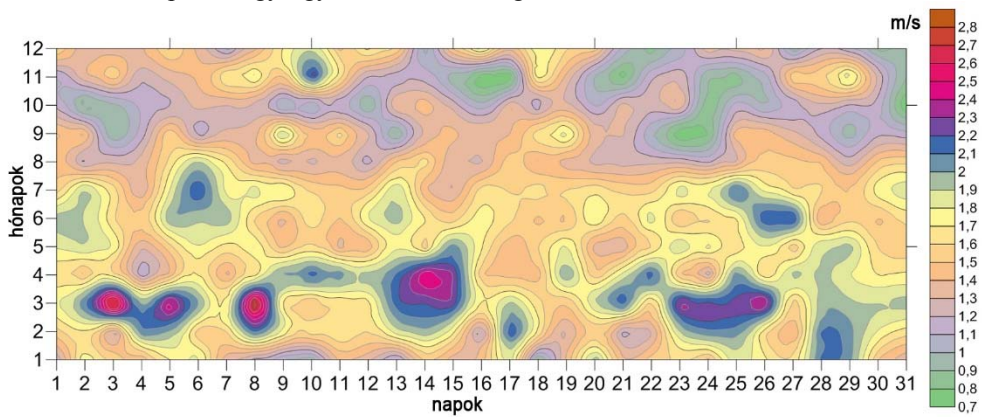
5. melléklet: Kézdivásárhely éves szélesség menete



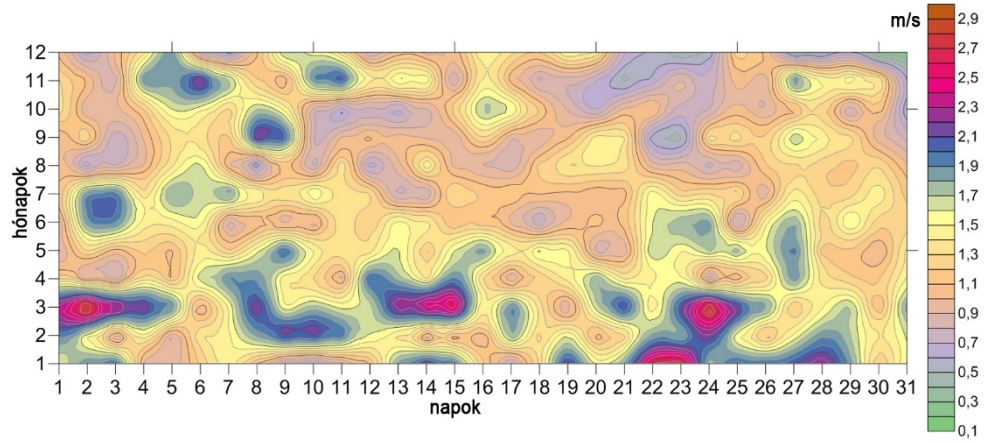
6. melléklet: Maroshévíz éves szélesség menete



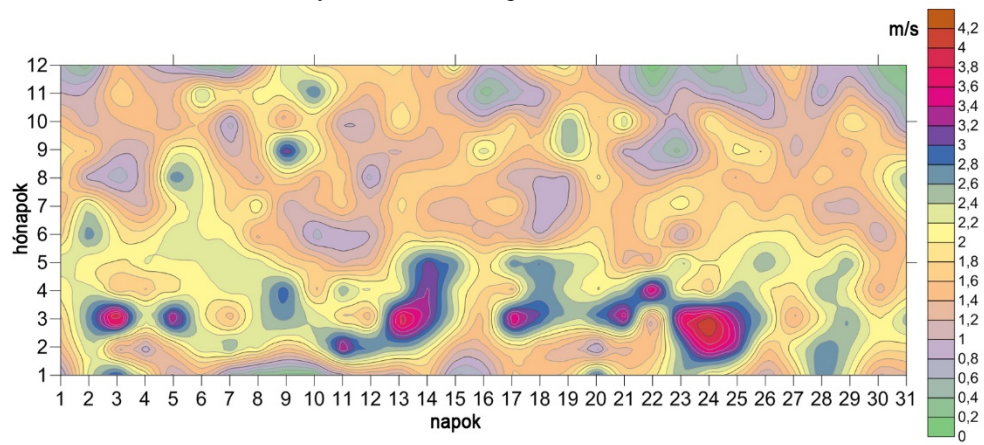
7. melléklet: Sepsiszentgyörgy éves szélesség menete



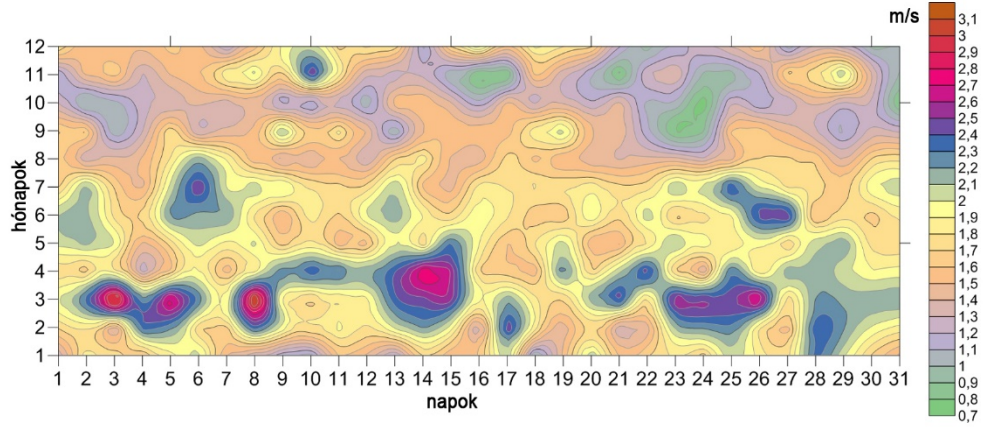
8. melléklet: A bucsin-tetői mérőállomás c paraméterének éves menete



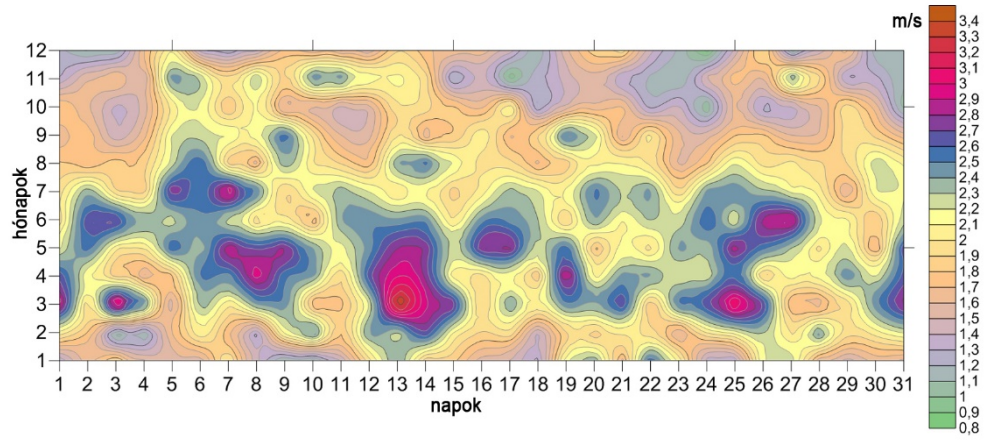
9. melléklet: A kézdivásárhelyi mérőállomás c paraméterének éves menete



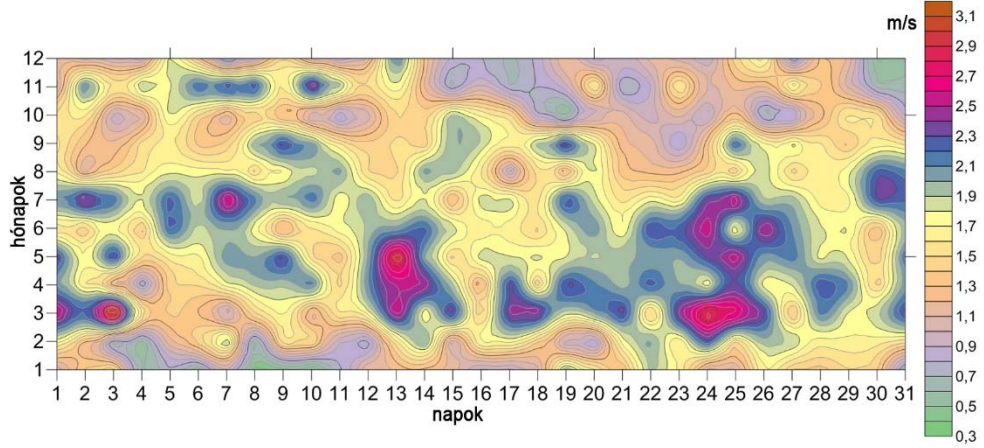
10. melléklet: A sepsiszentgyörgyi mérőállomás c paraméterének éves menete



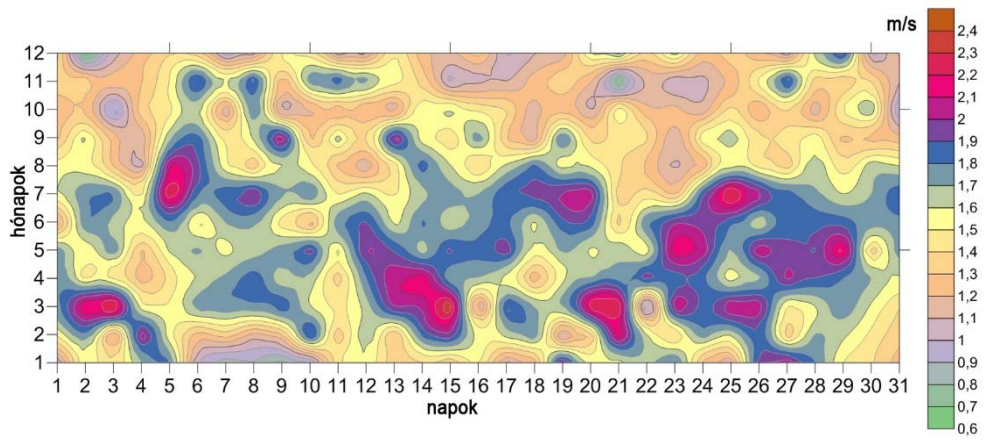
11. melléklet: A csikszeredai mérőállomás c paraméterének éves menete



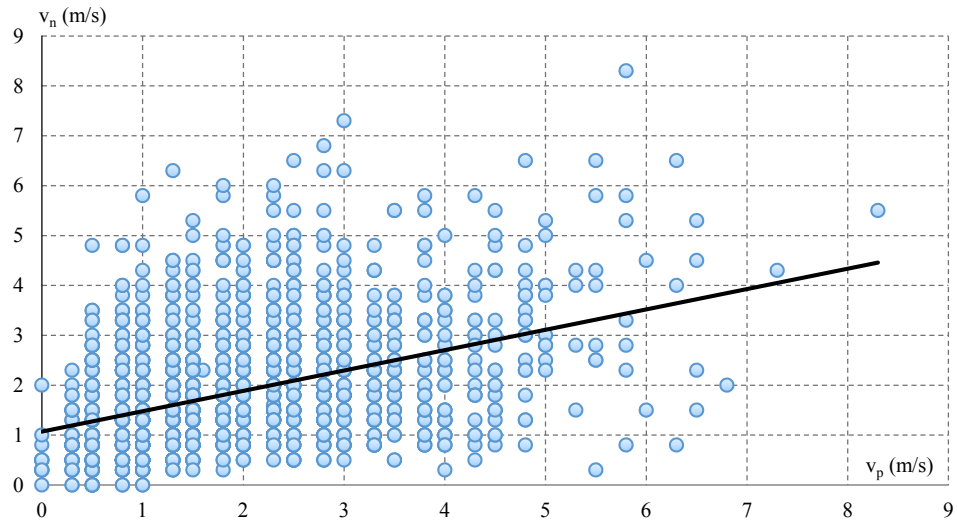
12. melléklet: A gyergyóalfalui mérőállomás c paraméterének éves menete



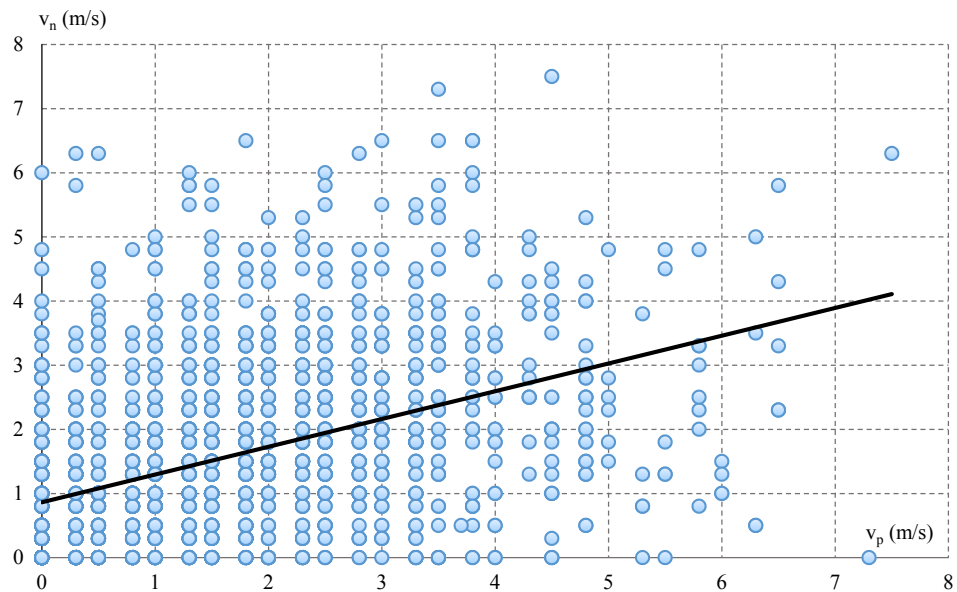
13. melléklet: A maroshévízi mérőállomás c paraméterének éves menete



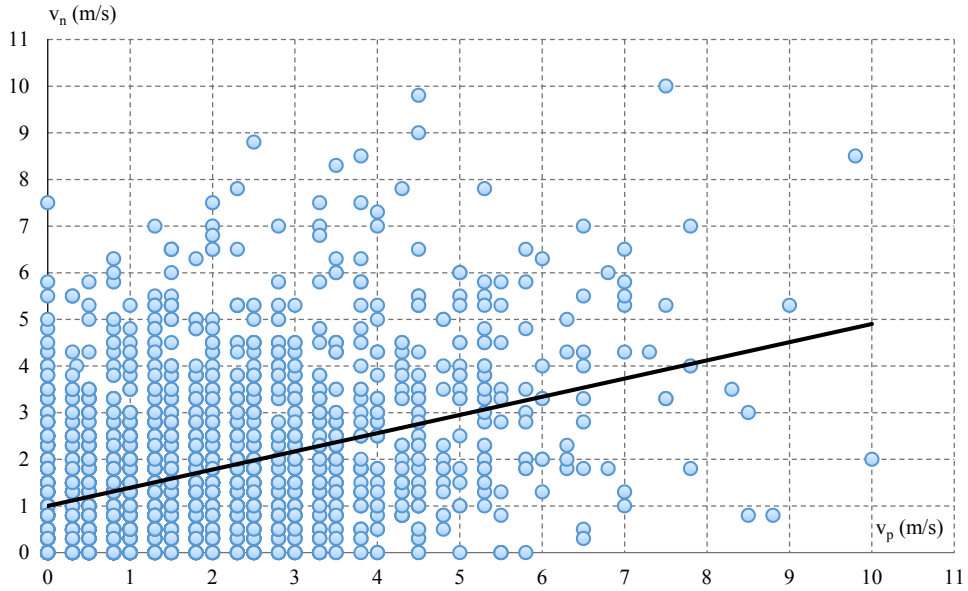
14. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Csíkszeredában



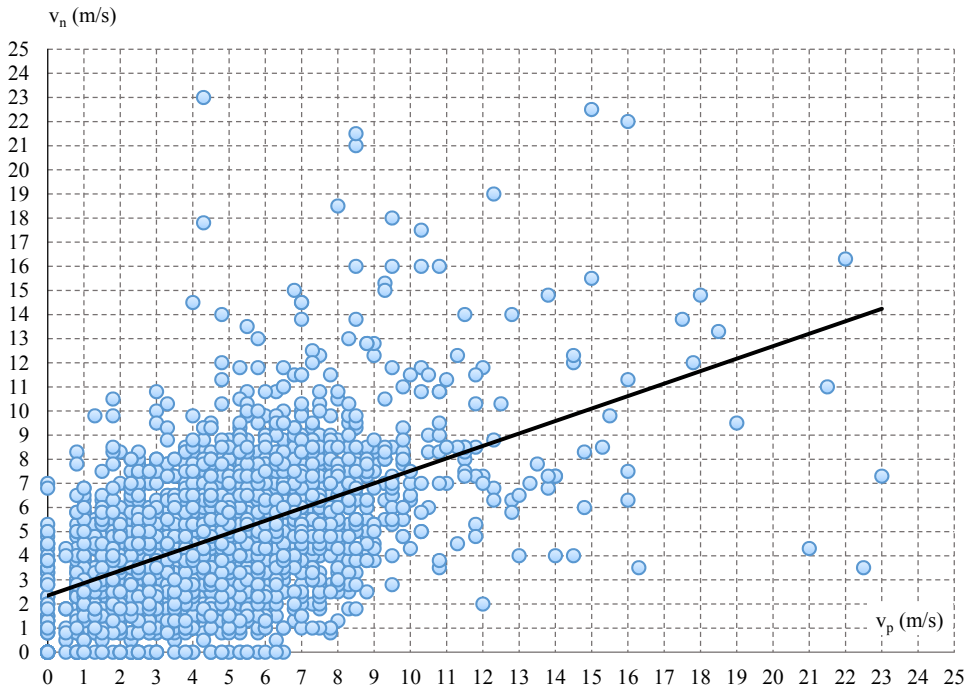
15. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Gyergyóalfalun



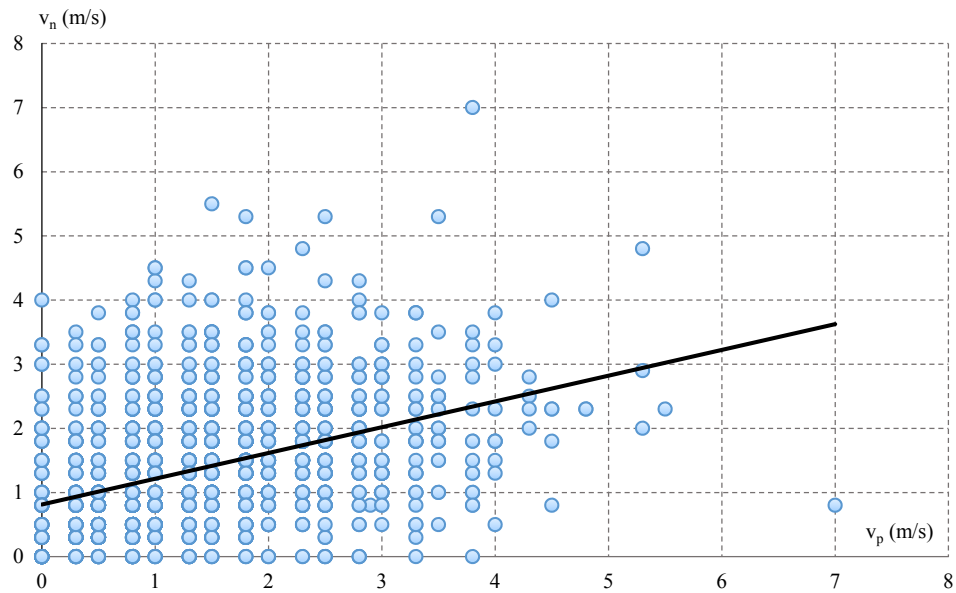
16. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Kézdivásárhelyen



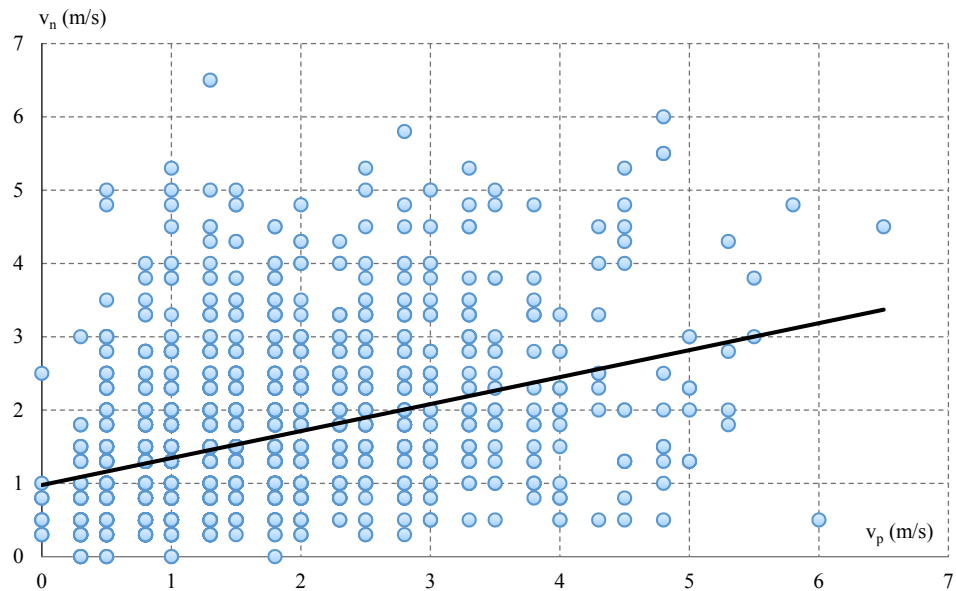
17. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Lakócsán



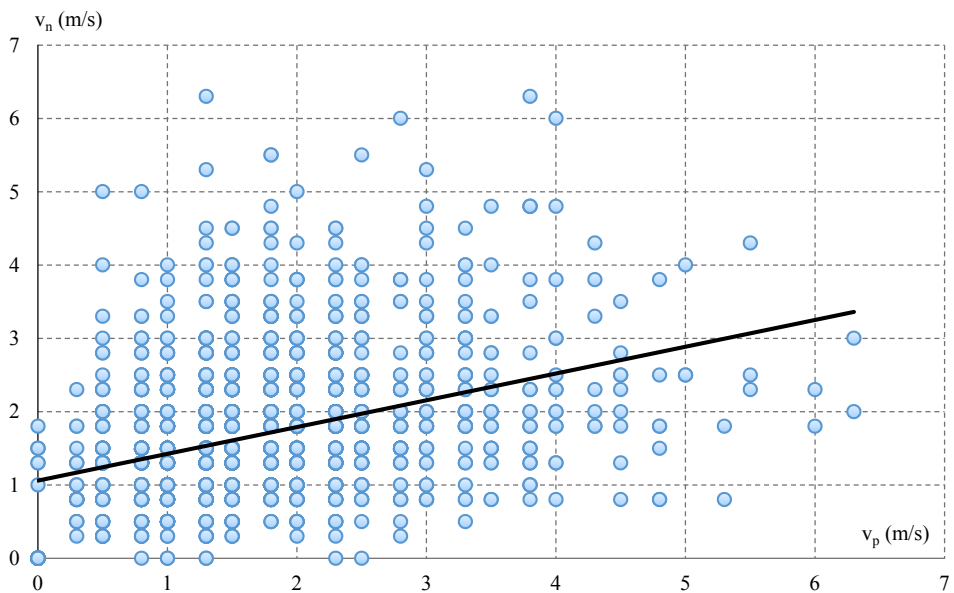
18. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Maroshévízen



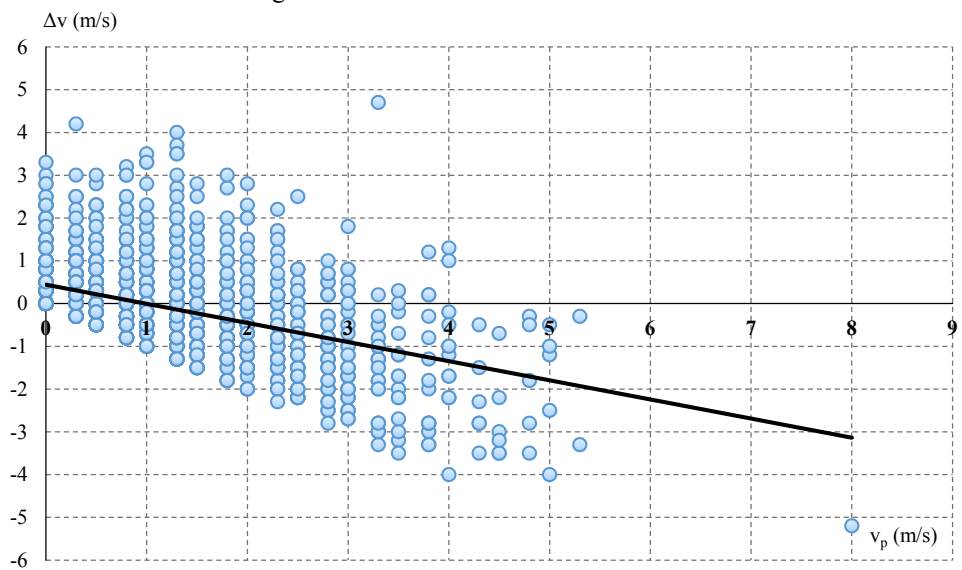
19. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Sepsiszentgyörgyön



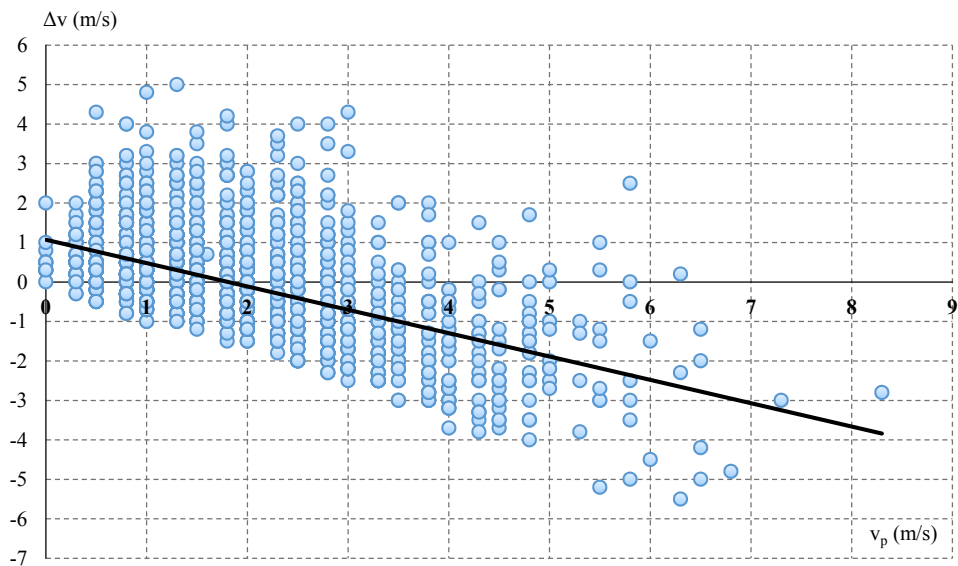
20. melléklet: A tárgynap és a következő nap átlagos szélessége közötti lineáris regresszió Székelyudvarhelyen



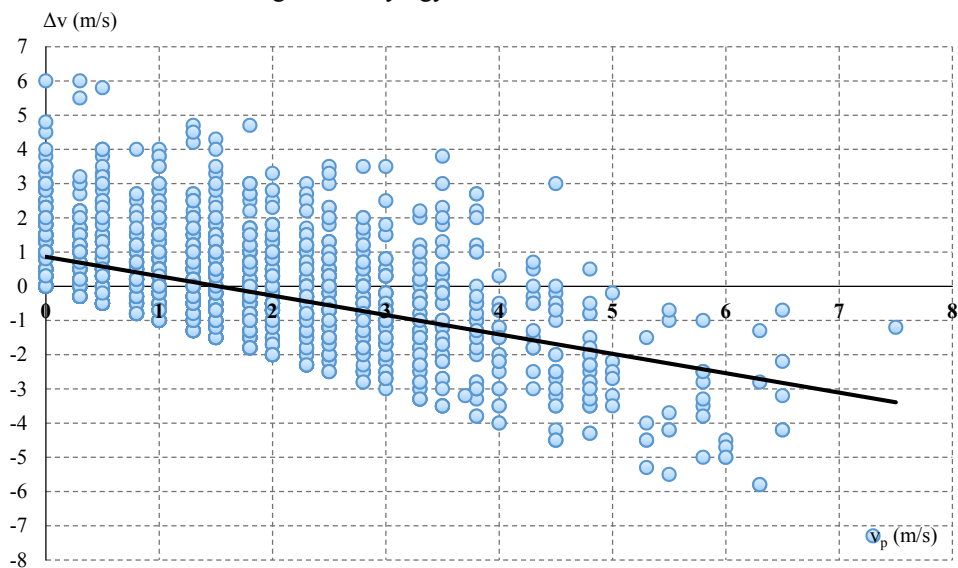
21. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Bucsintetőn



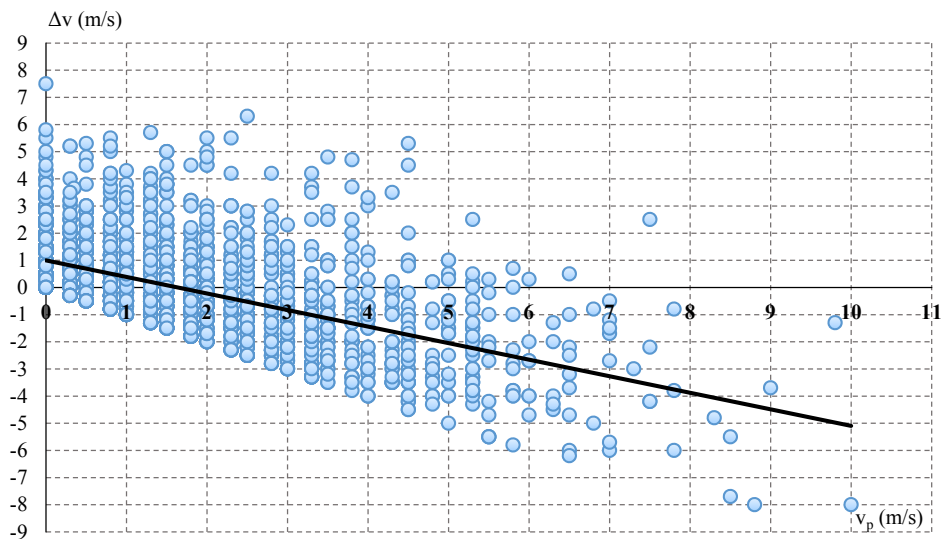
22. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Csíkszeredában



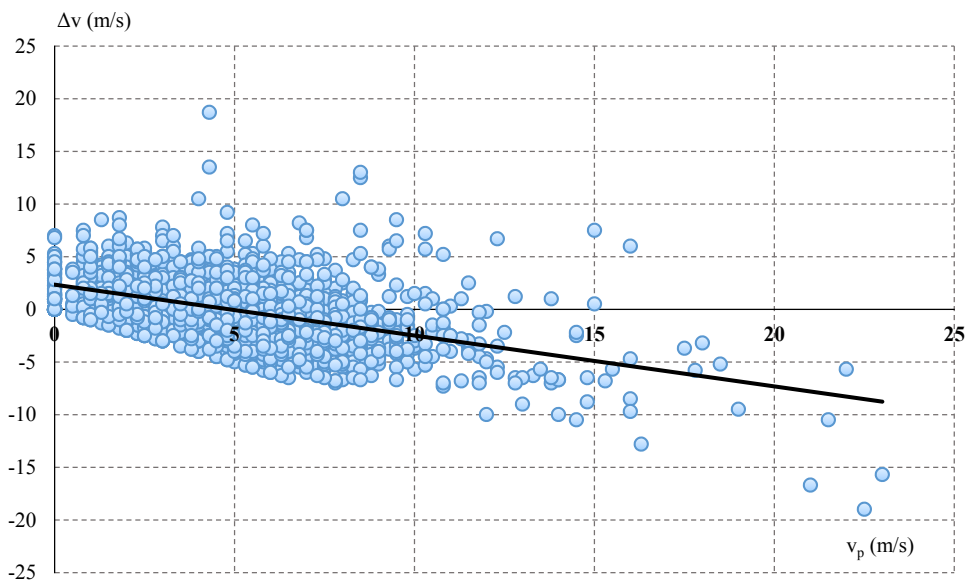
23. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Gyergyóalfaluban



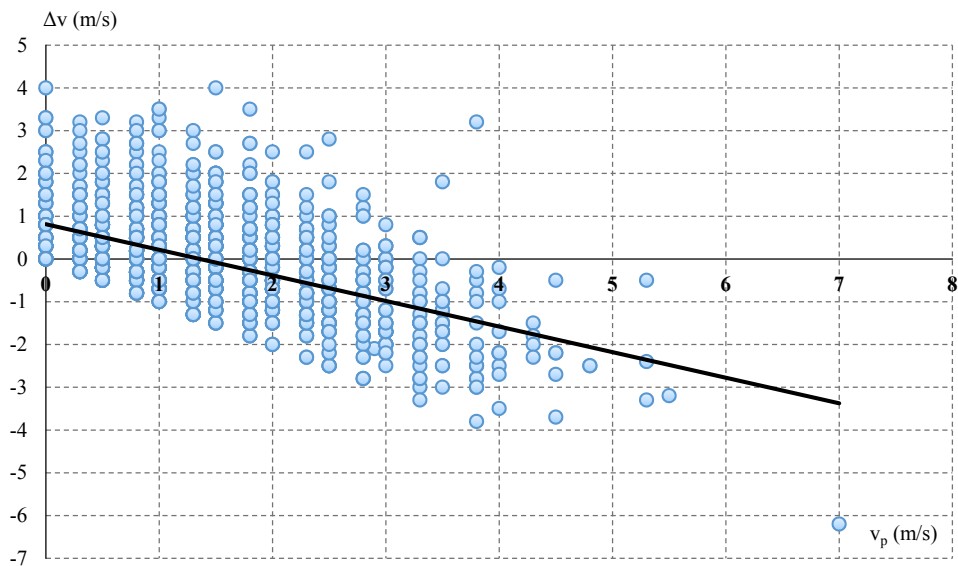
24. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Kézdivásárhelyen



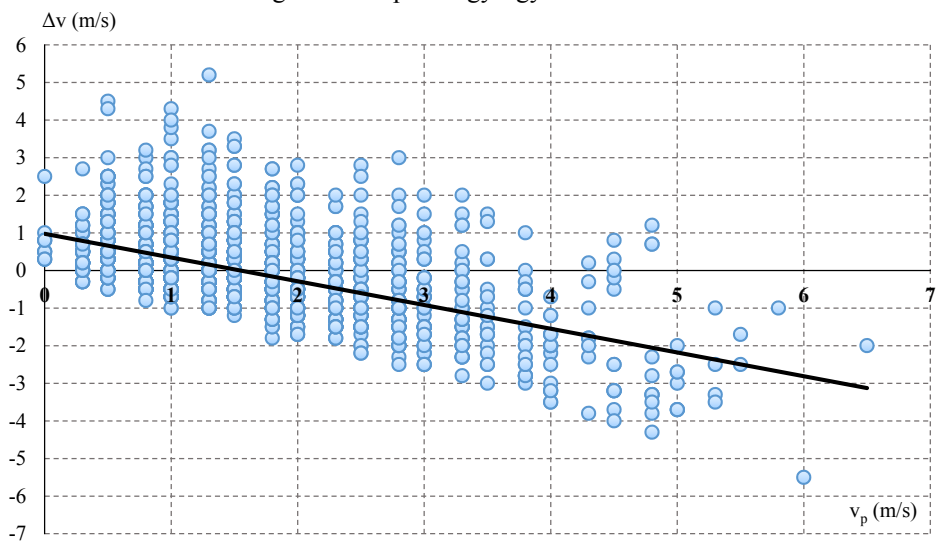
25. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Lakócsán



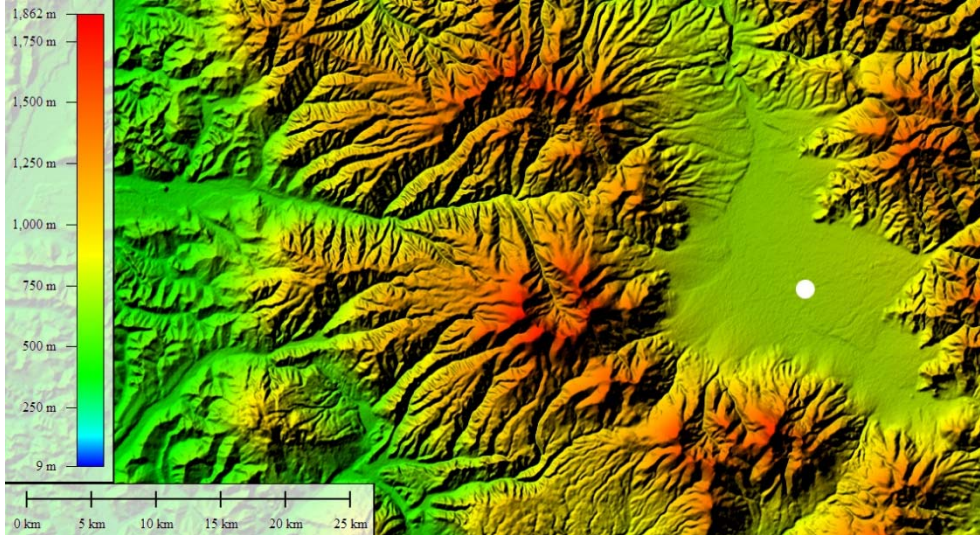
26. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Maroshévízen



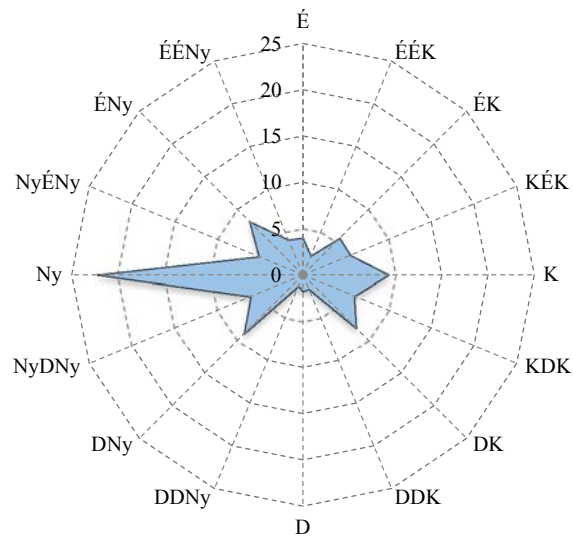
27. melléklet: A tárgynap átlagos szélessége és a következő napra történő abszolút változás közötti lineáris regresszió Sepsiszergyörgyön



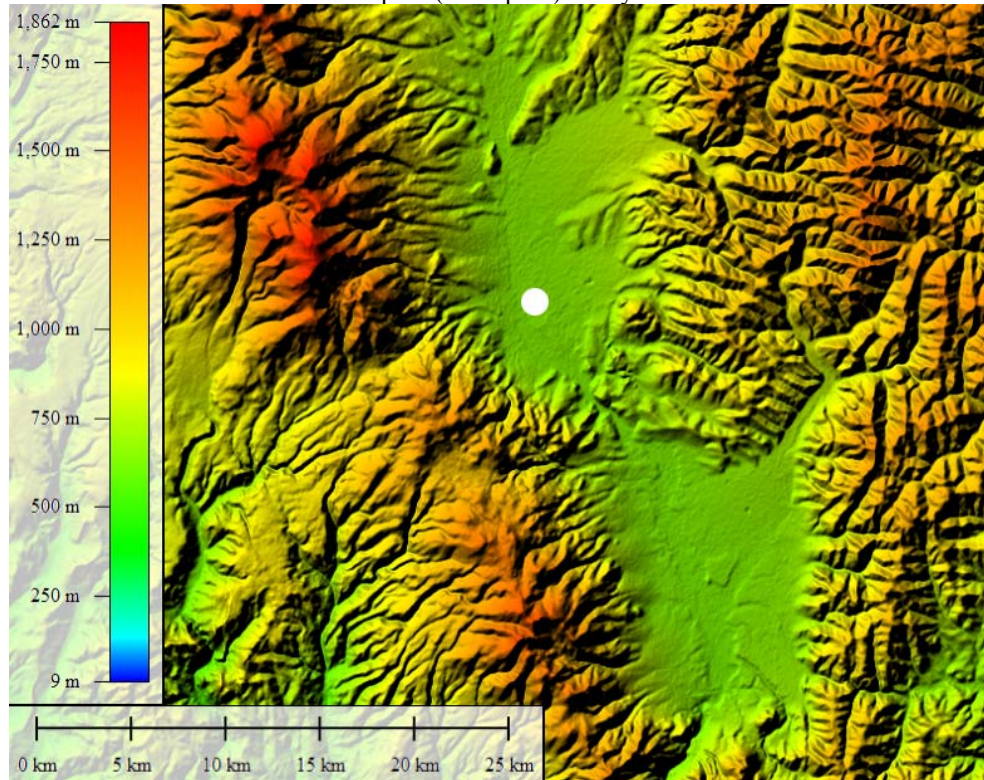
28. melléklet: A gyergyóalfalui mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



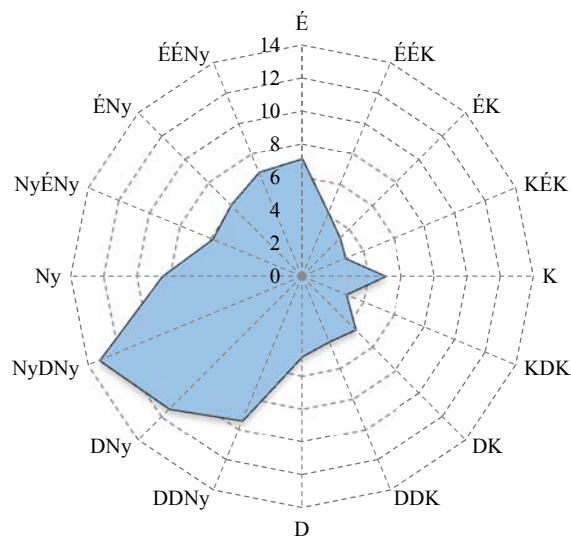
29. melléklet: Gyergyóalfalu szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



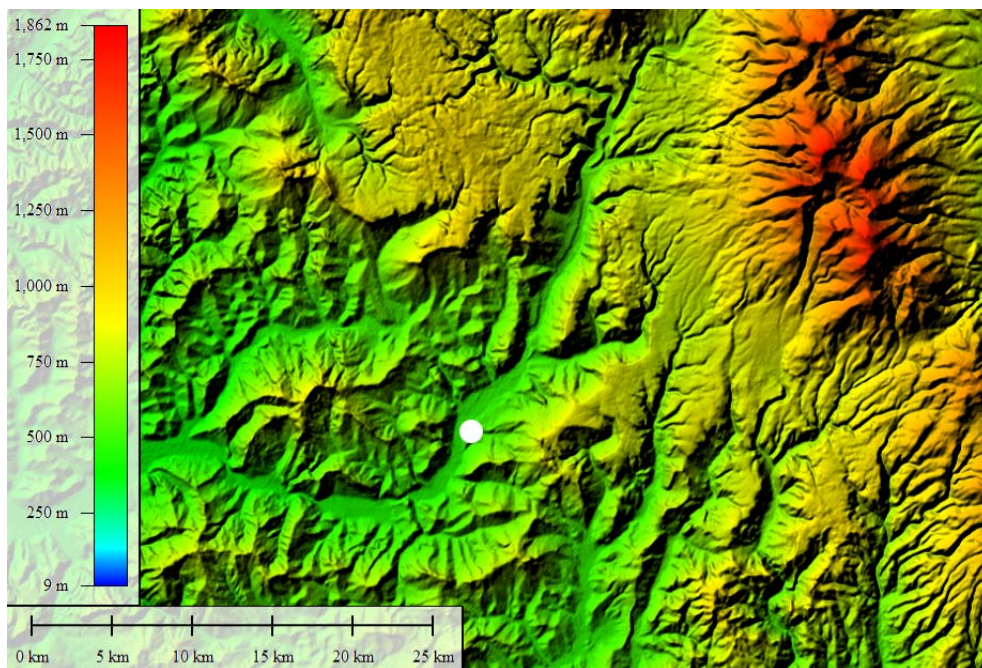
30. melléklet: A csíkszeredai mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



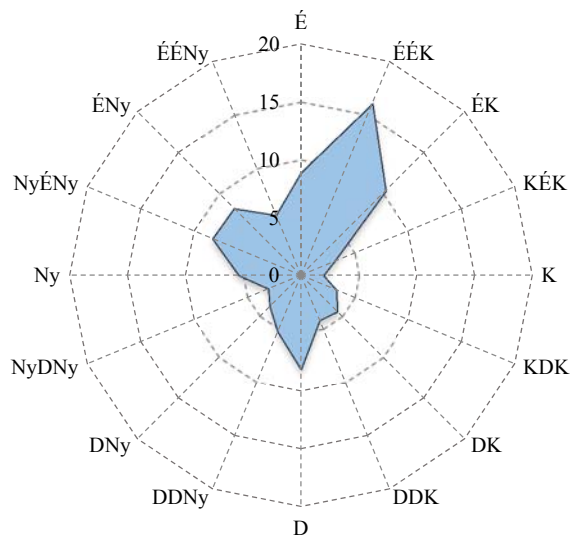
31. melléklet: Csíkszereda szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



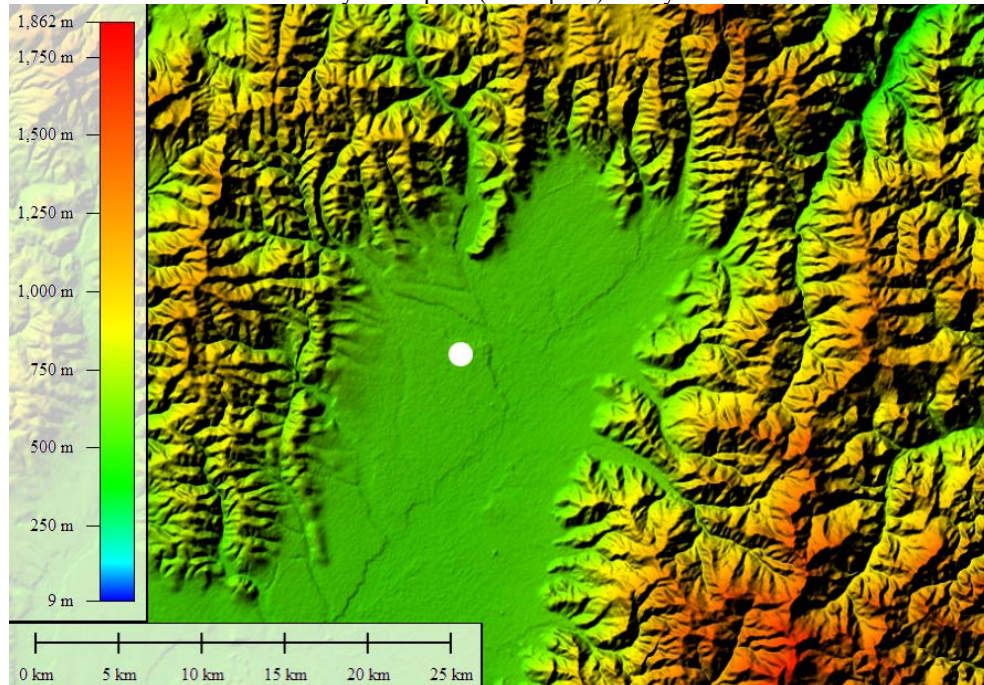
32. melléklet: A székelyudvarhelyi mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



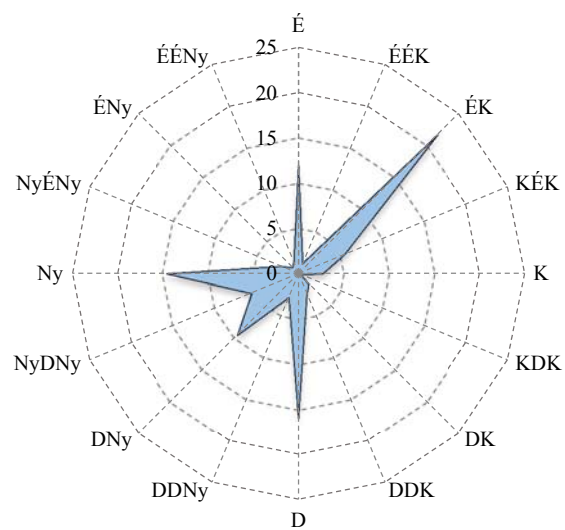
33. melléklet: Székelyudvarhely szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



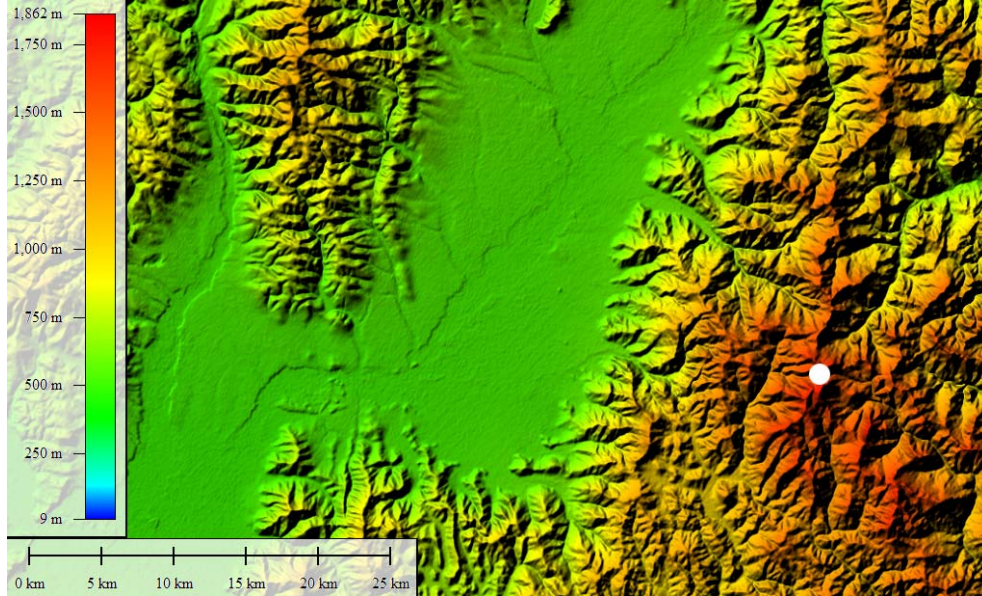
34. melléklet: A Kézdivásárhelyi mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



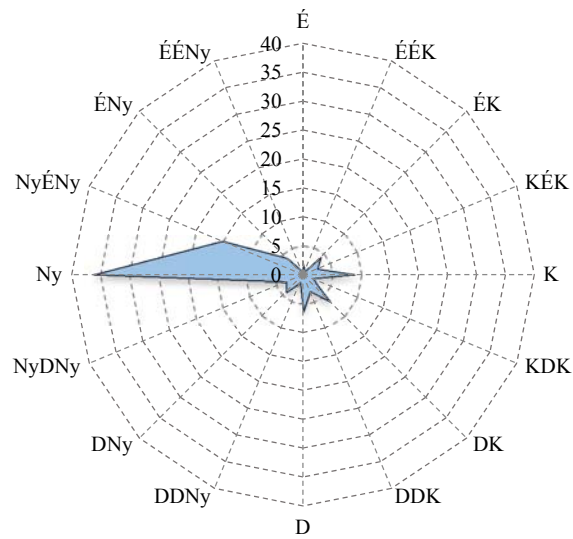
35. melléklet: Kézdivásárhely szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



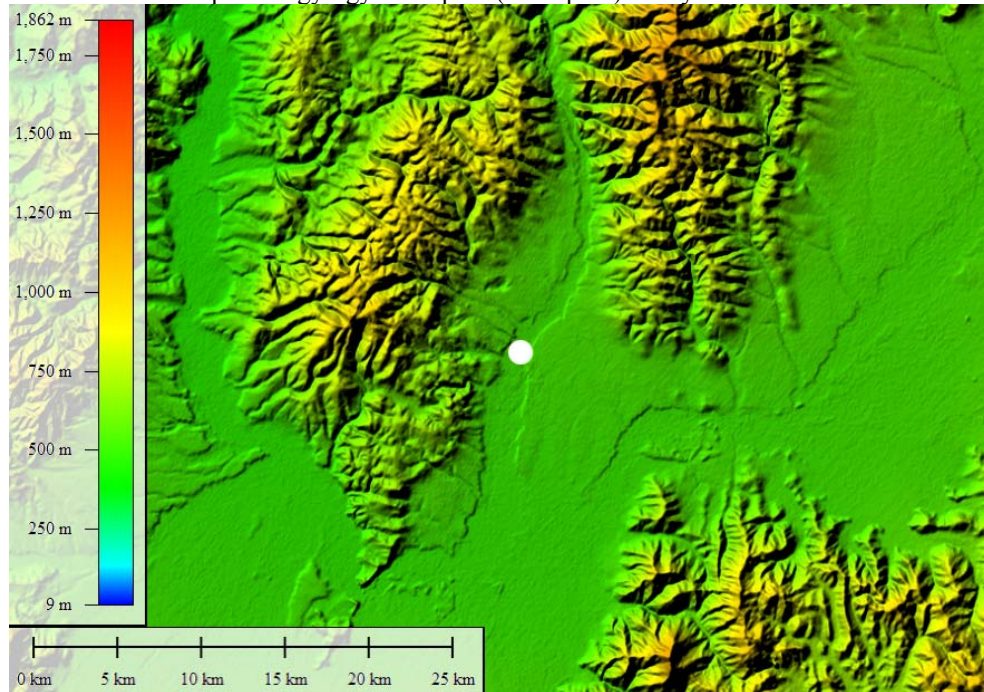
36. melléklet: A lakócai mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



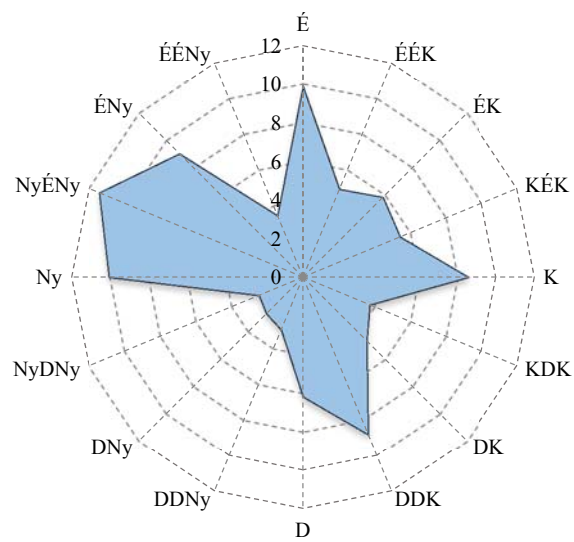
37. melléklet: Lakóca szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



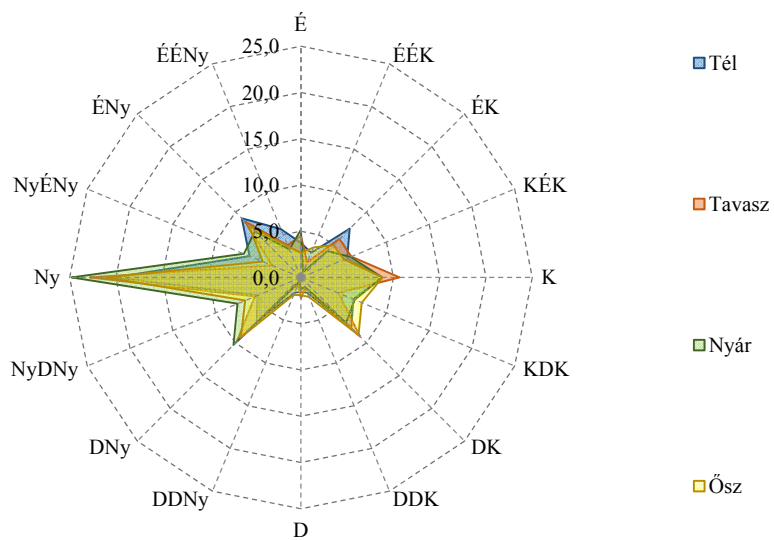
38. melléklet: A sepsiszentgyörgyi mérőpont (fehér pont) elhelyezkedése



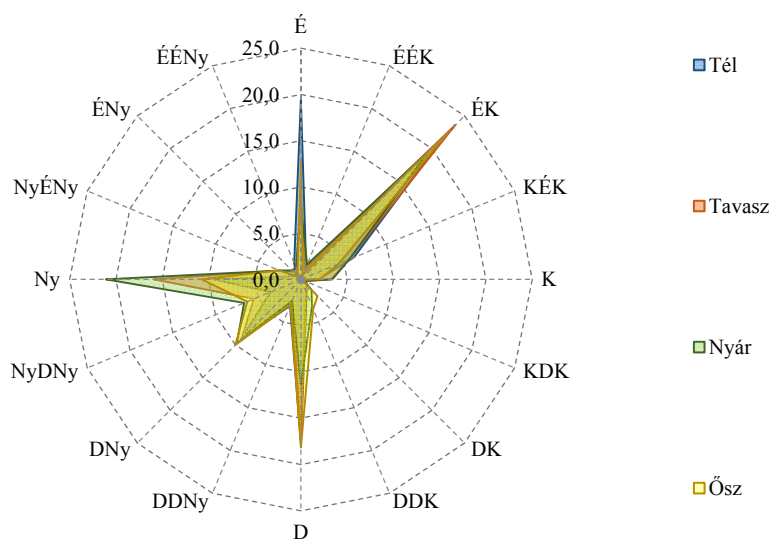
39. melléklet: Sepsiszentgyörgy szélirányainak relatív gyakorisága (%) a vizsgált időszakban (2006-2012)



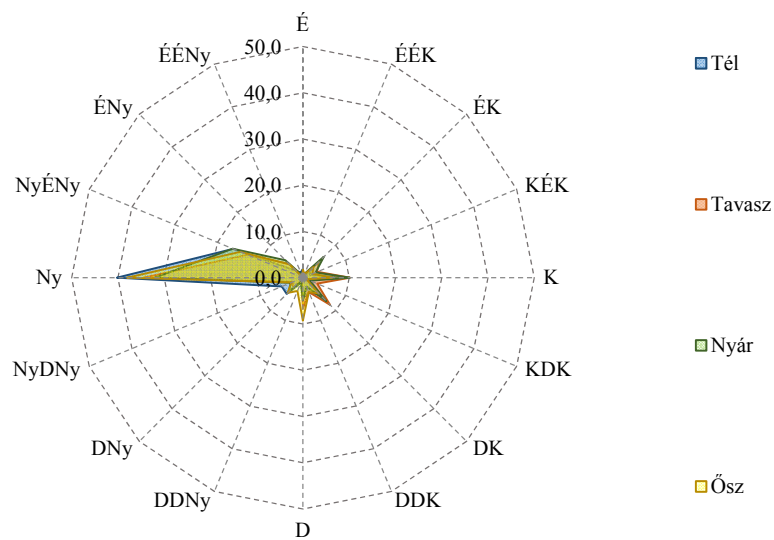
40. melléklet: A gyergyóalfalui állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



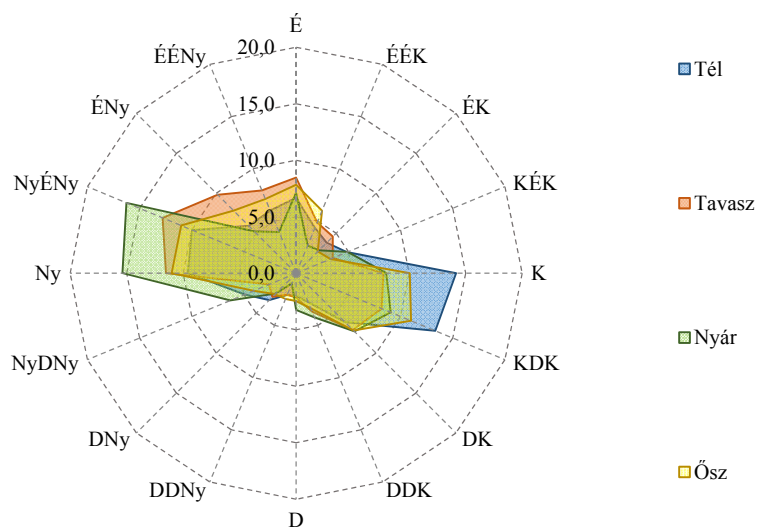
41. melléklet: A kézdivásárhelyi állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



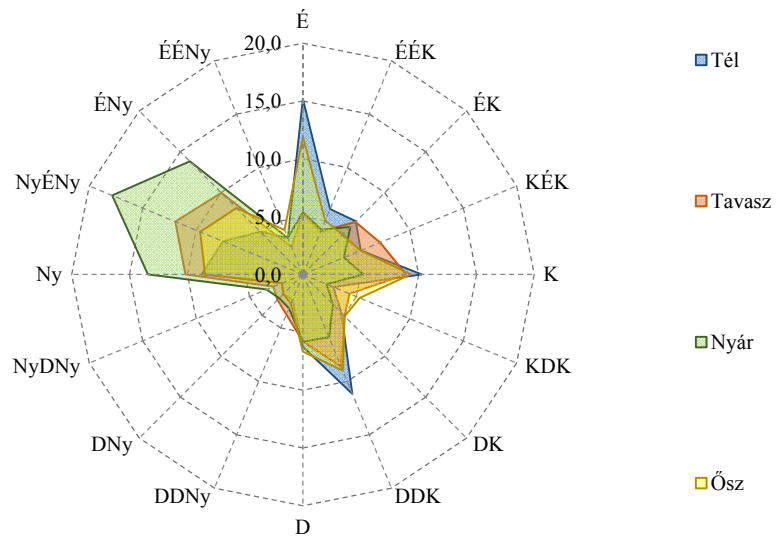
42. melléklet: A lakócai állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



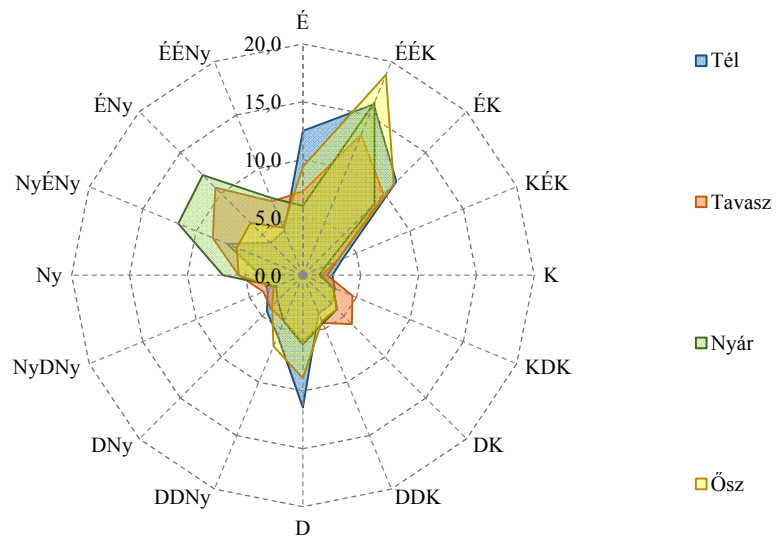
43. melléklet: A maroshévízi állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



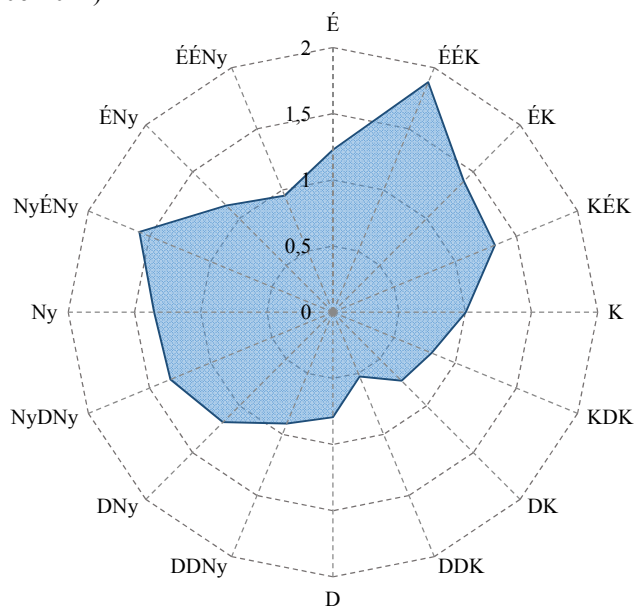
44. melléklet: A sepsiszentgyörgyi állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



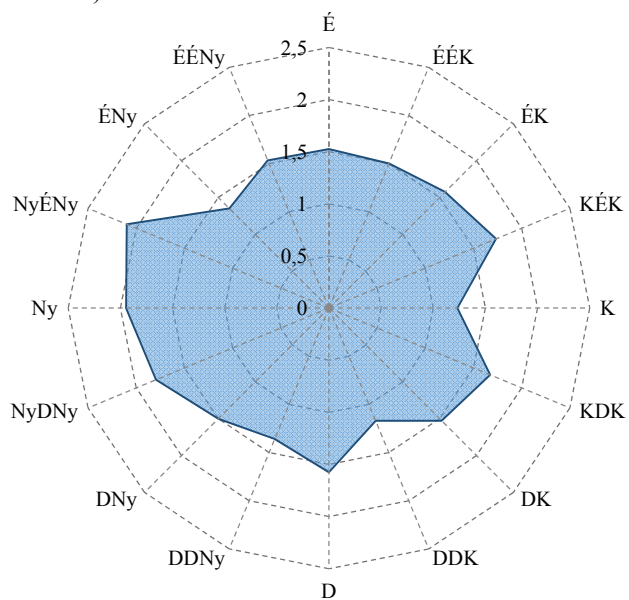
45. melléklet: A székelyudvarhelyi állomás szélirányainak relatív gyakorisága (%) évszakos bontásban



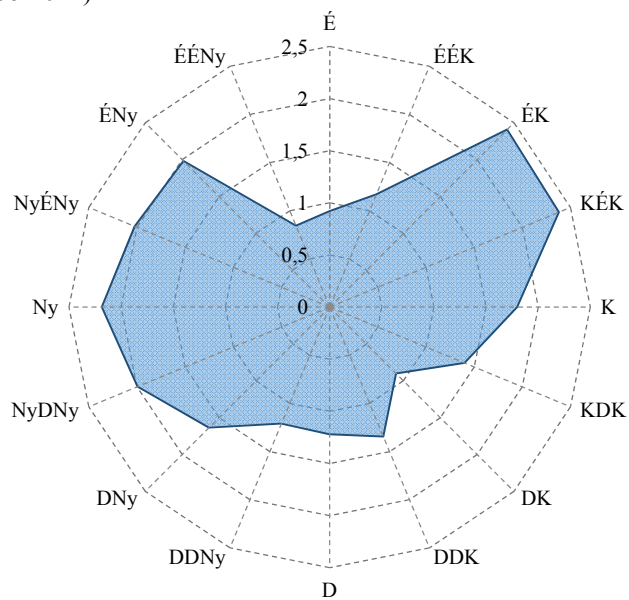
46. melléklet: A bucsin-tetői állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



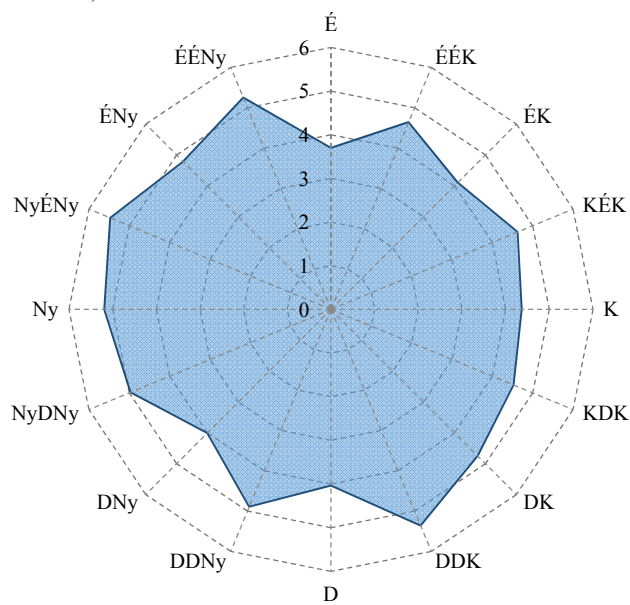
47. melléklet: A gyergyóalfalui állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



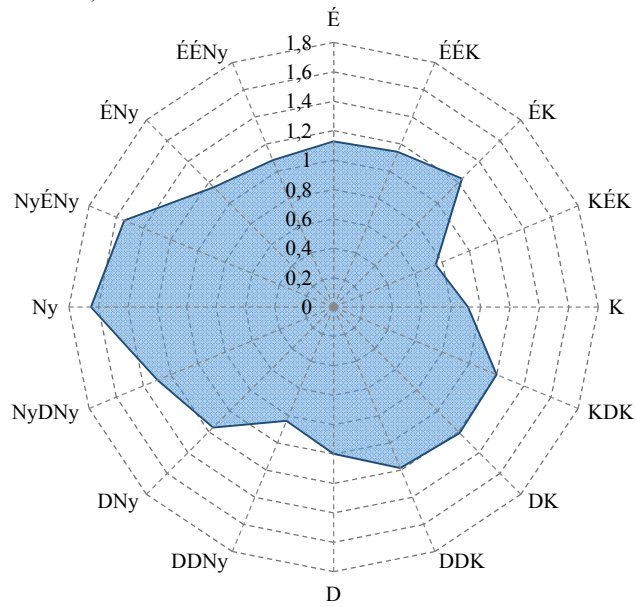
48. melléklet: A kézdivásárhelyi állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



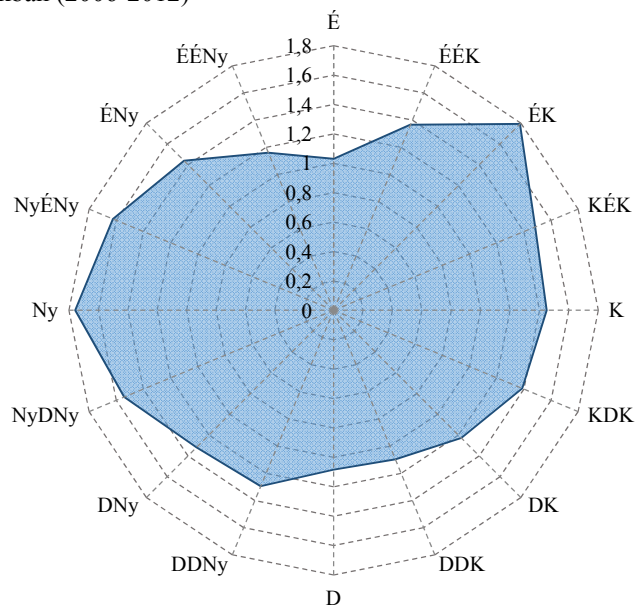
49. melléklet: A lakócai állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



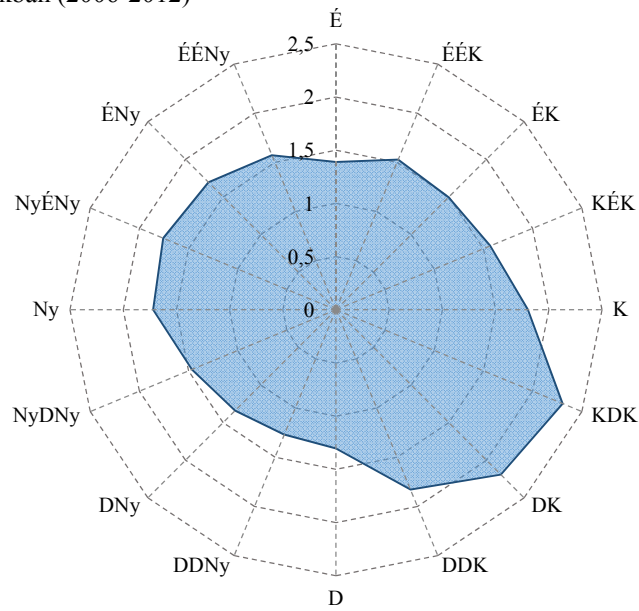
50. melléklet: A maroshévízi állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



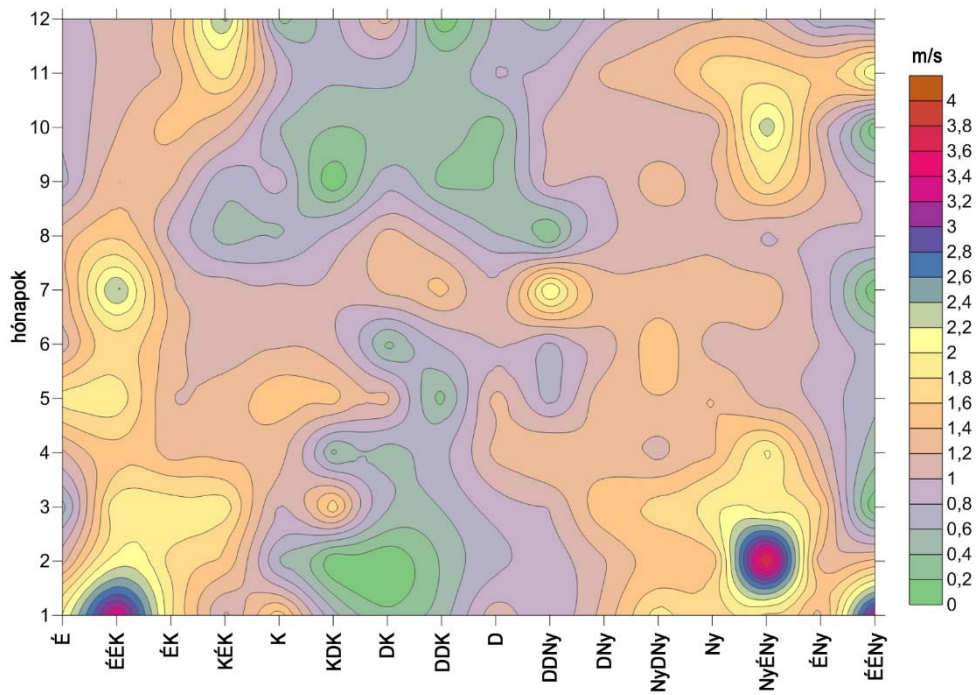
51. melléklet: A sepsiszentgyörgyi állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



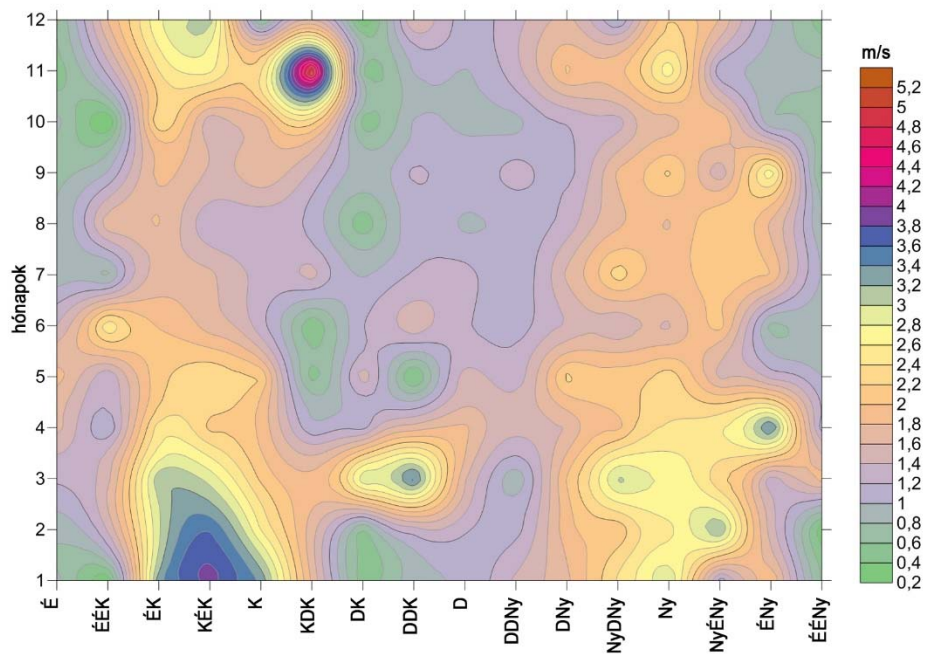
52. melléklet: A székelyudvarhelyi állomás irányok szerinti átlag szélessége (m/s) a vizsgált időszakban (2006-2012)



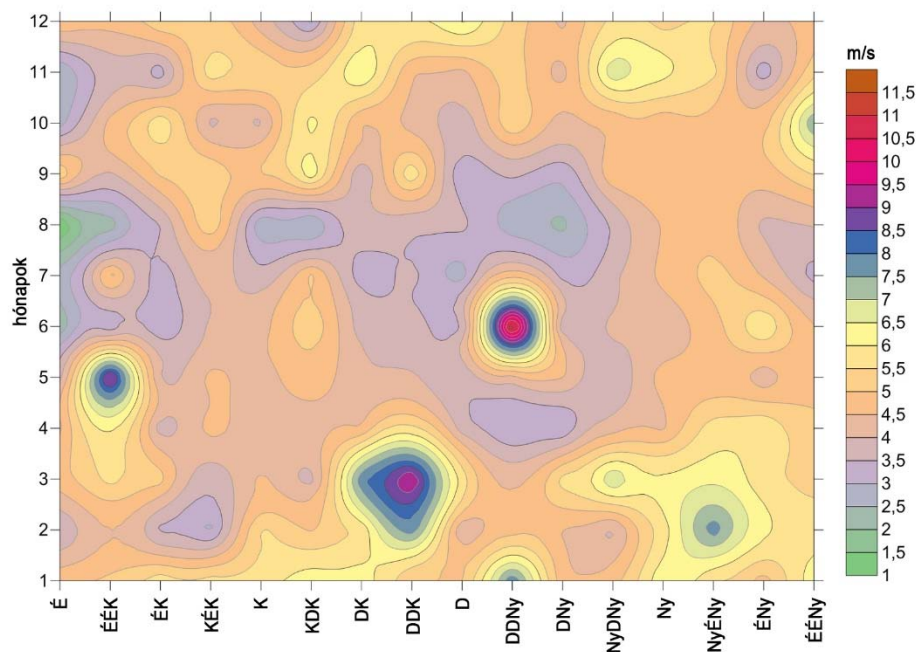
53. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete a bucsin-tetői állomáson



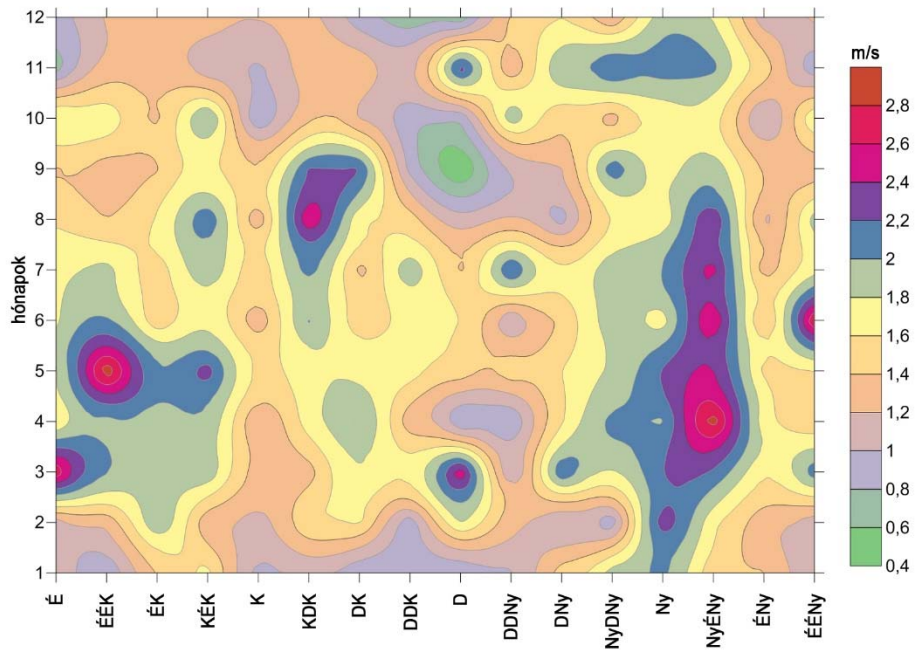
54. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete a kézdivásárhelyi állomáson



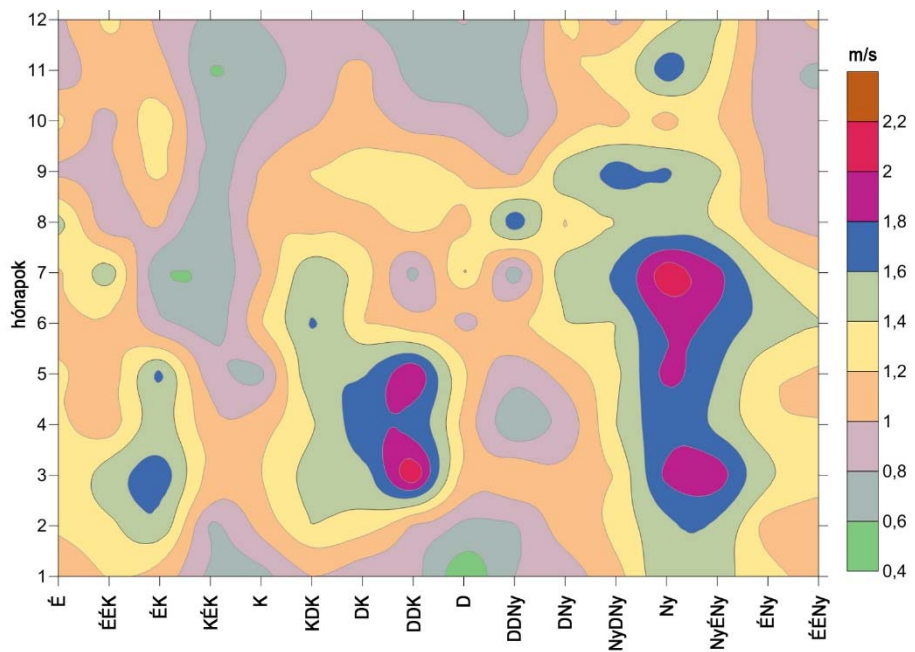
55. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete lakócai állomáson



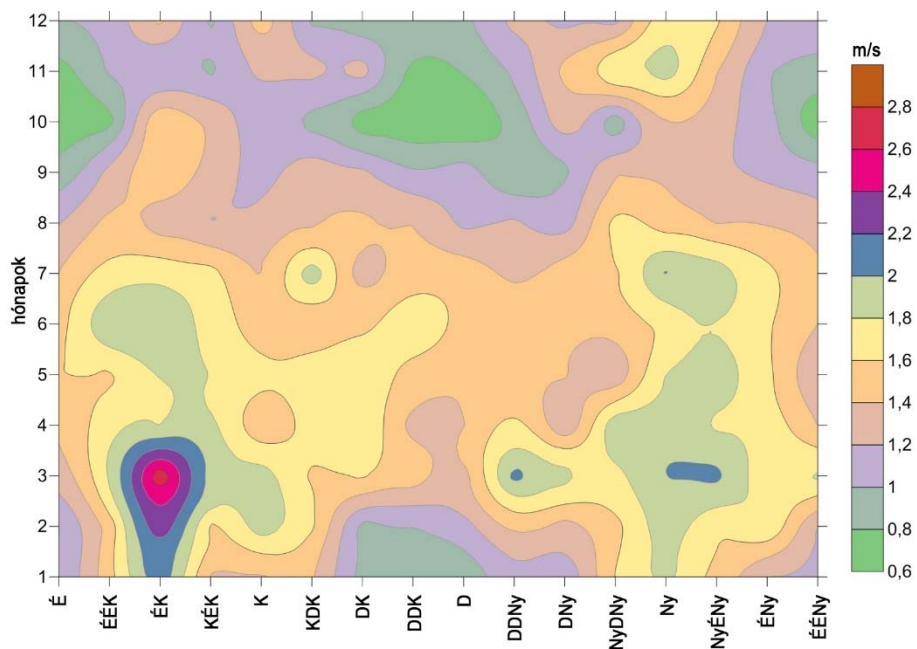
56. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete gyergyóalfalui állomáson



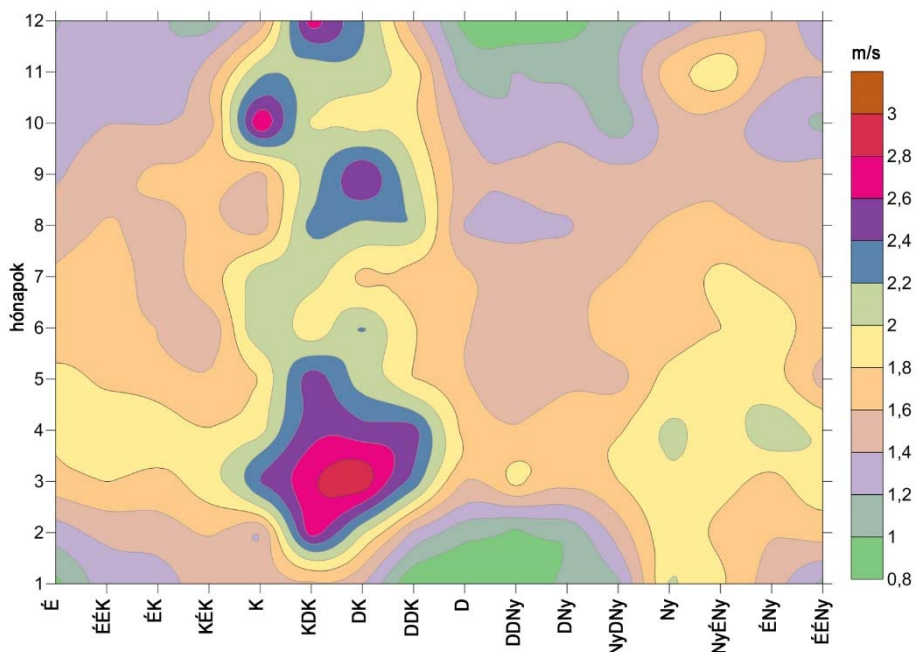
57. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete maroshévízi állomáson



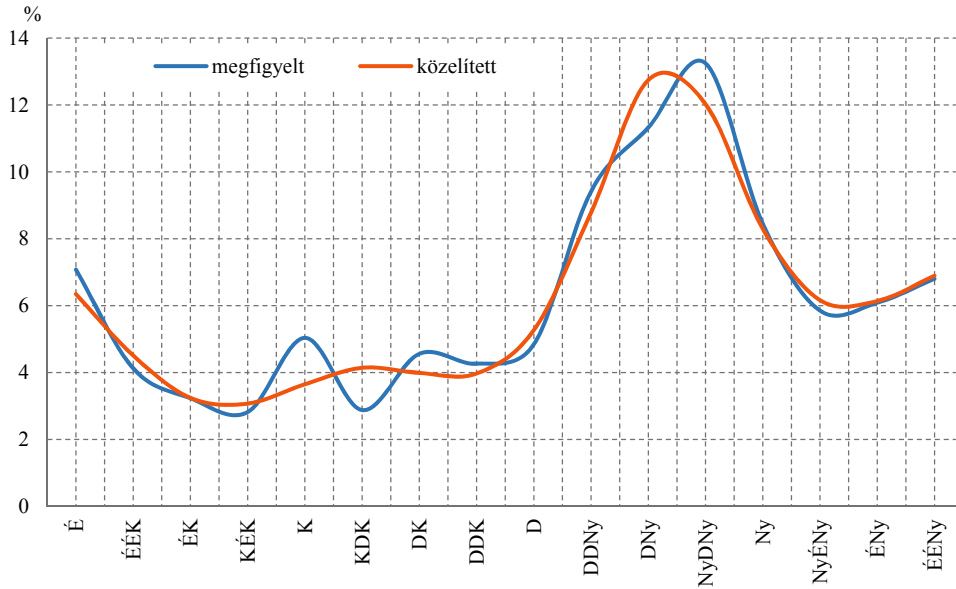
58. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete sepsiszenyörgyi állomáson



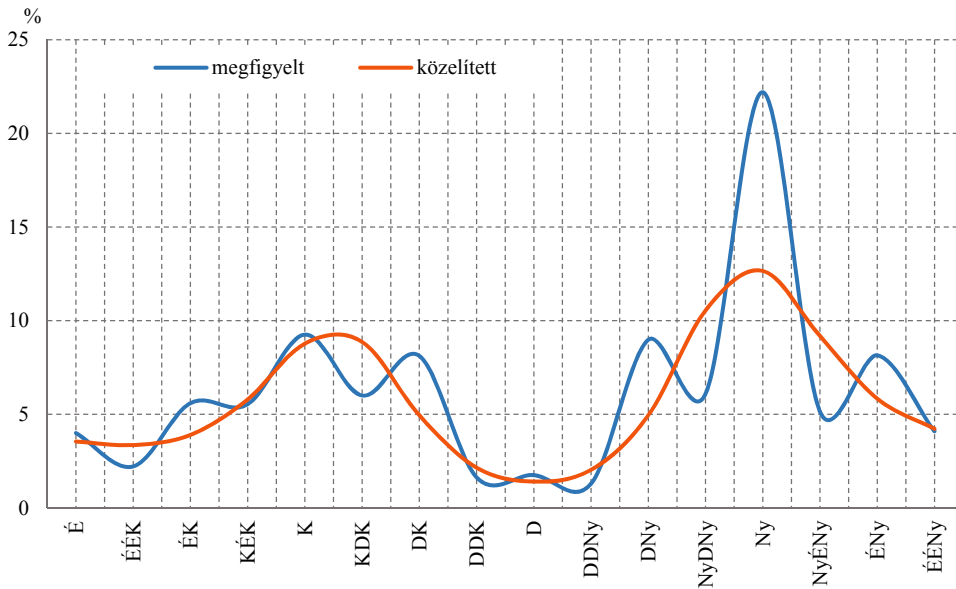
59. melléklet: A szélirányok átlag szélességének éves menete székelyudvarhelyi állomáson



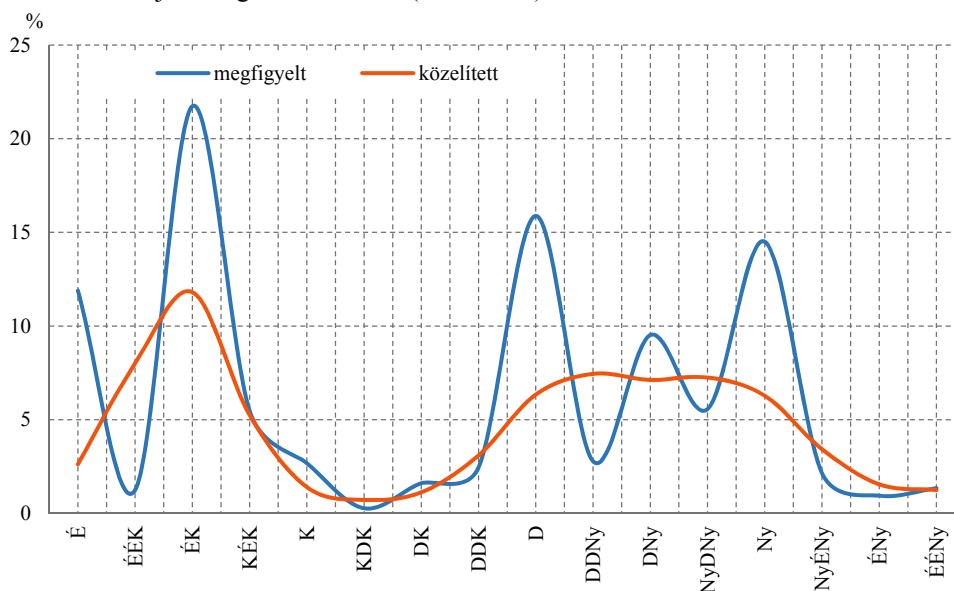
60. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a csíkszeredai állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



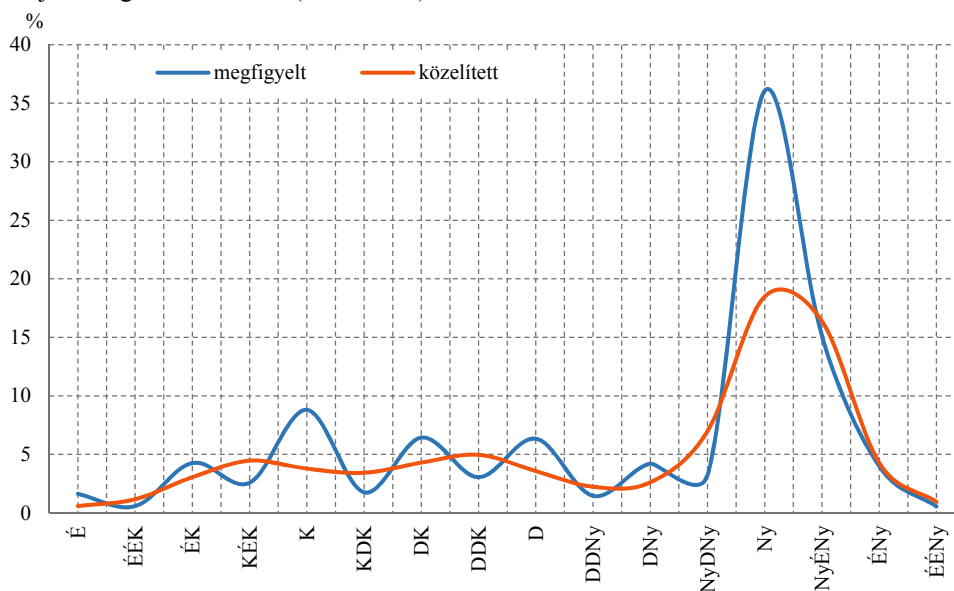
61. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a gyergyóalfalui állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



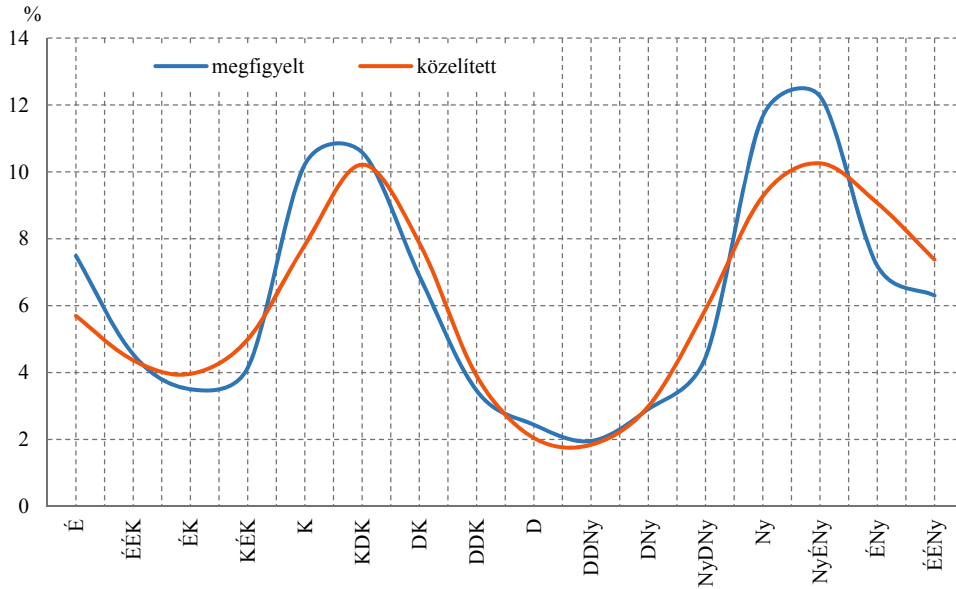
62. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a kézdivásárhelyi állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



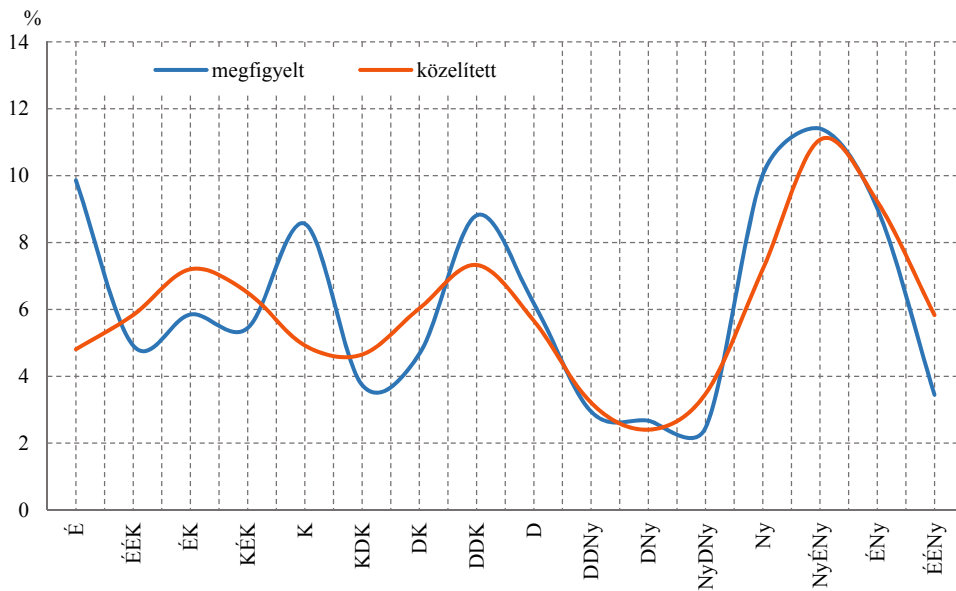
63. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a lakócai állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



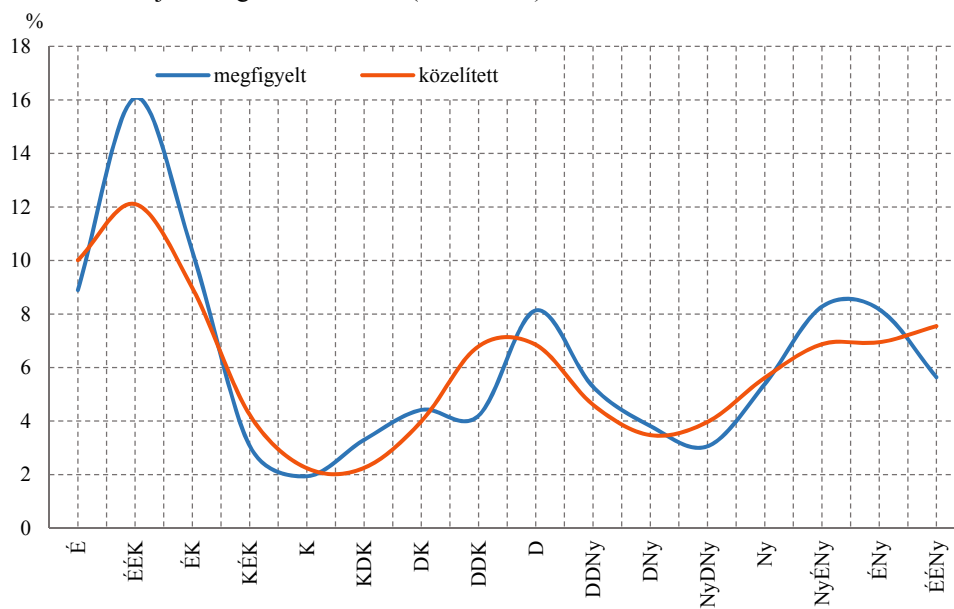
64. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a maroshévízi állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



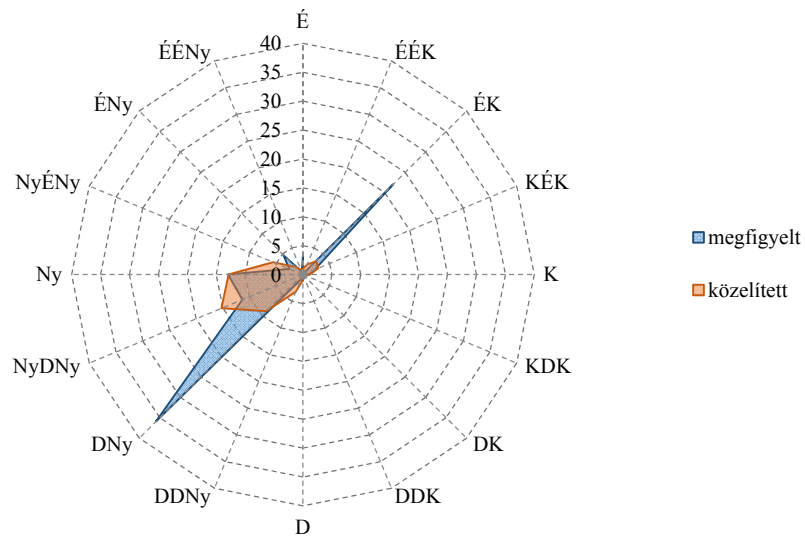
65. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a sepsiszentgyörgyi állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



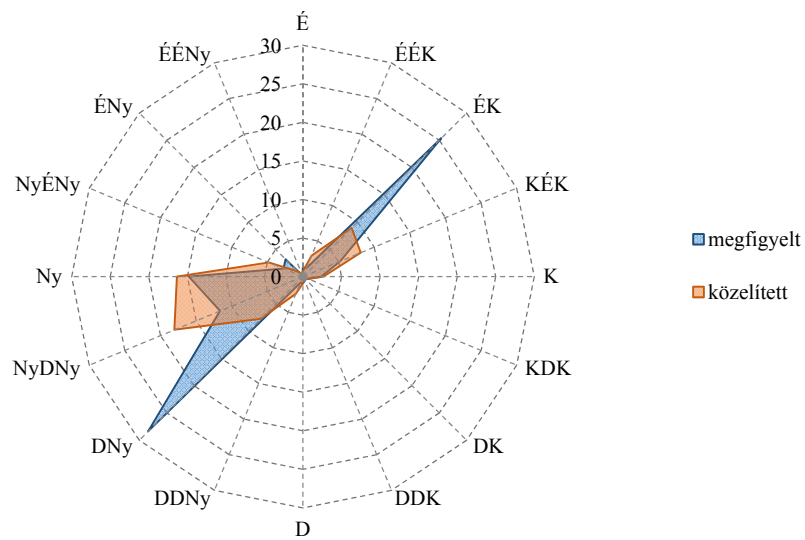
66. melléklet: A megfigyelt és közelített relatív szélirány gyakoriságok a székelyudvarhelyi állomáson a teljes vizsgált időszakban (2006-2012)



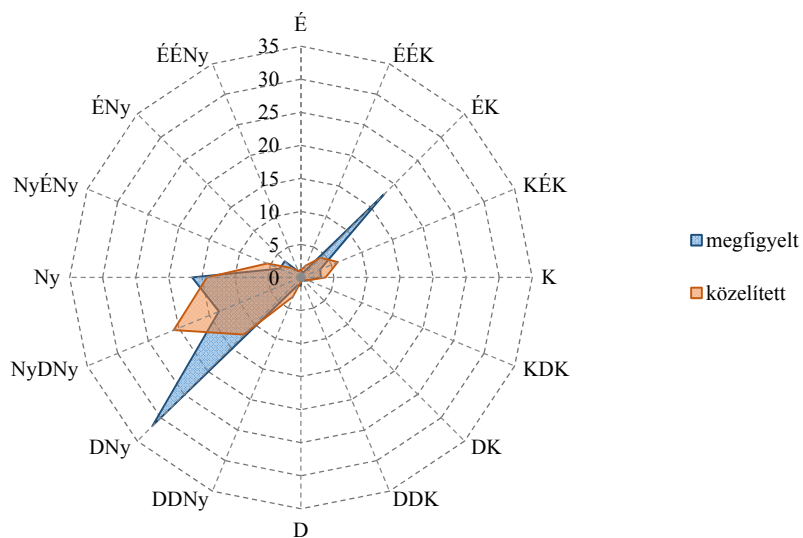
67. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a bucsin-tetői állomáson a téli negyedévben



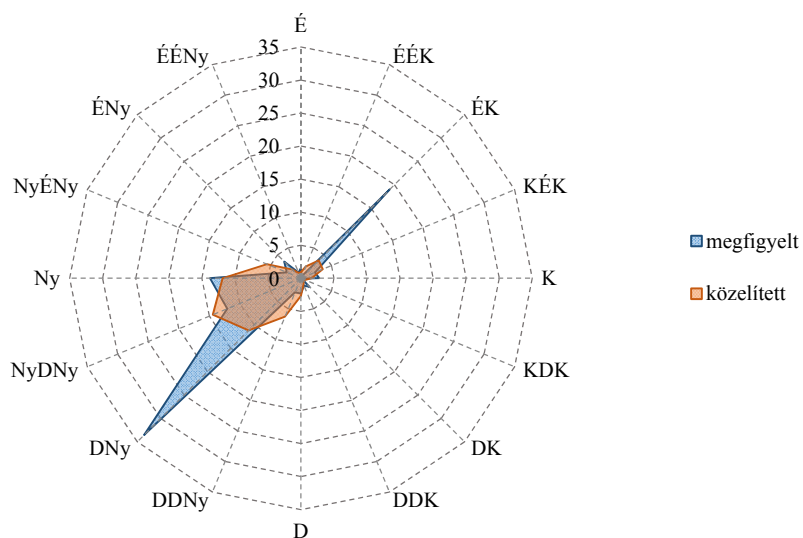
68. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a bucsin-tetői állomáson a tavaszi negyedévben



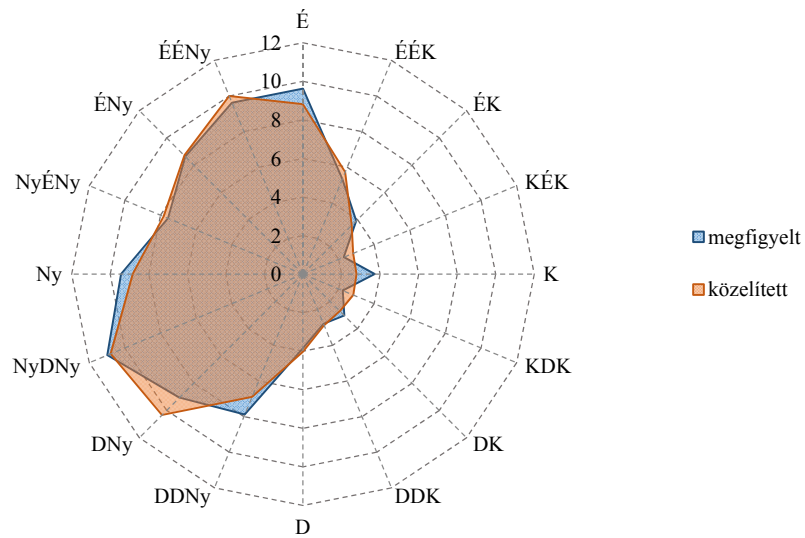
69. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a bucsin-tetői állomáson az nyári negyedévben



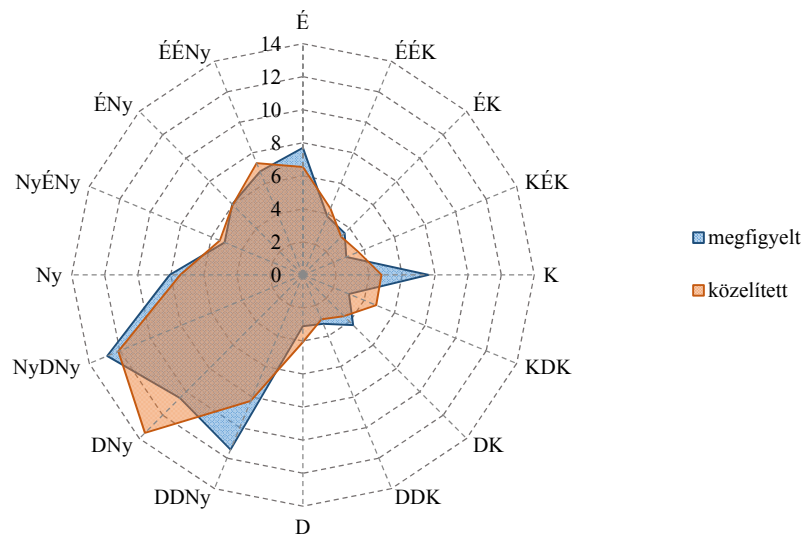
70. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a bucsin-tetői állomáson az őszi negyedévben



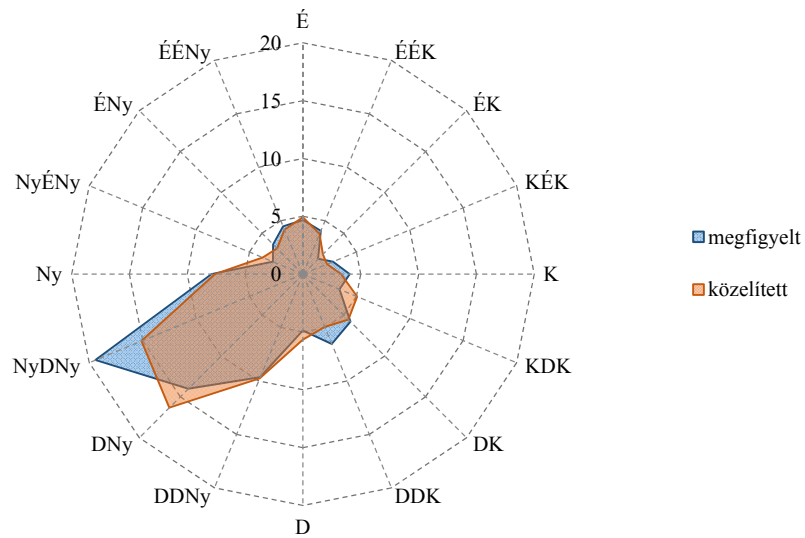
71. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson a téli negyedévben



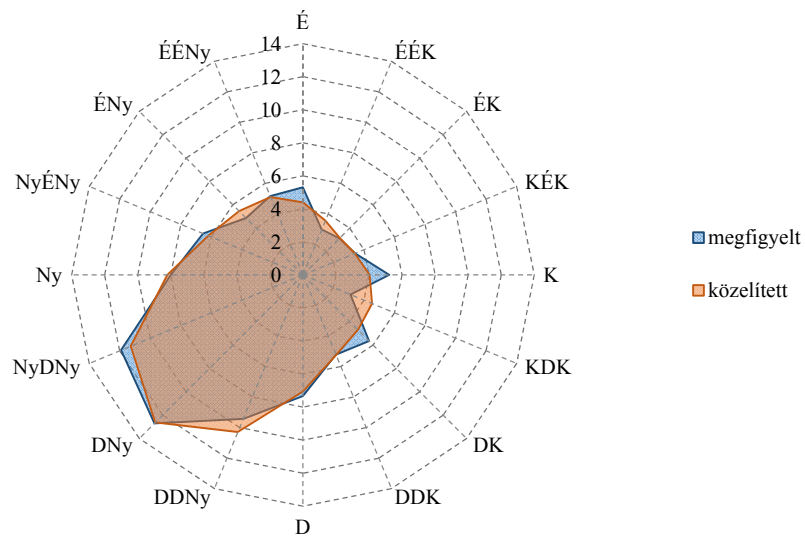
72. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson a tavaszi negyedévben



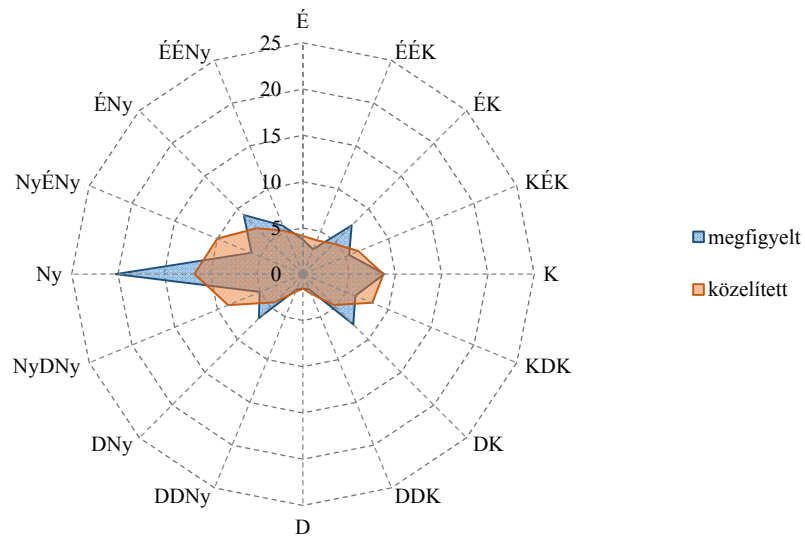
73. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson a nyári negyedévben



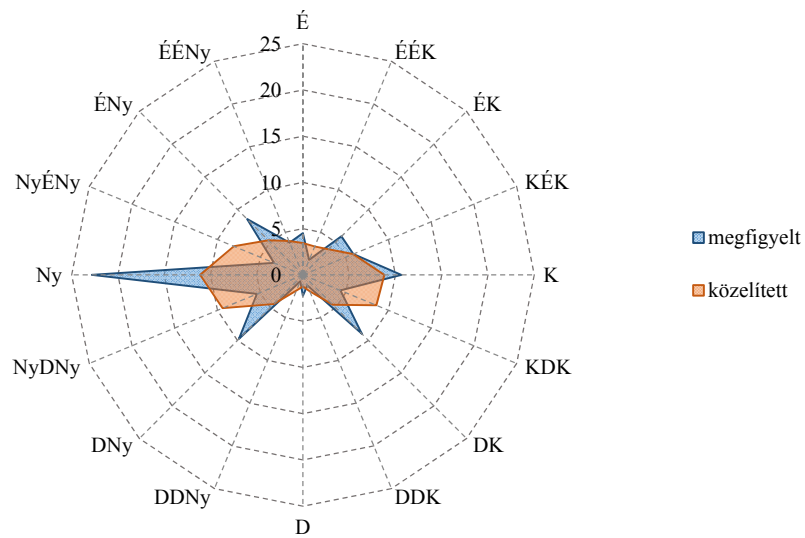
74. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a csíkszeredai állomáson az őszi negyedévben



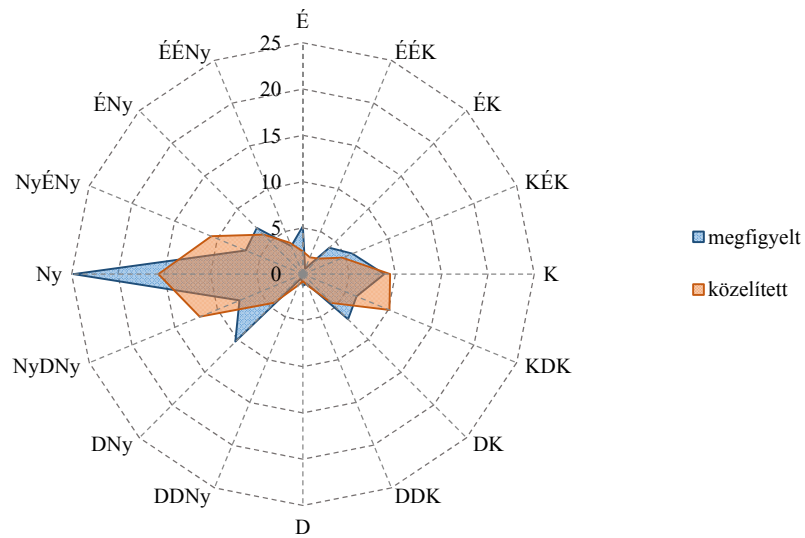
75. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a gyergyóalfalui állomáson a téli negyedévben



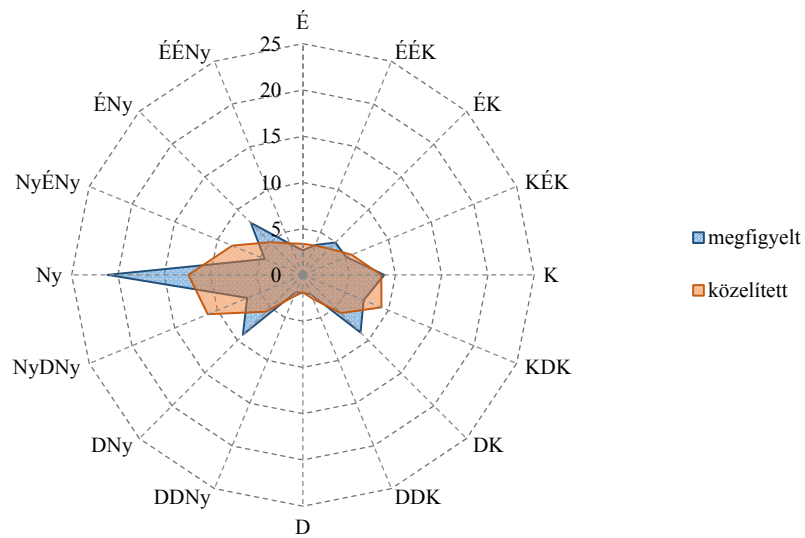
76. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a gyergyóalfalui állomáson a tavasi negyedévben



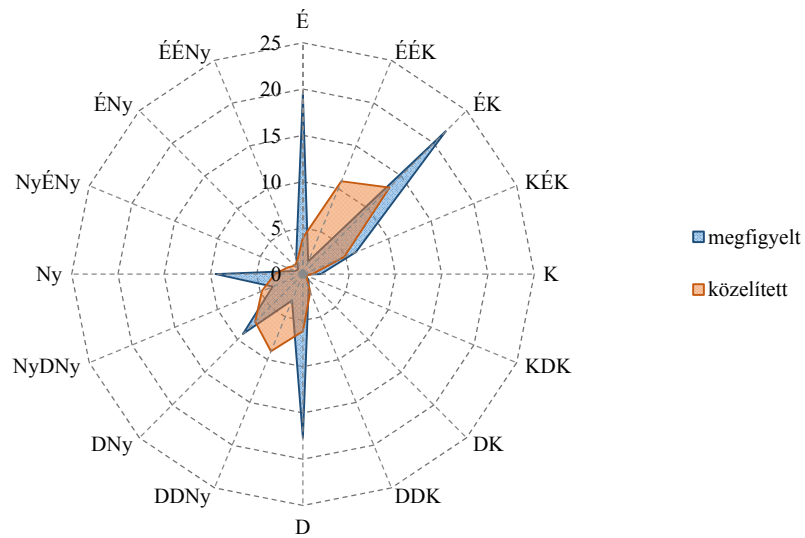
77. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a gyergyóalfalui állomáson a nyári negyedévben



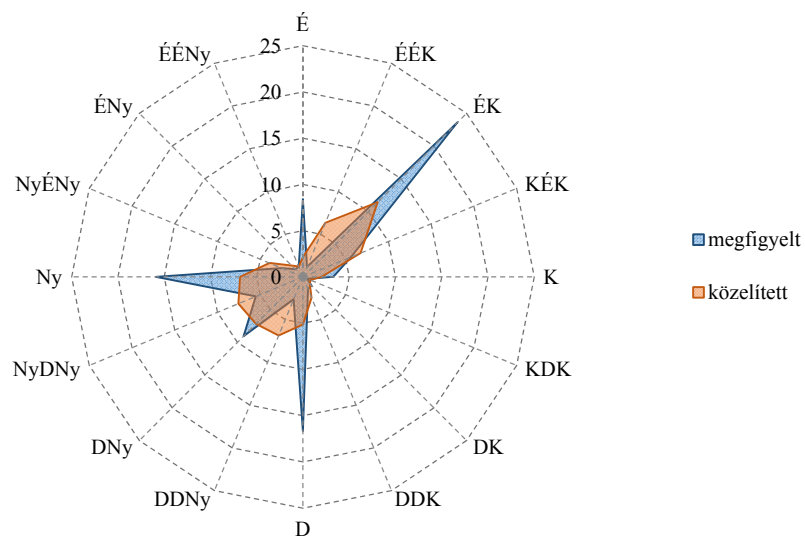
78. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a gyergyóalfalui állomáson az őszi negyedévben



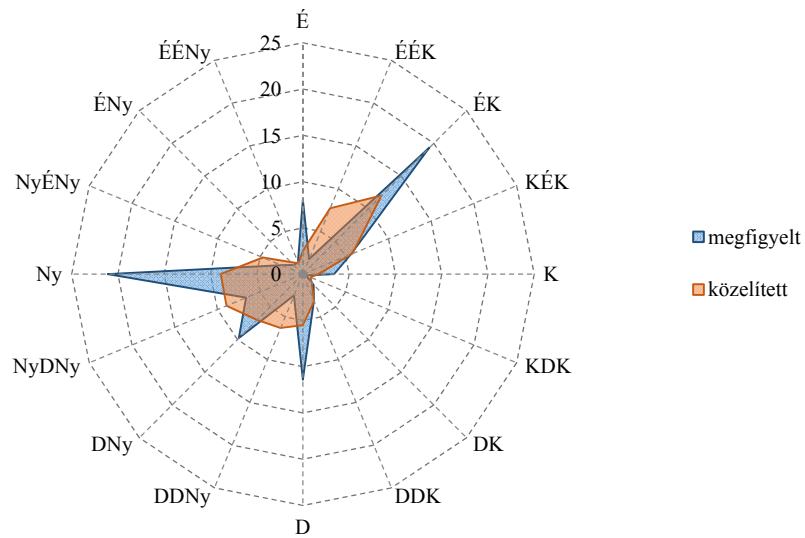
79. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a kézdivásárhelyi állomáson a téli negyedévben



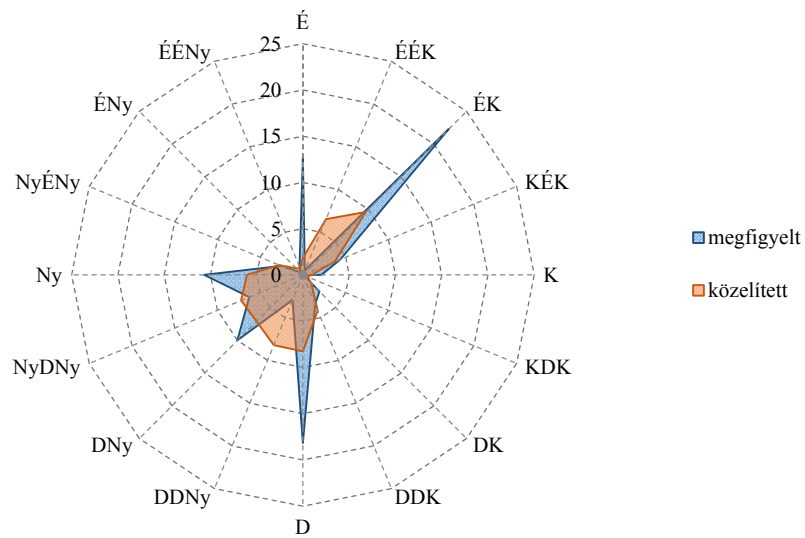
80. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a kézdivásárhelyi állomáson a tavaszi negyedévben



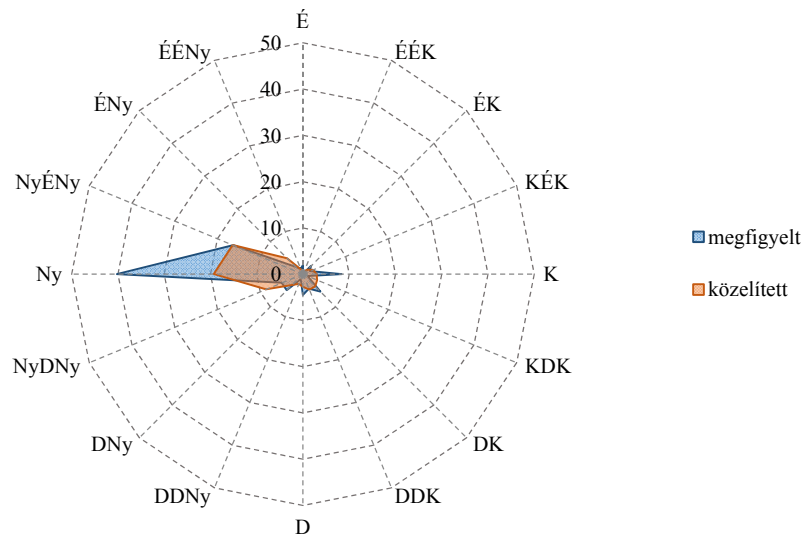
81. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a kézdivásárhelyi állomáson a nyári negyedévben



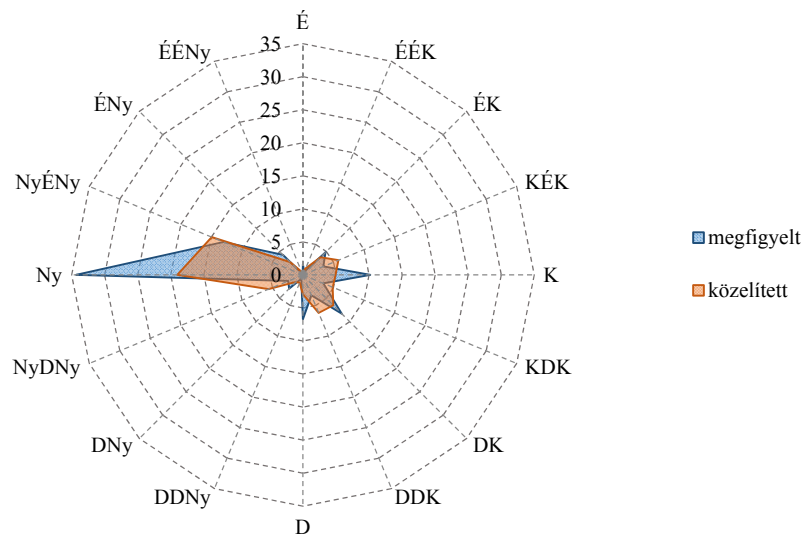
82. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a kézdivásárhelyi állomáson az őszi negyedévben



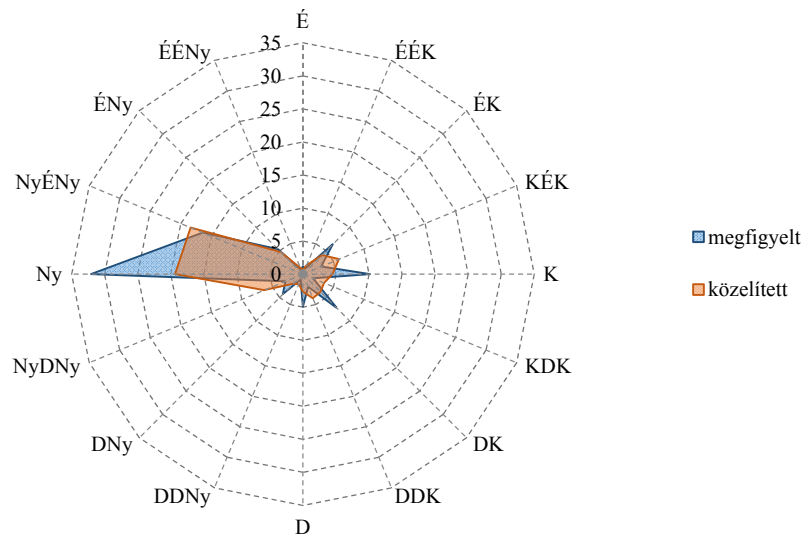
83. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a lakócai állomáson a téli negyedévben



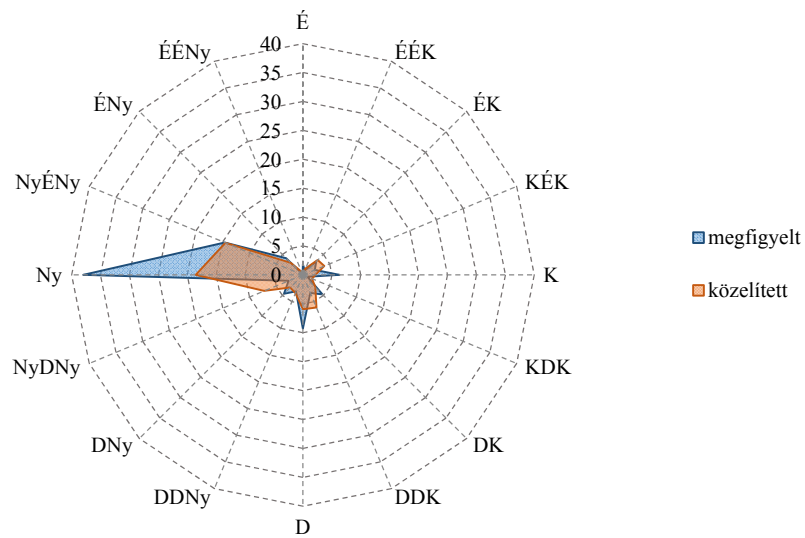
84. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a lakócai állomáson a tavaszi negyedévben



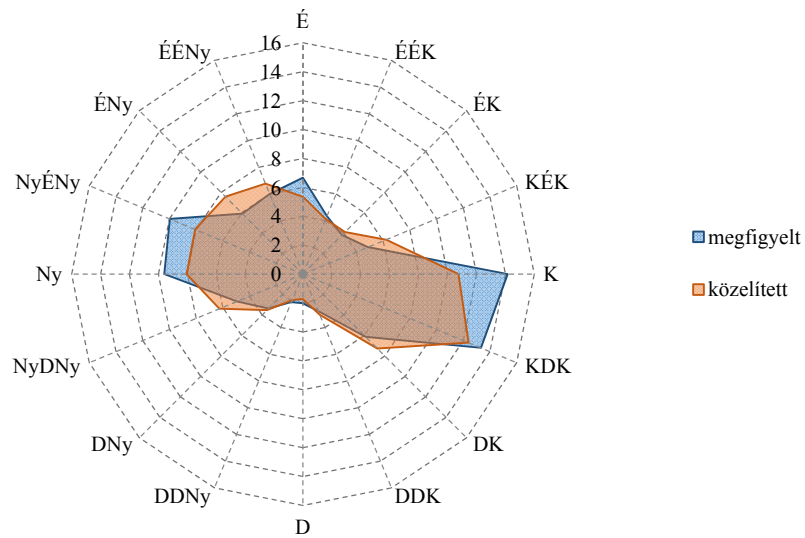
85. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a lakócai állomáson a nyári negyedévben



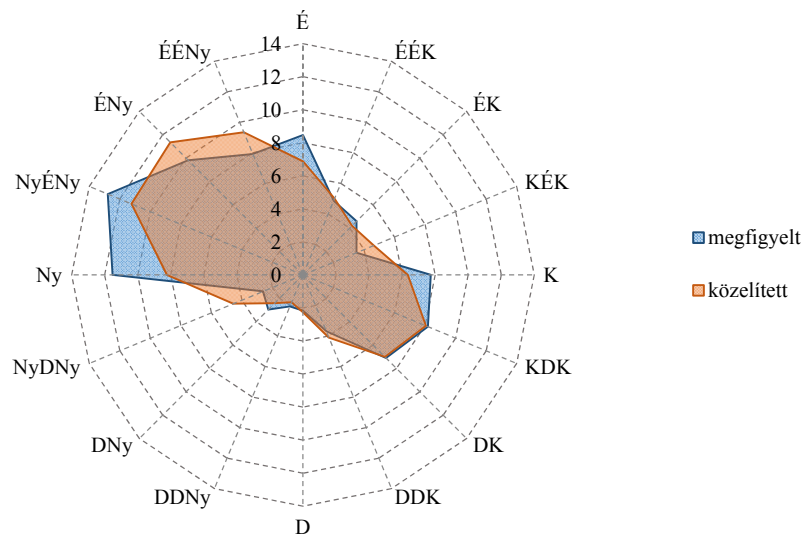
86. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a lakócai állomáson az őszi negyedévben



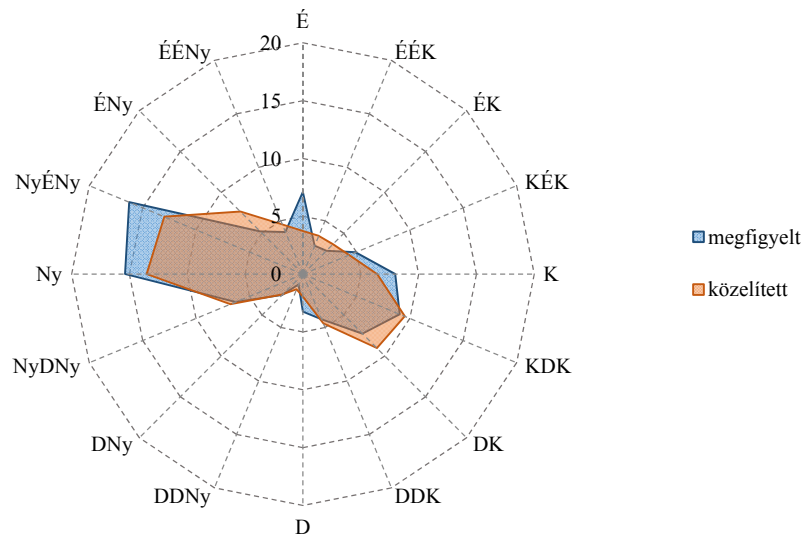
87. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a maroshévízi állomáson a téli negyedévben



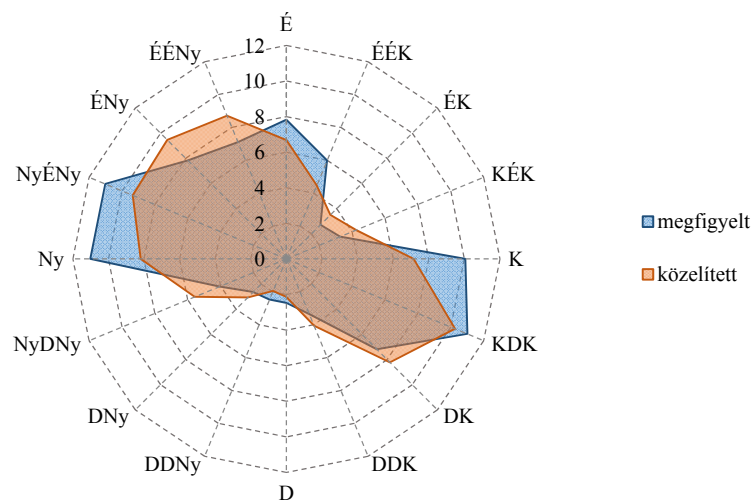
88. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a maroshévízi állomáson a tavaszi negyedévben



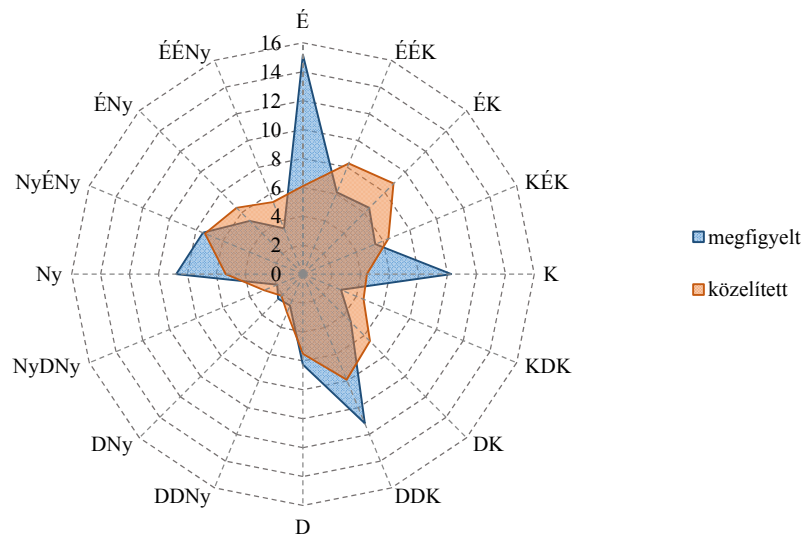
89. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a maroshévízi állomáson a nyári negyedévben



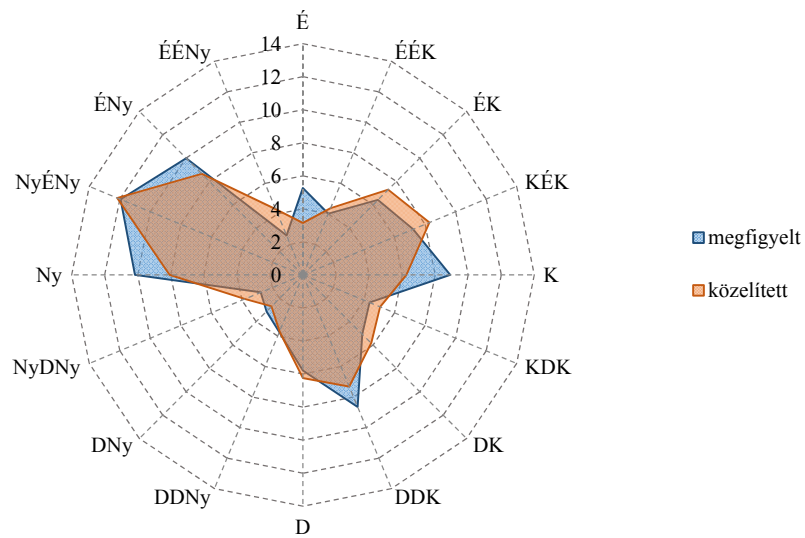
90. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a maroshévízi állomáson az őszi negyedévben



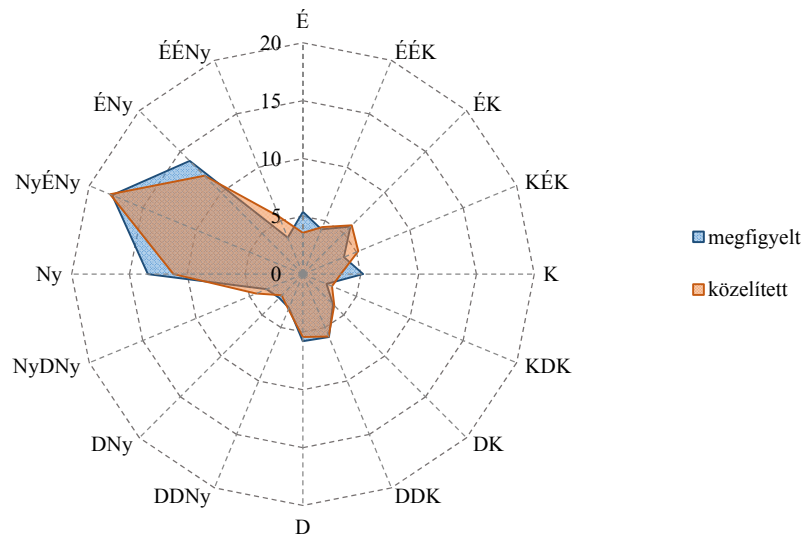
91. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a sepsiszentgyörgyi állomáson a téli negyedévben



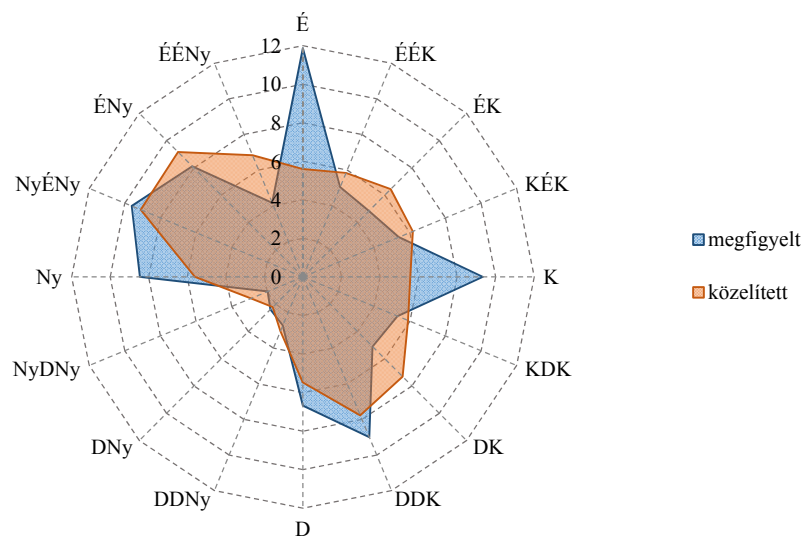
92. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a sepsiszentgyörgyi állomáson a tavaszi negyedévben



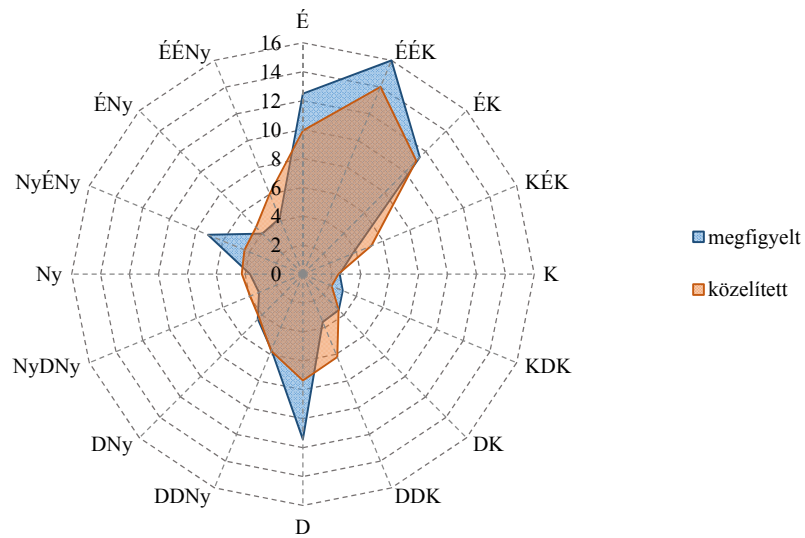
93. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a sepsiszentgyörgyi állomáson a nyári negyedévben



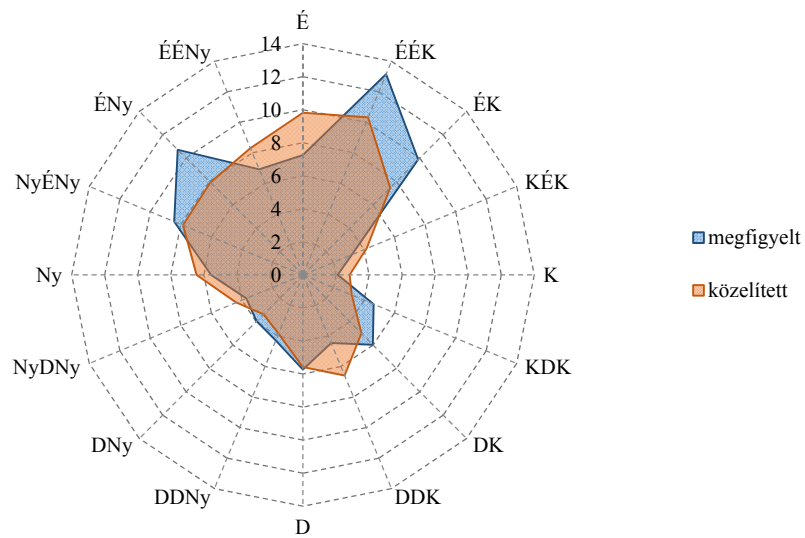
94. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a sepsiszentgyörgyi állomáson az őszi negyedévben



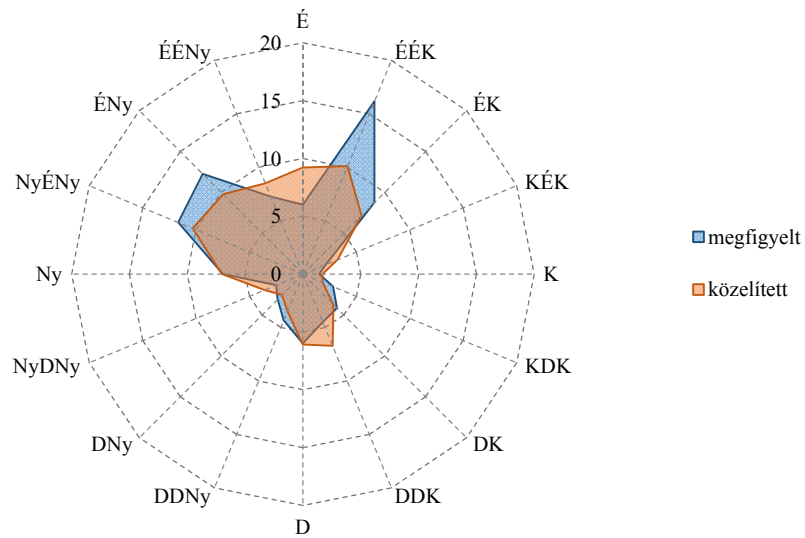
95. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a székelyudvarhelyi állomáson a téli negyedévben



96. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a székelyudvarhelyi állomáson a tavaszi negyedévben



97. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a székelyudvarhelyi állomáson a nyári negyedévben



98. melléklet: A megfigyelt és közelített szélirányok relatív gyakorisági (%) eloszlása a székelyudvarhelyi állomáson az őszi negyedévben

