

XI. Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia

Kolozsvár, 2008 május 23-24

A vertikális szélprofil időbeni változásának vizsgálata és ennek hatása az energiaszolgáltató rendszerek működtetésére

Szerzők

Lázár István, Földrajz Kar, Földrajz Szak, III év

Reman Apollónia, Földrajz Kar, Földrajz Szak, II év

Témavezető

Bartók Blanka

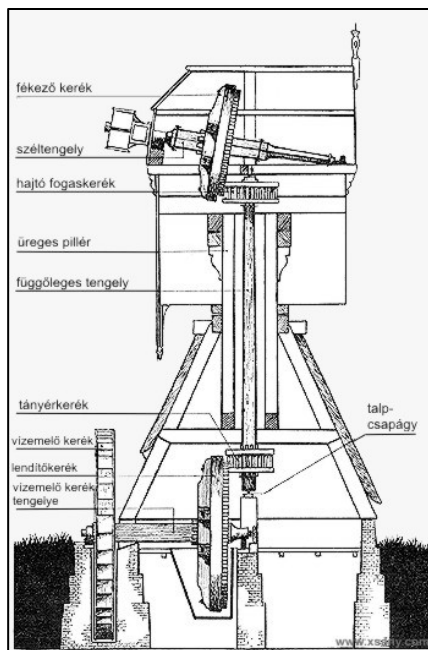
Óraadó tanársegéd BBTE, Földrajz Kar

1. Bevezető

A XXI. században az emberiségnek egyik nagy feladata, hogy a kimerüléshez közel álló fosszilis tüzelőanyagokat új, alternatív megújuló energiaforrásokra cserélje, és a környezeti szennyezést lényegesen csökkentse. E feladat megoldása rendkívül fontos az emberiség túlélése, illetve a Föld ökológiájának megőrzése szempontjából¹.

Az egyik, nagy mennyiségben rendelkezésre álló megújuló energiaforrásunk a mozgó légtömegek kinetikus energiája. Ennek az energiának a hasznosítása úgy oldható meg, hogy a szél mozgási energiája az ún. rotorok (szélkerék) által egy generátort, vagy egy mechanikus szerkezetet hajt meg, amely ezt átalakítja mechanikus energiává, illetve elektromos árammá.

A szélenergia hasznosításának története azt mutatja, hogy elődeink sokáig a szélenergián kívül nem is ismertek más olyan energiát, melyet a szolgálatukba állíthattak volna. A szélnek köszönhetjük, hogy a bátor felfedezők eljutottak a világ ismeretlen helyeire. Sok megvalósult és meg nem valósult találmányt terveztek ennek a kiszámíthatatlan, de mindig jelenlévő energiának a hasznosítására.



1. Ábra A szélerőgép vázlatos felépítése

¹ http://www.agraroldal.hu/energia-2_cikk.html

A szélenergiát örök idők óta használja az emberiség, de csak a XX. század második felétől terjedt el a szél, mint villamos energia elállítására alkalmas energiaforrás felhasználása. Mára viszont elmondható hogy a szélenergiát főleg ilyen célból hasznosítják.

A szél teljes mozgási energiáját 100 kW teljesítményűre becsülik, azonban ennek csak bizonyos hányadát lehet hasznosítani². A szél munkavégző képessége a szélesebségnek a harmadik hatványával arányos. A gazdasági megfontolások azt mutatják, hogy a szelet elsősorban azokon a vidékeken érdemes kiaknázni, ahol a szélesebség évi átlaga meghaladja a 4-5 m/s értéket (forrás: http://www.agraroldal.hu/energia-2_cikk.html).

A szélturbinák megtervezése, megépítése és üzembe helyezése drága, de egy teljes, 250 kW teljesítményű szélerőmű létesítése Németországban kW-ra számolva 1300-3000 Euró-ba kerül. Ha azonban bevált, sorozatban gyártott szélturbinákat állítanak üzembe, a magas költségek hosszú élettartammal és kis meghibásodási eséllyel párosulnak. Ezen kívül a szélerőművek létesítését Németországban, Nagy-Britanniában és máshol különböző energiapolitikai programok keretében államilag támogatják.

Évi 1 millió kW/h elektromos energia termeléséhez elegendő számú szélturbinának kb. 11 700 ha területre van szükség, de valós térigényük ebből csak 230 ha. Így a terület többi része legeltetésre, zöldség vagy más növény termesztésére hasznosítható.

Az első "szélfarm" Nagy-Britanniában létesült 1990-ben. Ma már 19 ilyen szélfarm működik, és 3 építése folyik. A legnagyobb brit szélfarm (Llandinam, Wales) 103 turbinája 4 km² területen fekszik, összkapacitásuk 30,9 MW. Évente kb. 100 millió kW/h áramot termelnek, és ezzel kiküszöbölik a fosszilis energia felhasználásából származó kb. 100 000 t széndioxidnak, 1400 t kéndioxidnak és 250 t nitrogénoxidnak a brit légtérbe jutását³.

A tapasztalat azt mutatja, hogy nem mindenütt adott minden feltétel (megfelelő szélesebség, ökológiai feltételek) a szélenergia hasznosítására. Annak ellenére, hogy a szélerőműveknek nincs szennyezőanyag kibocsátásuk, meg kell említenők néhány olyan problémát, amivel egy beruházáskor, vagy a tervezéskor szembesülhetünk.

A szélerőművek hátrányai között a magas költségük mellett zajosságukat, tájképrontó és madárpusztító hatásukat szokták említeni. A széllapátok forgása által keltett zaj a szél erősödésével valóban fokozódik, és nem mindenki tűri egyformán. Azonban a zaj a lapátok anyagának változtatásával, halkabban működő sebességváltóval, a torony vibrációjának csökkentésével és zajszigeteléssel csökkenthető. A tájképet zavaró hatáson is lehet segíteni

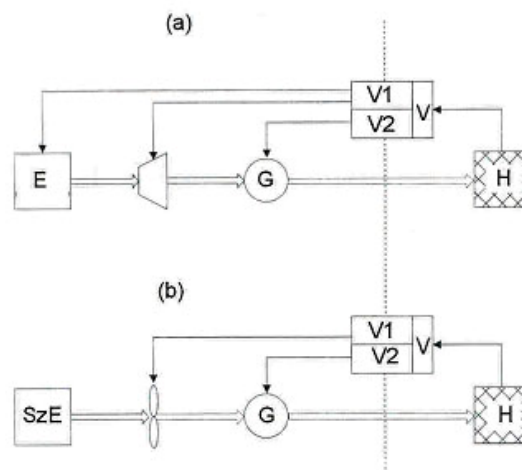
² Ua

³ www.omgk.hu

egyrészt a turbinák megválogatott, ökológiailag és látványilag legelőnyösebb elhelyezésével, más részt a hosszú soros helyett a csoportos telepítéssel. A sok kisebb szélmotor is jobban rontja a látképet, mint néhány nagyobb. A madarak rotorlapátok általi elpusztítása jórészt elkerülhető, ha a szélfarmok létesítésekor figyelembe veszik a madárvonulások útvonalát. Ennek ellenére volt rá példa, hogy az anyagi érdekek felülkerekedtek az előírt szabályokon.

Mindezek után a szélerőművek legnagyobb hátránya, hogy energiatermelésük nem konstans. Ebből a hátrányból fakadóan jelentős problémát okoz a rendszerüzemeltető számára, hogy mikor és mekkora mennyiségű energiamentyiséget tápláljon a központi hálózatra. Ennek kiküszöbölésére alkalmazzák a hibrid rendszereket (napenergia, biomassza), amelyek valamelyest enyhítik a az energia ingadozását. A másik megoldásként megemlítendő az áramraktározó szerepet betöltő akkumulátorok. Az ilyen rendszerbe beépített akkumulátorok, speciális akkumulátorok, un. szolár akkumulátorok. Ezekre jellemző, hogy jól tűrik a sokszori kisütést és feltöltést, tehát sokszor ciklizálhatóak, a mélykisütésre kevésbé érzékenyek. Élettartamuk napjainkban akár 7-10 évig is terjed és viszonylag kevés karbantartást igényelnek⁴.

A korszerű szélerőművek rendszertechnikailag alapvetően hasonlítanak más energiaforrással működő erőművekhez. Sematikusan a fő egységeket a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Villamos szélerőművek(b) és más energiaforrással működő erőművek(a) elvi sémája G- generátor, H- villamos hálózat, V- vezérlés (V1-bemenő energia rendszer, V2- hálózatra illesztés), E- gőz, dizel, gáz, stb., SzE-szélenergia

⁴ www.szelkerekcentrum.hu

Továbbá figyelembe kell venni az energia szállítása közben fellépő veszteségeket is (bizonyos távolságokba felszerelt transzformátor-házak telepítése).

Dolgozatunk arra a kérdésre keres választ, hogy a széljárás napi menetének, illetve a különböző időjárási helyzetek szélviszonyainak függvényében mekkora az energiatermelésben várható oszcilláció mértéke, melyek azok az időszakok, amikor a legnagyobb, illetve minimális a megtermelhető villamos energia. Ezt legfőképpen a rendszerirányítás szempontjából lényeges (tárolás, elosztás, stb.), ugyanis ennek mulasztása jelentős problémákat vonhat maga után.

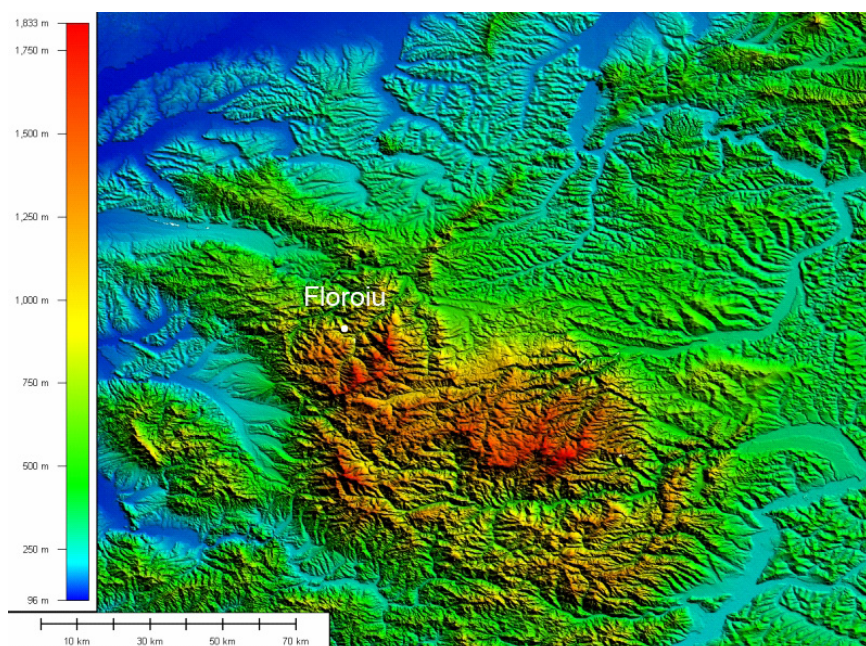
2. A vizsgált térség szélklimatológiai jellemzése

A vizsgálatunk kiválasztott helyszíne, amint a 3. és 4. fejezetekben is részletes bemutatásra kerül, az Erdélyi Szigethegységben található 1110 méter tengerszint feletti magasságon (lásd 4. Ábra) található Floroiu mérőállomás. A térség klimatikus viszonyai megfelelnek az ugyanilyen magasságban fekvő területeknek, viszont topoklimatikus hatásként a tőle délkeletre fekvő Vigyázó (1836 méter) masszívum egy barrierként funkcionál, mely a nyugati szeleket emelkedésre készíti, ami a csapadékmennyiség növekedésében nyilvánul meg (1200 mm/év).

Az sokéves átlaghőmérséklet $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Az 1966-ban megjelent Klimatológiai Atlasz szerint a szélirány gyakoriságát tekintve a délies szelek dominálnak a legkisebb arányban. Ezt a jelenséget azzal lehet magyarázni, hogy a mérőpont a Vigyázó masszívumtól észak-északnyugatra fekszik, vagyis ennek székárnyékos oldalán. Az uralkodó szélirányok nyugatias szelek, ugyanis a térség ebben az irányban nyitott legjobban, nyugati irányban a legmagasabb csúcs a Királyerdő délkeleti részén fekvő Ördögös-tető (1026 méter); tovább nyugati irányba a Fekete-Kőrös völgye található, ami már a Partium alacsony régiójához tartozik. Északi illetve északkeleti irányba ugyancsak mérsékelt magasságú felszíni formák találhatóak, északra, északkeletre a Réz- (Polyána Varatyik – 757 méter) és Meszes-hegységek (Perje-tető – 996 méter), míg keletre a Vigyázó masszívum északi nyúlványa (Vf. Teșiturilor 1525 méter). Ez utóbbi irányából érkező légtömegek lebukó szelei érzékelhetőek. A ANM kiadványa szerint az említett állomáson 1961 és 2005 között az átlagos szélesebesség 10 m-en 5 m/s, ami indokolja a térség további szélpotenciál elemzését.

3. A vizsgált terület légkör-dinamikai jellemzése

A szélenergia-potenciál meghatározásakor több tényezőt figyelembe kell venni, ezeknek figyelmen kívül hagyása, vagy jelentőségének alulbecslése súlyos eredménybeli különbségeket generálhat. Az egyik ilyen tényező a vizsgálandó terület topográfiai felmérése és az állandó szélviszonyok vizsgálata. A levegő állandó mozgásban van, de sebessége igen változó. A dombos, hegyes vidékeken a szélviszonyok sajátosan alakulnak, különböző légköri képződményeket, áramlási rendszereket az alacsony és közepes magasságú hegyek és hegyvonulatok alig módosítják, de a domborzati formák környezetében az áramlás lokálisan módosul. Egy hegyláncot az áramlási rendszer felülről hágja át, míg az egymagában (körülötte alacsonyabb térszín) álló hegyet nagyobb részét oldalról kerül ki. Ez a jelenég nem játszik nagy szerepet az áramlási rendszerben, de a helyi klíma alakulásában annál fontosabb. Azokon a helyeken, ahol a felszín függőleges tagoltsága nagy, a felszínközei légrétegek hőmérsékleti különbségei következtében lokális áramlási rendszerek alakulnak ki.



3. ábra A mérőállomás az Erdélyi Szigethegységben (Burján-Lázár, 2007)

A helyi szélrendszerek legismertebb megjelenési formája a lejtőszél. Kialakulását a változó kitettségű helyek közti hőmérséklet és légnyomáskülönbség okozza (a nappali órákban a lejtőmenti levegő erősebben melegszik fel, mint a vele hasonló szinten lévő szabad légköri levegő; a kialakuló hőmérséklet- és nyomáskülönbség következtében a levegő a lejtőn felfele áramlik, majd a lejtő felső végvonalára magasságában a vele egy szintbe eső szabad légtér felé áramlik, s így bejut a leszálló légmozgás terébe; ezzel a mozgáspálya zárul).

A völgyekben kialakult légkörzés nem zárt rendszer, ezért a völgyekben mozgó levegő folyamatosan cserélődik. A völgyi szél a völgy hosszanti tengelye mentén alakul ki, s biztosítja a lejtőszélbe bekapcsolódó légtestek cseréjét. A völgyi szél mechanizmusának vázlatát (Szász, Tőkei, 1997):

- Napkelte; kialakul a felfelé irányuló lejtőszél, mivel azonban a völgy levegője még hidegebb, mint a sík területé, a völgyi szél az éjszakai mozgásirányt megtartja
- Nappal kialakul a felfelé irányuló völgyi szél is, jelezve, hogy a völgy levegője is felmelegedett
- Egyidejűleg még jobban kibontakozik a felfelé irányuló lejtőszél is, amelyet néha erős felhőképződés is kísér. Délután már a lejtőszél elgyengül, megszűnik, de a felfelé irányuló völgyi szél még fennmarad
- A két mozgásrendszernek újabb változata alakul ki, beindul a lejtőszél éjszakai változata, de a völgyi szél nappali típusa még fennmarad
- A völgyi szél átmenetileg némi késéssel megszűnik

A két mozgásrendszer bonyolultsága ellenére szorosan összefügg. Ez a séma természetesen csak akkor használható, ha a vizsgált terepet domborzatilag környezetével együtt részletesen feltárjuk, s megállapítjuk a folyamatot akadályozó orográfiai feltételeket.

A felszín közelében fellépő súrlódási erő lép fel. Ennek a jelenségnek két formáját ismerjük:

- felszíni súrlódás
- az áramló levegő belső súrlódása

Az áramló levegő belső súrlódását jelen tanulmányunkban nem részletezzük.

A felszíni súrlódási erő két közeg határfelületén jön létre, iránya ellentétes a mozgás irányával. Az ellenállás azonos érdesség esetén megközelítőleg arányos az áramló levegő sebességével és sűrűségével. A természetes felszínek érdessége igen tág határok között

változik, ezért nagy a jelentősége. A súrlódásnak két következménye van, egyrészt lassítja az áramló levegő sebességét, másrészt az érdességtől függően súrlódási örvények keletkeznek, ennek következtében módosítja a légtömeg molekuláinak mozgási irányát.

Ennek a súrlódási erőnek köszönhetően a felszíntől távolodva a szél sebessége folyamatosan nő. Az erre vonatkozó legnépszerűbb tapasztalati összefüggést egy úgynevezett *Hellman* hatványfüggvény fejezi ki:

$$v = v_1 * h^\alpha$$

Az α hatványkitevő értékét a felszín érdessége, a talaj menti légtér hőmérsékleti rétegződése és a h vonatkoztatási magasság határozza meg. Értéke 0,14 és 0,40 között ingadozik.

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha$$

Ahol α a felszín jellege szerint változik:

- sík, vízfelszín 0,14
- érdes, dombos felszín 0,20
- kisebb települések felett 0,28

A v_1 , v_2 sebesség a h_1 , illetve h_2 szinten mért szélesebesség értékek (Szász, Tőkei, 1997)

Ennek megfelelően a szélesebesség egy függőleges mentén logaritmikusan nő az α érték függvényében.

A felszínborítottságot illetően a vizsgált területet alacsony növésű fűfélék borítják, távolabb (300-800 méter között) fenyőerdő övezi.

A mérőállomás környezetében lévő szélviszonyokat jelentősen befolyásolják a völgyi szél mozgásrendszerek. Elmondható, hogy a nyugati irányba nyitott területen szélcsatorna jelleg írható le, melyet a térségben végzett eddigi vizsgálatok alátámasztanak (Burján-Lázár, 2007). Ugyanakkor a fenti völgyi szél mechanizmusának megfelelően szélmozgások is jellemzőek.

4. Terepi mérések

Terepi méréseink helyszíne a Jád és Nagy-Sebes közti vízválasztót, a Kolozs- és Bihar-megye határán fekvő Ransor-Florioi mérőállomás. A szakirodalomban már készültek régebben is térségről szélenergetikai vizsgálatok (Burjan és Lázár, 2007).

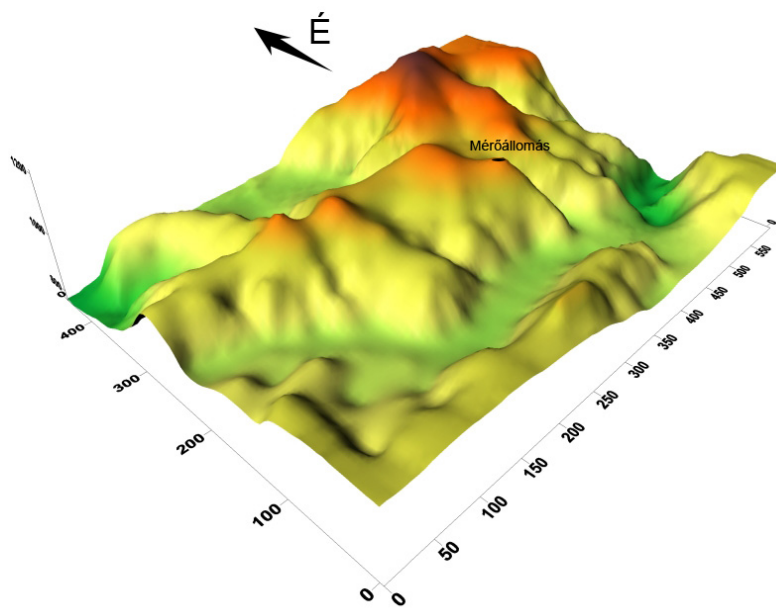
A szélesség- és széliránymérések 2008. április 26. és május 1. között zajlottak, egy, a Cholnoky Jenő Földrajz Társaság tulajdonában levő automata meteorológiai állomás segítségével. Két szinten helyeztünk el Vaisala típusú anemométert: 5 és 10 méteren (5 méteren szélirányjelzőt is), melyek 4 perces felbontással, 0,1 m/s mérési pontossággal rögzítették a pillanatnyi szélviszonyokat (lásd 1. melléklet).

Az szélességmérő szenzor tulajdonságai:

- Mérési tartomány: 0,5 - 50 m/s
- Mérési pontosság: $\pm 3\%$ mérési adat, illetve $\pm 0,5$ m/s
- Felbontás: $< 0,1$ m/s
- Környezeti hőmérséklet: $(-30\text{ °C}) - (+70\text{ °C})$

A mérőállomás körül minden irányba – kivéve nyugat – magasabb csúcsok helyezkednek el.

A mérőállomás 1110 méter tengerszint feletti magasságon fekszik, míg a környező csúcsok legalább 130 méterrel magasabban helyezkednek el: dél-délkeletre található a Vigyázó 1836 méter, délre Horgas havas 1694 méter, dél-nyugatra Bükkös hegy 1296 méter, északkeletre Bakhát 1232 méter magas csúcsai (lásd 3. ábra)

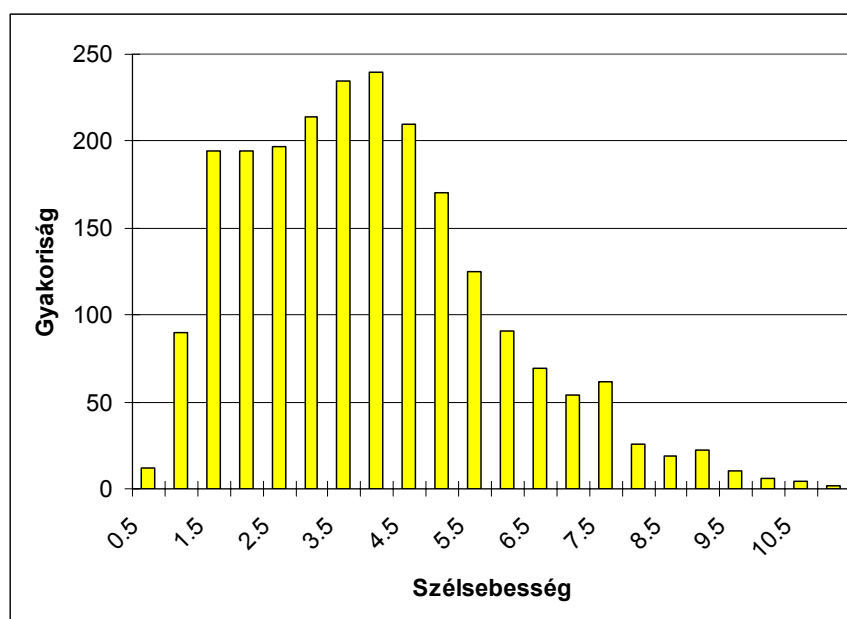


4. ábra A mérőállomás a helyzete a 3D domborzatmodelen

5. Floroiu mérőállomás széleenergia potenciálja

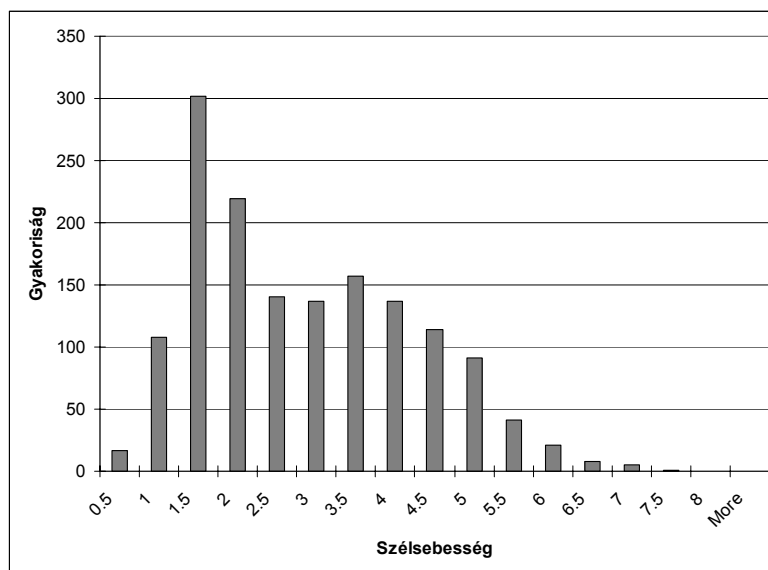
5.1 A széleesség változásának vizsgálata a mért időszakban

A nappali értékeket összesítettük, és meghatároztunk tetszőlegesen egy intervallumot. Az értékeket a hisztogramm készítő funkcióval tettük szemléletessé (5. ábra) Az x tengelyen látható adatokat 0-tól 11-ig vettük, 0,5-ös intervallumokra osztottuk. Az y tengelyen pedig az adatok gyakoriságának előfordulása jelenik meg. A hat nap alatt mért adatokat összesítettük egyazon ábrán. Az adatokat gyakoriságuk alapján soroltuk be ezekbe az intervallumokba. Ha a mért adatok számát összeadjuk, akkor kiderül hogy a hat nap alatt, hány adatot mért a műszer. A mérőműszer által mért leggyakoribb széleesség 4-4,5-ös intervallumban helyezkedik el. A legtöbb adat 2-6-os intervallumokban volt mérve, a 6-11-es intervallumban alacsony a mérések száma.



5. ábra A nappali széleesség gyakorisága

6. ábrán látható az éjszakai széleességre vonatkozó öt éjszakán át mért adatok gyakoriságának összessítése. A leggyakoribb széleesség az 1,5-2-es intervallumba sorolható, a többi intervallumba ennél kisebb értékeket találunk.

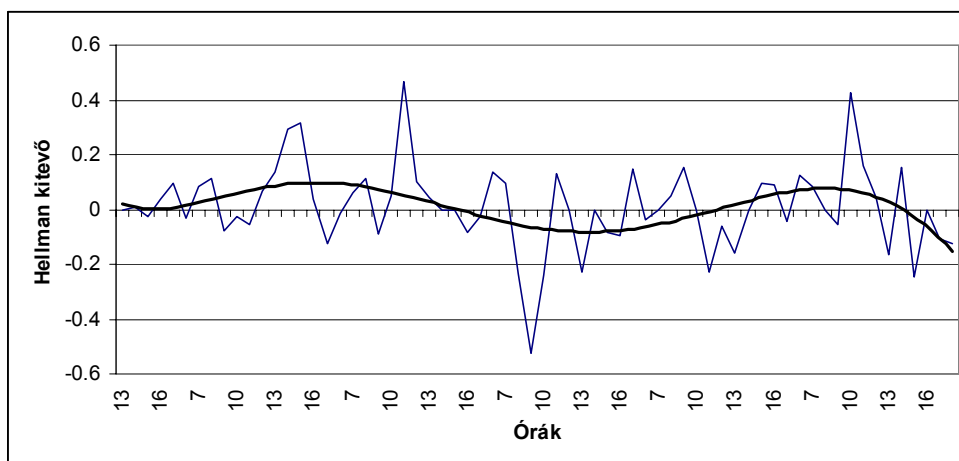


6. ábra Az éjszakai szélsebesség gyakorisága

Az nappali, illetve éjszakai szélsebesség eloszlások elvégeztünk egy illeszkedésvizsgálatot χ^2 próbával, melynek alapján, 95% szignifikancia szinten, a két eloszlás nem egyezik, tehát a két időszakban mért értékek nem ugyanazon sokaság elemei. Ezáltal megállapítható egy szignifikáns eltérés a nappali, illetve éjszakai szélsebesség értékek között.

5.2 A vertikális szélprofil vizsgálata

A Hellman kitevő azt mutatja, hogy milyen sebességbeli különbség van a két szinten mért adat között. A harmadik fejezetben említett képlet alapján számoltuk ki az α ($\alpha = \ln(v_1/v_2)/\ln(h_1/h_2)$). Az α és a napok alapján készítettünk diagrammot (7. ábra).



7.ábra Hellmann kitevő órás változása a vizsgált időszakban (április 26. 13 óra – május 01 18 óra)

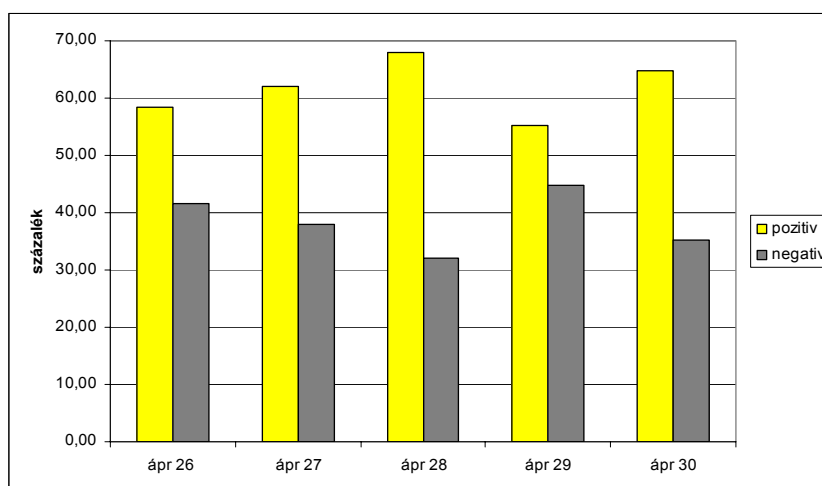
A számított kitevők között pozitív, illetve negatív előjellel is előfordulnak értékek, a pozitív esetében a magassággal nő, a negatív esetében a magassággal csökken a szélesség. A fordított irány (negatív) a terep topoklimatikus hatásainak következmény, mely a magasabb, szabad legkörben nem jellemző. Ezért indokolt a továbbiakban magasabb szinten is végezni méréseket.

A Hellmann kitevő változása eltérést mutat a nappali, illetve éjszakai órákban (1. táblázat). Ezt igazolják a számított alapstatisztikák is. A különbség főként az adatok szórásában mutatkozik, a nappal folyamán jóval nagyobbak az eltérések. Ez jellemző külön a pozitív, illetve negatív irányú kitevőkre is.

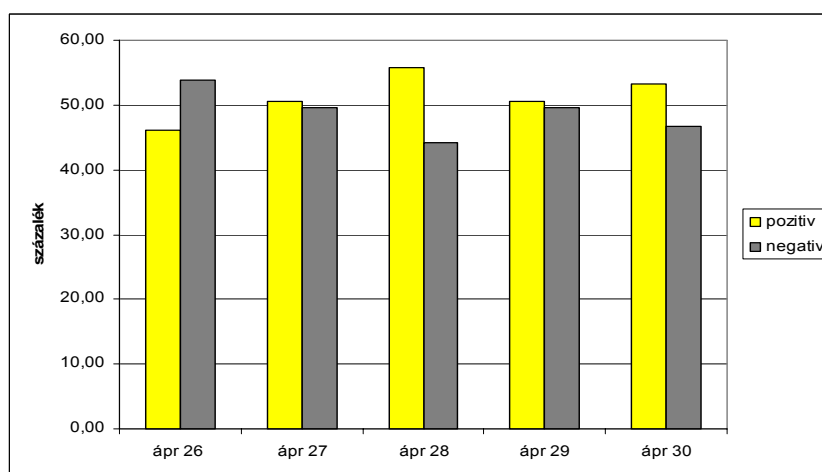
1. Táblázat: a Hellman kitevő (α) jellemzői nappal és éjszaka a vizsgált időszakban

	nappal	éjszaka	nappal	éjszaka	nappal	éjszaka
	α	α	$\alpha +$	$\alpha +$	$\alpha -$	$\alpha -$
Átlag	0.011	0.027	0.137	0.130	-0.138	-0.107
Max	0.465	0.480	0.465	0.480	-0.016	-0.012
Min	-0.522	-0.326	0.011	0.015	-0.522	-0.326
Szórás	0.154	0.136	0.121	0.113	0.133	0.103

A 8. és 9 ábrán a Hellman kitevő segítségével kapott éjszakai értékek pozitív és negatív százalékos megoszlása látható. Nagymértékben elkülönnek a pozitív és negatív értékek, a pozitív értékek mind az öt napon gyakrabban fordultak elő, minden esetben meghaladják az 50%-ot.



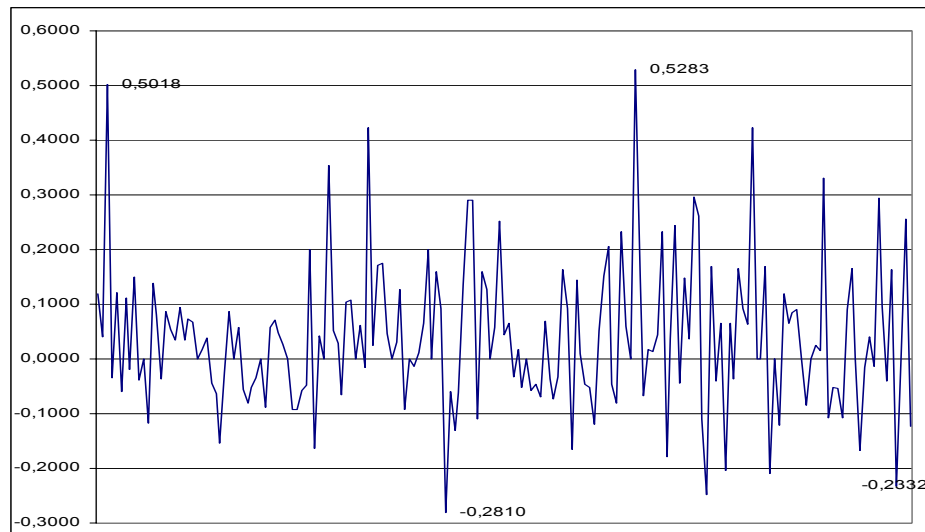
8. ábra Éjszakai pozitív és negatív értékek százalékos megoszlása



9. ábra Nappali pozitív és negatív értékek százalékos megoszlása

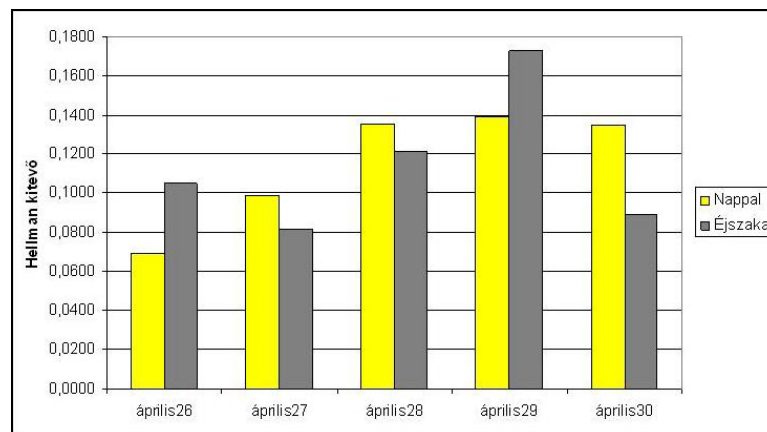
Ha a nappali értékek megoszlását figyeljük, mint az ábrán is látható, nem annyira jellemző a százalékos elkülönülés mint az éjszakák alkalmával. Az április 26. kivételével mindig a pozitív értékek a gyakoribbak, 27-én és 29-én az értékek hasonló gyakorisága látható.

A 10. ábrán láthatóak a május 1-én mért értékek, ugyanis a diagrammok bizonyos részéből ez a nap kimaradt, mert 18 órákor volt az utolsó mérés, s az éjszakai értékek hiányan nem volt lehetséges az ábrázolás. Azokban a pontokban ahol a Hellman kitevő értéke egyenlő 0, a két szinten mért sélsebesség értéke egyenlő volt. Ahol a kitevő értéke nagyobb mint 0, ott a 10 méteren lévő anemométer nagyobb értékeket rögzített, mint az 5 méteren lévő, ahol visoznt 0-nál kisebb, ott az 5 méteren lévő anemométer rögzített nagyobb értékeket.



10. ábra Hellman kitevő változása május 1-én, minimum és maximum értékek, 06 és 18 óra között

A 11. ábra szemléltetni kívántuk, hogy a szél erősségének változása a két magassági ponton változó. Az első két napon hasonlóak az adatok, a legnagyobb értéket pedig a negyedik napon mértük.



11. ábra a Hellman kitevő napi változása

Egy szélérőmű működtetésénél a rotormagasság (60-100 m) szintjén uralkodó szélviszonyok a mérvadóak. Mivel ilyen szinten nem lehetséges előzetes, hosszabb időszakra (min. 1 év) folyamatos szélesség méréseket végezni, ezért extrapolálása számítjuk az adott magasságra vonatkozó értéket. A Hellman kitevő a szélesség magasabb szinterkre való extrapolálásához szükséges.

6. Összegzés

Dolgozatunkban sikerül igazolni, hogy az adott időszakban a Helmann kitevőnél szignifikáns eltéréseket tapasztalhatunk az éjszakai és nappali időszakban.

A szélesebb napi és éjszakai menetében szignifikáns eltérést mutattunk ki, nappal 4-4,5 m/s között, éjszaka pedig 1,5-2 m/s közötti értékek a leggyakoribbak.

A Helmann kitevő napi és éjszakai értékeinek alakulásában megfigyelt különbség, viszont a szórásban vett eltérés a vizsgált időszakban nem szignifikáns 95% valószínűségi szinten

A Helmann kitevőben tapasztalt esetleges eltérések további vizsgálata mindenképpen szükséges.

Mivel a kitermelhető energia a szélesebbel köbével arányos, kisebb eltérések a szélesebb interpolálásánál, elég jelentős eltéréseket okozhat a prognosztizált energiatermelésben. Az gyakorlatban az energetikai számításoknál napjainkban legtöbb esetben egy átlagértékkel számolnak, pl 0.2 fűves tisztáson (Burján-Lázár).

Ez főként a hálózatra termelő nagy szélerőművek esetében jelent problémát, elsősorban rendszerirányítás szempontjából, mivel itt előre kell ismerni a megtermelendő energia időbenni eloszlását a további szállítás, elosztás szempontjából. A rendszerirányítók elsősorban a szélerőmű maximum, illetve minimum energiatermelési időszakaikat vizsgálják, mivel ezeket összhangba kell hozni a fogyasztók maximum, illetve minimum energiaigényével. Ez elsősorban a nappali maximum, illetve az éjszakai minimális energiaigény, valamint a nappali kisebb (kisebb szélesebb), illetve éjszakai nagyobb (nagyobb szélesebb) Helman kitevő változásánál jelenthet elsősorban problémát.

Bibliográfia

Burján Zsolt-Gábor és Lázár István (2007): Szélenergia esettanulmány: a szélméréstől a potenciál számításig, ETDK dolgozat, Kolozsvár

Európai szélnap Magyarországon, Magyar Szélenergia Társaság, 2007

Szász Gábor, Tókei László szerk (1997): *Meteorológia*. Mezőgazda kiadó, Debrecen

Szász Gábor (1988): Agrómeteorológia, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

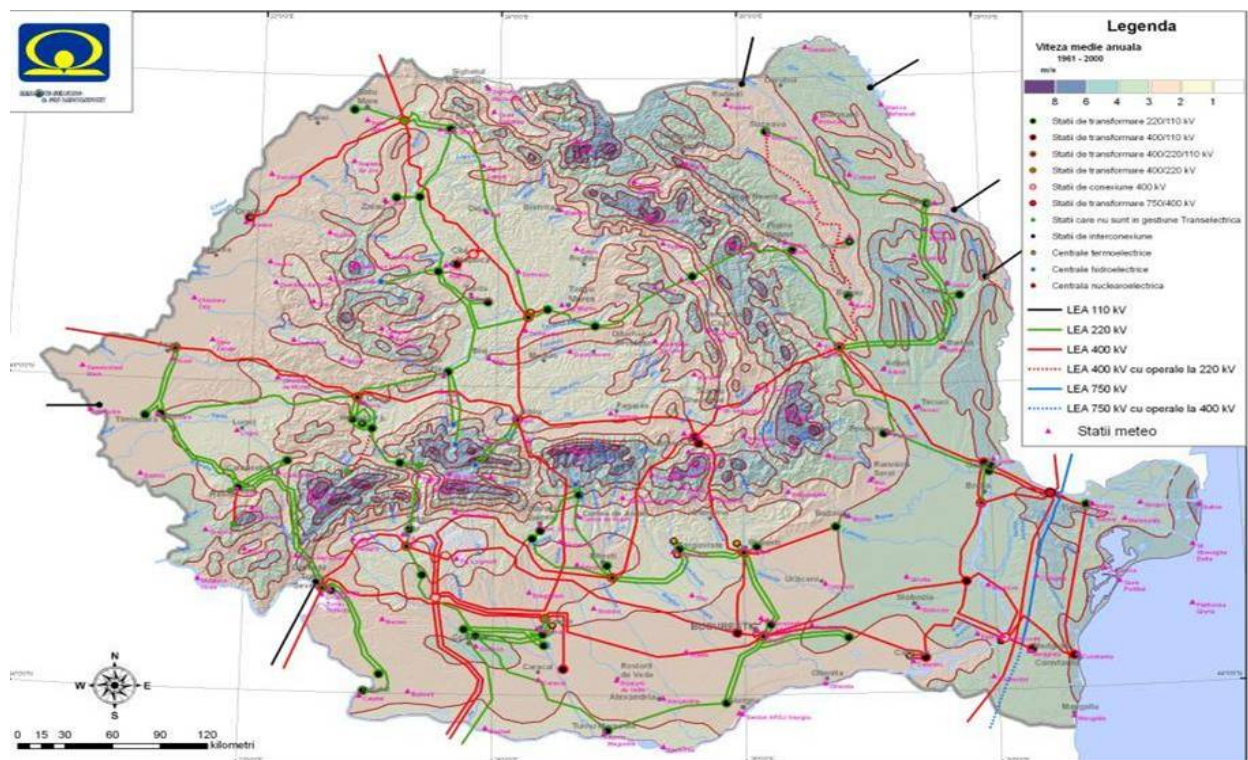
Erdő és Klíma Ko szerk. Mátyás Csaba és Vig Péter, Nyugat Magyarországi Egyetem, Sopron, 2007

Kedvező Széllel Kúnhegyestől Debrecenig, Szerk. Tóth Tamás és Biróni Kirsi Andrea, Magyar Szélenergia Társaság, Debrecen, 2007

Magyarországi szél és napenergia kutatás eredményei. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2006

Mellékletek

I. Melléklet-



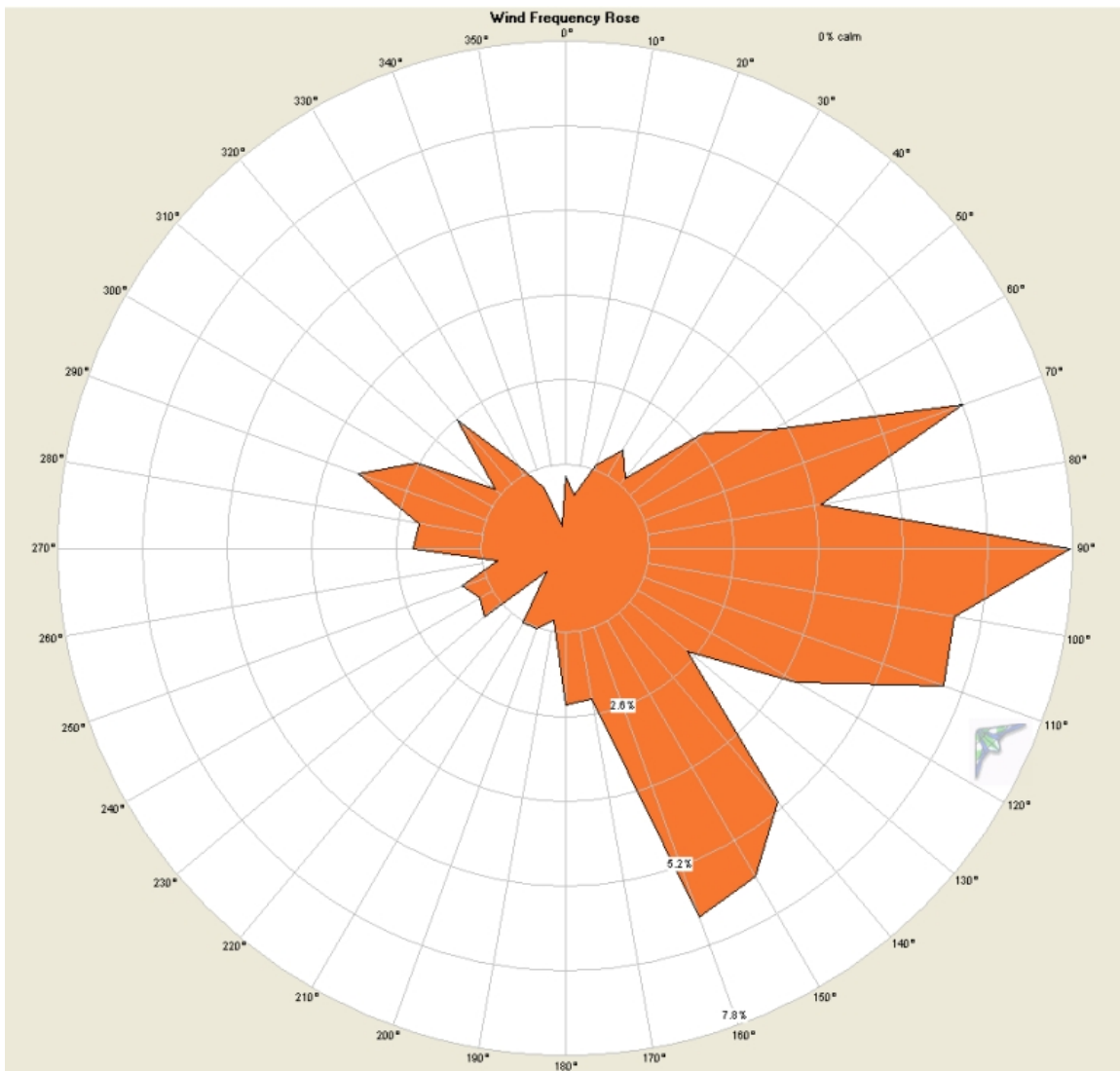
Az ANM kiadásában megjelent széltérkép Románia területére

II. Melléklet



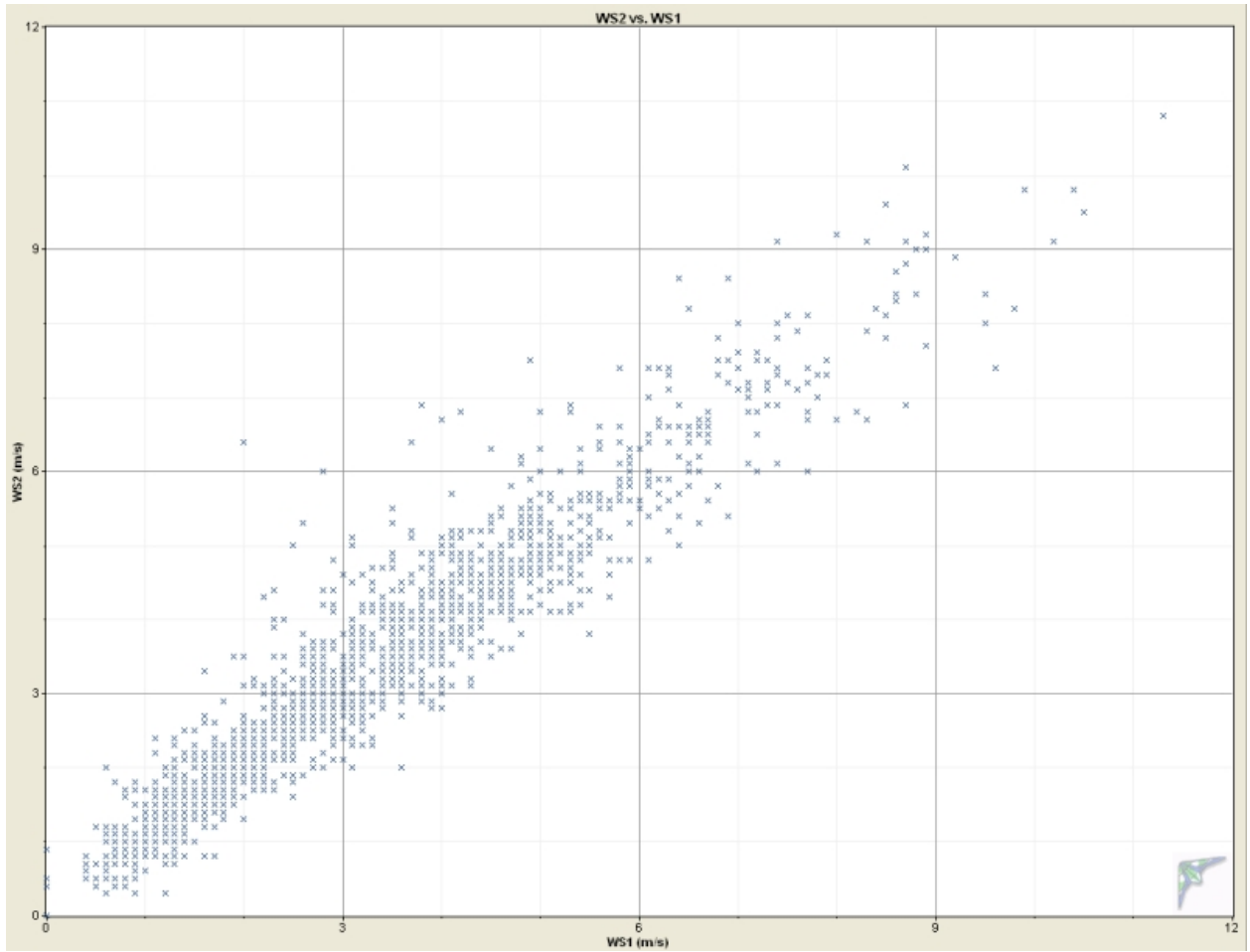
A Floroiu mérőponton felállított automata meteorológiai állomás, 5 méteren szélesség és széliránymérő, 10 méteren szélesség mérő

III. MELLÉKLET



A mérőállomás által rögzített adatok alapján kapott szélirány gyakorisága a vizsgált időszakban

IV. Melléklet



Az 5 és 10 méteren elhelyezett széleseesség értékek közötti kapcsolata