

XII. Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia

Kolozsvár, 2009 május 15-17

Modellezett szélmezők elemzése a Vigyázó tértségében

Szerző

Lázár István, Földrajz Kar, Turizmus és területfejlesztés
mesteri szak I. év

Témavezető

Bartók Blanka

Óraadó tanársegéd BBTE, Földrajz Kar

Tartalomjegyzék

Bevezető	3
A WAsP model jellemzése	8
Terepi mérések	10
Adatok kiértékelése	11
Összegzés	15
Köszönetnyilvánítás	15
Irodalomjegyzék	16

Bevezető

Napjaink egyik legnagyobb problémája az energiaigény vagy éppen annak függősége. Minden ország vagy térség próbál lehetőségeihez mérten önállósítani kisebb nagyobb sikerrel. A jövő energiaforrásainak az úgynevezett[B1] megújuló energiákat szokták sorolni, mint például a vízenergia, a nap energiája, szélenergia. Az utóbbi két példa gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre, viszont a „kitermelhetőség” mennyisége sajnos behatárolt technikai okok miatt. A technológiai fejlesztések egyre jobban szélesítik ezt a tartományt. A szél erőművek a mozgó légtömegek kinetikus energiáját alakítják át elektromos energiává. A szélmalomok mechanikai munkát végeztek, mint például: gabonaörlés (malom), famegmunkálás (fűrész). Még napjainkban is számtalan olyan hely van, melyet a villamoshálózat nem ér el, így áramellátás hiányában sokan nélkülözik a mások által megszokott komfort érzetet. Az ilyen tájakon néha az egyetlen megoldás az, hogy helyben állítsuk elő az energiát a költségesebb hálózat kiépítése helyett. Az autonóm energiaellátást szélenergiából, napenergiából is, de leginkább ezek együttesének felhasználásával tudjuk megoldani. Más, egyébként elektromos hálózattal rendelkező területeken is jó hasznát vehetjük a szélmotoroknak, napelemeknek. Kiegészítő áramforrásként, áramkimaradás esetén vagy egyes berendezések önálló ellátására kiválóan alkalmazhatjuk azokat.

Az energiatudatos, takarékos szemlélet kialakulásához vezető út eszköze is lehet az ilyen típusú áramtermelés. A szigetüzemben működő rendszerek esetén az átalakított energiát akkumulátorokban tárolhatjuk, és azt egy későbbi időpontban is felhasználhatjuk igényünk szerint (természetesen ennek korlátai is vannak). A szélkerekek mérete különböző teljesítmény-kategóriákból választhatóak ki, az egészen kis teljesítményű, pár W-os szélkerekektől, az igen jelentős méretű, akár 3MW-os erőművekig.

Az ipari méretű szél erőművek használatával kapcsolatos kezdeményezések és fejlesztések nagy múltra tekintenek vissza. A fejlesztés jelenleg már az 5 Megawattos kategóriát közelíti, az egy szél erőmű teljesítményét illetően. Az ideális szélviszonyú területekre sok gépből álló szélparkokat, szélfarmokat telepítenek, így a teljesítmények összeadódnak. Egyes tengerparttal rendelkező országok energiaellátásában a szél erőműtelepek döntő hangsúllyal szerepelnek. A szárazföldi éghajlatú térségek is eredményesen alkalmazhatják megfelelő területeken e berendezéseket, kellő körültekintés és szél adatokkal igazolt előzetes felmérés után. A beépíthető kapacitást korlátozhatja a már meglévő villamoshálózat kiépítettségének

foka, forgalma és az adott ország villamosenergia rendszerirányításának fejlettsége és tűrőképessége (www.szelkerekcentrum.hu).

Amikor a szélerőművek szélcsend esetében nem termelnek áramot, a rendszerirányítóra hárul a szabályozási feladat, hogy a termelés kiesést ellensúlyozni tudja, vagy a szélerőművek áramtermelésének újraindulása esetén szintén beavatkozzon (Lázár, 2009). A szélerőművek üzemeltetőire sokszor szinte megoldhatatlan feladatként hárul az előre megadott menetrend betartása, amely szélfüggő, amely nehezen prognosztizálható. A kiszámíthatatlan áramtermelési periódusok áthidalására az ipari méretű energiatárolás is lehetőséget adhat, amely viszont nagy beruházási költségeket vonz magával.

A különböző térségek változó arányban tudják hasznosítani a mozgó légtömegek energiáját, mivel térben és időben változó feltételekről van szó. Elsősorban a hely jellegzetes széljárása a mérvadó. Az alábbiakban röviden ismertetem a szél keletkezésének feltételeit.

A földfelszínre érő napsugárzás erőssége nem mindenhol egyforma. Ez egyrészt a földrajzi szélességtől függ, mivel a különböző földrajzi szélességeken a napsugárzás beesési szöge eltérő. A napsugárzás erőssége továbbá függ a az évszaktól és attól is, hogy az adott területen az égbolt derült-e vagy borult. Ezért a Föld különböző részein különféleképpen melegszik fel a talaj. A felmelegedés mértéke adott földrajzi szélességen, adott időpontban, még azonos napállás esetén is - a talaj szerkezetétől függően - eltérő lehet. A hőmérséklet különbségek következtében a levegő sűrűségében és nyomásában is különbség keletkezik. A nyomáskülönbség hatására a légkörben áramlás indul meg, s ez mindaddig tart, amíg a hőmérséklet különbség - s ezzel természetesen a sűrűség- és nyomáskülönbség is - nem egyenlítődnek ki. Így jönnek létre a szelek. A különböző sebességgel áramló levegő mozgási energiájánál fogva munkavégzésre fogható. Ez a munkavégző képesség azonban nem közvetlenül a kinetikus energiával, vagyis az áramló légtömegek sebességének négyzetével, hanem a sebesség harmadik hatványával arányos. Az erőművek hatásfoka ezért oly rendkívül érzékeny a szélesebbesség változásra. A szélenergia felhasználásával kapcsolatos másik probléma azzal függ össze, hogy a szeleknek nemcsak sebessége, hanem iránya is változik.

Az áramló levegő a felszínből kiemelkedő tárgyakra jelentős mértékű nyomást gyakorol, ez az úgynevezett szélnyomás. A szélnyomás a levegő sebességével és sűrűségével növekszik, értékét (p_v) az áramlási irányára merőlegesen 1 m^2 felületre vonatkoztatva szokás kifejezni. Átlagos felszíni légsűrűséget feltételezve:

$$p_v = 0,6129 v^2 \text{ [Pa]},$$

ahol v az m/s^{-1} -ban mért szélesség. Ez az összefüggés a sűrűséget állandónak feltételezi. A Newton-féle szélnyomásérték viszont változó ρ [B2] levegősűrűséggel számol:

$$p_N = \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ [Pa]}.$$

Mindkét formula feltételezi, hogy az ütközés során az áramló levegő sebessége zérussá válik. Ezt a feltételezést elfogadva a fenti összefüggések a maximális szélnyomás becslésére használhatók (1. táblázat).

Az erősebb szelet viharnek nevezzük. Viharhatárnak a 150 Pa szélnyomást tekintjük, ekkor a szél sebessége 15 m/s körül van.

Szélesség	Szélnyomás
m/s	Pa
1	0,61
2	2,45
3	5,52
5	15,3
10	61,3
15	137,9
20	245
25	383,06
30	551,6
40	980,6

1.Táblázat A különböző szélességekhez tartozó jellegzetes maximális

A tényleges szélnyomás többnyire nem éri el ezeket az értékeket, a sebesség teljes lefékeződése ($v=0$) ugyanis általában nem következik be. Az áramló levegő – sebességét jelentősen csökkentve – az akadályt megkerüli. Ily módon a szélnyomás értéke attól függ,

hogy milyen aerodinamikai feltételek állnak fenn erre a megkerülésre. A megkerülési lehetőséget az akadály jelentő test alakja dönti el. A tényleges szélnyomás (p_t) értéke így a következő formulával segítségével állapítható meg:

$$p_t = \alpha \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ [Pa]},$$

ahol α a szóban forgó alakú tényező. Néhány fontos test alakú tényezője a következő:

Alak	Alaki tényező
Gömb	0,45
Körlap	1,3
Elöl nyitott félgömb	1,4
Csepp alakú, áramvonalas idom	0,04

A szélnyomás hatását fokozza, hogy a nyomás növekedésével egyidejűleg a tárgy hátoldalán a nyomással egyirányú szívóerő is fellép, ezért a két erő összege terheli a tárgyat (Szász, 1988). A Föld forgása következtében a szél áramlásának iránya eltér az egyenestől. Ez a módosult áramlás (Corrioli-erő) az északi és a déli földrészen ellentétes áramlás-módosulást mutat (Péczeley, 2006). Az északi féltekén az északi áramlásból északkeleti, keleti, a déli áramlatból délnyugati, nyugati áramlás jön létre. A déli féltekén az északi szélből északnyugati, nyugati; a déli szélből délkeleti, keleti áramlás alakul ki.

Egyes földrajzi térségekben kialakult szelek közül néhányat külön is elneveztek, szembeötlő állandó tulajdonságaik miatt. Ilyen elnevezett helyi szelek és megjelenési helyeik a teljesség igénye nélkül a következők:

Nemere	Erdélyben
Bóra	a dalmát tengerparton
Fón	az Alpok északi oldalán
Misztrál	Franciaországban
Sirokkó	az Adrián

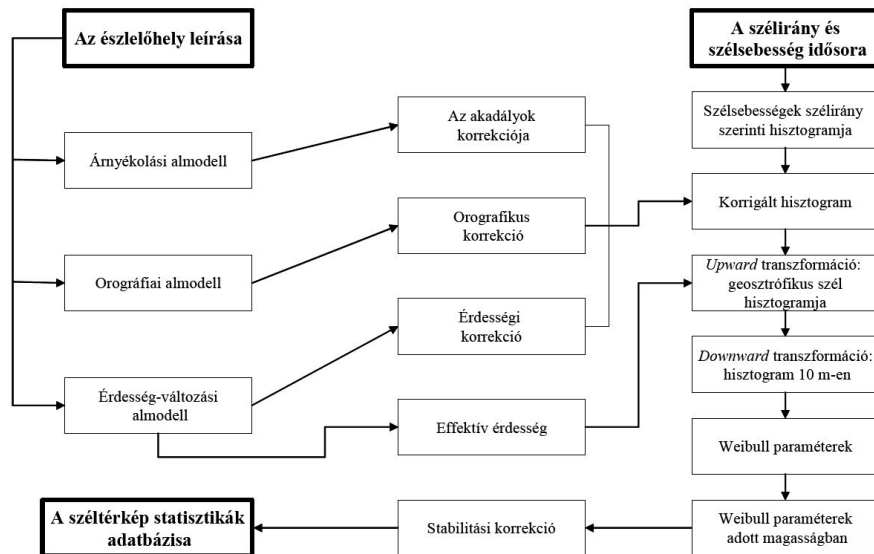
Kossava	az Al-Dunán
Hurrikán	az Észak-Atlanti-óceán térségében
Tornádó	Nyugat-Afrikában, Amerikában
Tájfún	Nyugat-India térségében
Burán	Belső-Ázsiában
Blizzard	Észak-Amerikában

(Sándor, Wantuch, 2005)

A WasP modell jellemzése

A nyolcvanas években az akkori Európai Közösség tagországokban egy egységes szélenergia potenciál felmérés történt, amelynek eredményei egy európai szélatlásban kerültek napvilágra (Troen és Petersen, 1989). A felmérés során kidolgoztak egy olyan módszert, amellyel egy helyszínen mért szélsébség adatokat felhasználva becsülhetjük a környező régió szélviszonyait. Ehhez a módszerhez kifejlesztett számítógépes programot aposztrofáljuk WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) néven. Jelenleg ez a modell a legnépszerűbb felhasználóbarát felülete és, körültekintő fizikai háttere miatt közkedvelt a szélenergia potenciál felmérések során (Verkaik, 2001[B3]).

A WAsP modell alapvetően a mért szélsébség adatok Weibull eloszlás paramétereinek szán kulcsszerepet, így a kimenő adatok sem idősorok, hanem a térségre jellemző úgynevezett szélatlász statisztikák. Körültekintő korrekciókat képes alkalmazni a mérőhely adottságainak megfelelően, így árnyékolási, domborzati és érdességi almodell futtatható. Az érdesség hatásának kezeléséhez neutrális belső határréteg modellt (IBL) alkalmaz, amely limitáltan képes figyelembe venni gyakori érdesség változásokat. A stabilitási korrekció nem csupán egyedi esetekre vonatkozik, hanem az egész szélsébség eloszlásra. A modell svédországi összetett domborzaton végzett tesztvizsgálata során (Radics, 1999) megállapítást nyert, hogy csupán mérsékelt sikerrel képes követni a hirtelen domborzati változásokat. Az eljárás menetét az 1. ábrán látható.



1. Ábra A széltérkép statisztikák létrehozásának folyamata a WASP modellben
(Bartholy és Radics, 2000a nyomán)

Első lépésként a modell az észlelőhely környezetének leírásával korrekciókat végez a szélesség szélirány szektoronként eloszlásain. Az uralkodó szél irányában veszi figyelembe az érdesség változását, és ebből ún. effektív érdességi magasságot számít. A korrigált szélesség és az effektív érdesség ismeretében geosztrófikus erőtvény segítségével upward transzformációval határozza meg a geosztrófikus szelet. Méréshelytől eltérő területre vonatkozó szélesség hisztogramhoz a modell inverz módon jut, azaz downward transzformációt követően határozza meg a kívánt magassági szintre a szélesség szélirány szektoronként vett eloszlását, és más jól hasznosítható szélenergetikai paraméterek értékeit (Kircsi, 2008).

Terepi mérések

Terepi méréseink helyszíne a Jád és Nagy-Sebes közti vízvásztót, 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 anemométert: 5 és 10 méteren (5 méteren szélirányjelzőt is), melyek 4 perces felbontással, 0,1 m/s mérési pontossággal rögzítették a pillanatnyi szélviszonyokat.

Az szélességmérő szenzor tulajdonságai:

Mérési tartomány: 0,5 - 50 m/s

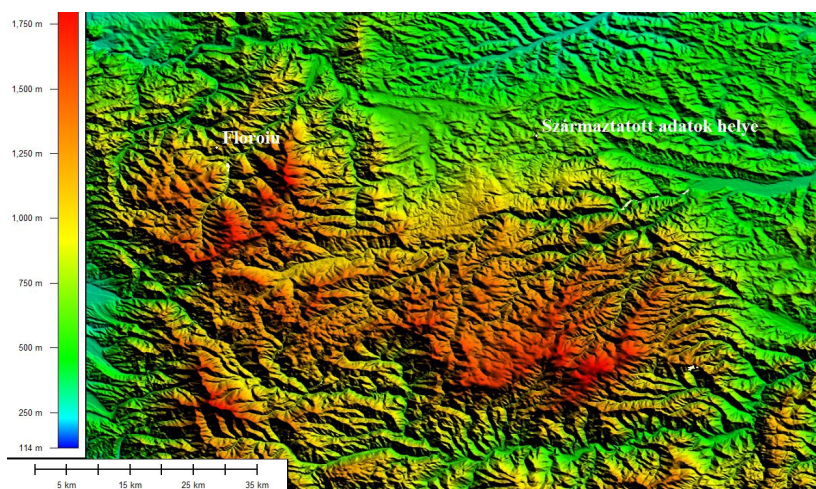
Mérési pontosság: $\pm 3\%$ mérési adat, illetve $\pm 0,5$ m/s

Felbontás: $< 0,1$ m/s

Környezeti hőmérséklet: $(-30\text{ °C}) - (+70\text{ °C})$

A mérőállomás körül minden irányba – kivéve nyugat – magasabb csúcsok helyezkednek el^[B4] (3. ábra).

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.

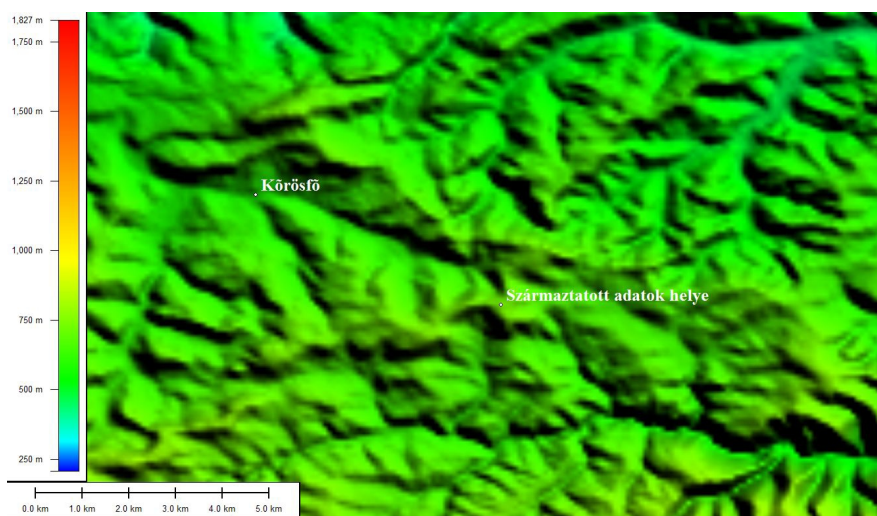


2. ábra A két pont helyzete

Adatok kiértékelése

A WAsP modell segítségével egy olyan térségre generáltunk szélmezőket, amely egy megadott távolságra van a mérési ponttól. Valójában egy mérési pont adataiból, egy nagyobb térség mindegyik pontjára kapunk szélenergetikai információkat. A programnak beépített korlátai is vannak, mivel egy nagyon tagolt felszínű területen a származtatott eredmények pontossága csökken. Jelen esetben hegyvidékről beszélhetünk, tekintve, hogy a Vigyázó csúcs meghaladja az 1800 tengerszint feletti magasságot.

A szélenergetikai adatokat a Kőrösfő határában lévő dombra származtattuk, aminek a földrajzi koordinátái: $46^{\circ} 49' 07,27''$ északi szélesség, $23^{\circ} 09' 07,86''$ keleti hosszúság

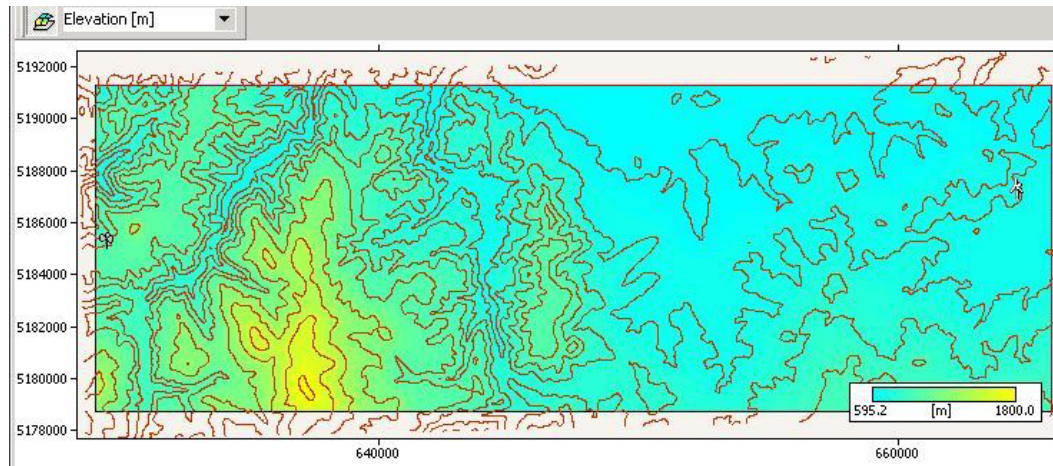


3. Ábra Kőrösfő illetve a származtatott adatok helyének elhelyezkedése

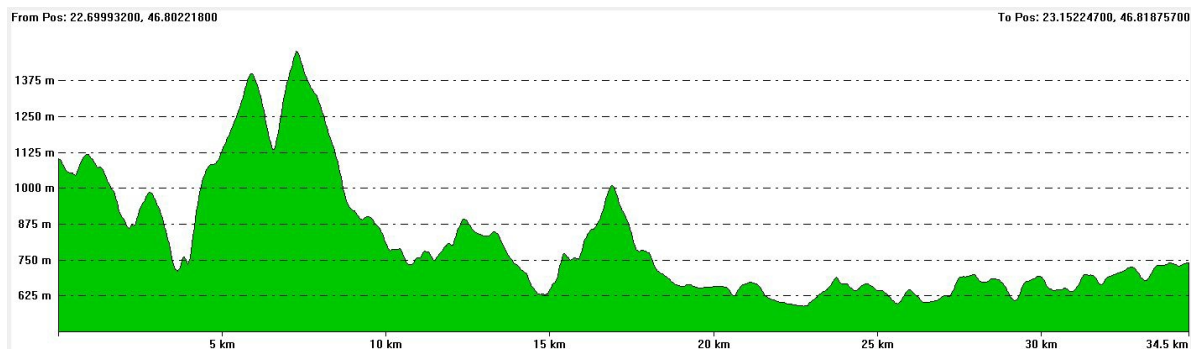
(3.ábra). Ahogy a mellékelt térképen is látszik ez a pont egy magaslaton fekszik, ahol három irányból (kelet, dél és nyugat) érkező légtömegek akadálytalanul átvonulnak. Az északi érkező légtömegeknek nincs energetikai jelentőségük, mivel északi oldalról szélárnyékos terület^[B5] (Sándor, Wantuch, 2006).

Ugyanakkor az említett pont a Sebes-Körös forrásánál helyezkedik, a völgyet lezáró domb tetején. Ez a domborzati egység, melyen található a “telepített mérőállomás” – azért idézőjelben, mert fizikai mérés még nem történt, hanem az említett WAsP modell származtatta az említett pontra – arányaiban hasonlóságot mutat a Sebes-Körös alsóbb folyása és azt ezt lezáró Vigyázó masszívum (Burján-Lázár, 2007) egységgel. Tehát^[B6] itt is elmondható, hogy a nyugatról érkező légtömegek egy relatív magas orográfiai akadályba ütköznek, ami energetikai szempontból hasznosítható, mivel az emelkedésre kényszerített légtömegek – habár a súrlódás következtében csökken a sebességük – munkavégző képessége kiaknázható.

A két pont – a mérési pont (Floroiu) és a Kőrösfő között (a származtatott adatok helye) – között 34,5 km van, ami a modell számára a felső határértéket jelenti. Amint a szintvonalas és rétegszínezéses térképen is látszik (4. ábra) a két pont eltérő tehgerszint feletti magasságon fekszik. Floroiu 1100 méteren, míg a Kőrösfő szomszédságában található domb csak 740 méteren. Amint a keresztmetszet is mutatja (5. ábra) két pont között magasabb térszín található, ami meghaladja mindkét pont magasságát, több mint 1300 méter magas.

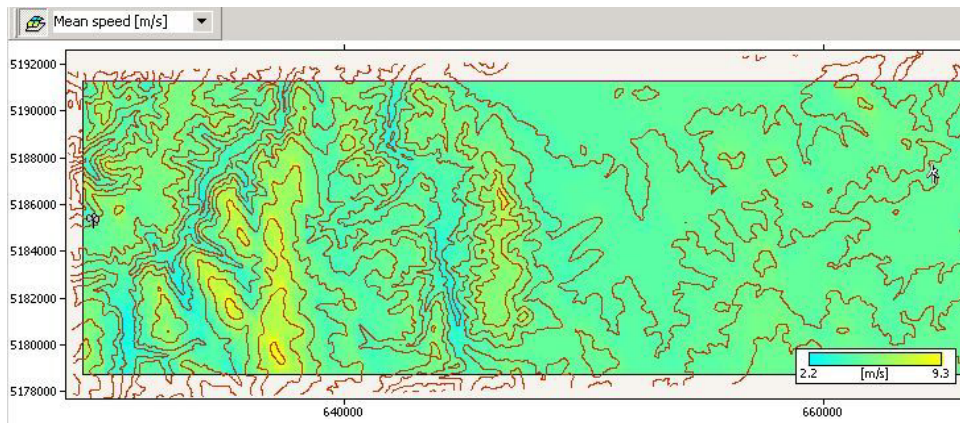


4. ábra A két pont egymáshoz viszonyított helyzete (a kanalas anemóméter Floroiu Ny-on, a szélérőmű Kőrösfő szomszédságában lévő dombtető - K-en)



5. ábra A két pont közti keresztmetszet

A említett időszakban mért adatok alapján modellfuttatási eredmények alapján elmondható, hogy a kérdéses helyen az átlag szélsébség 6 m/s körül van, amit az alábbi térkép is igazol (6. ábra).

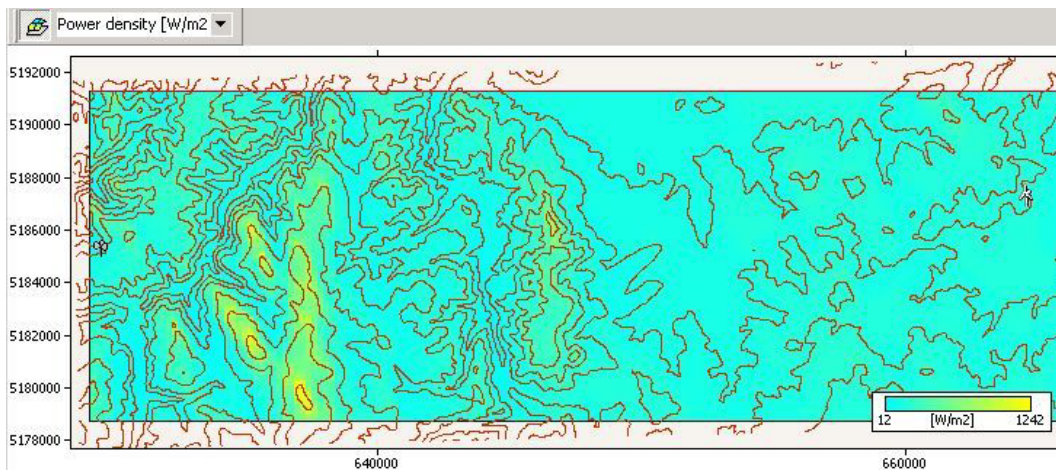


6. ábra Az átlagszélsébség grafikus ábrázolása

A horizontális szélmezőket 50 méteres magasságra számoltuk, mivel egyrészt ebben a magasságban már nem érvényesülnek a tereptárgyak és a mozgó légtömegek határfelületén jelentkező súrlódás, amely sebességcsökkenést okoz, másrészt ebben a magasságban helyezkednek el a kisebb teljesítményű szélrómúvek generátorai.

A szélrómúvek toronymagassága teljesítménytől és helyi viszonyoktól (topoklimatikus hatások) is függ. Ezen feltételeknek megfelelően a kisebb teljesítményű Vestas V52 típust választottuk ki, melynek toronymagassága 55 méter, névleges teljesítménye 850 kW.

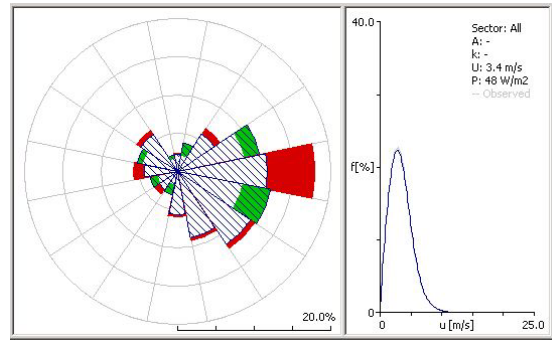
Erre a magassági zónára számított kitermelhető energiamennyiség maximuma meghaladja az 1200 W/m^2 -t. Ezek a kiugró értékek természetesen csak a magasabb (1500 méter tengerszint feletti magasság felett), nyílt (több irányba nyitott) térszíneken fordulnak elő. A kérdéses terület szélenergia potenciálja átlagosan $400\text{-}450 \text{ W/m}^2$ között változik, amit az 7. ábra



7. ábra Az kitermelhető szélenergia területi változásai

vizuálisan igazol. A környező területek szélenergia potenciálja is hasonló, viszont az topográfiai felszín nagyban módosítja ezen értékeket. A völgyekkel és kisebb nagyobb nagyobb magaslatokkal tarkított felszín markánsan különböző kitermelhetőséggel rendelkező térségeket hoznak létre. A magasabb térszinek magasabb, míg védettebb kevésbé magas régiók alacsonyabb energiameennyiséget szolgáltatnának.

A mért időszak szélrózsáján a keleties szelek dominálnak, ami egy érkező ciklon hatásának tudható be (8. ábra). Az éves viszonylatban a nyugati szelek dominálnak.



8. ábra A vizsgált időszakban mért szélirányok eloszlása

A modell felhasználó barát jellege ellenére kifinomult hierarchia rendszere van, amit annak elindításakor és az adatok bevitelekor mindenképpen figyelembe kell veyünk. ellenkező esetben hibaiüzenettel adja tudtunkra, hogy tévedtünk.

A betáplálendő adatok a következők:

- az adatpárok sorozata (szélsebességhez tartozó szélirány adatok)
- szintvonalas térkép (mindkét pont rajta kell legyen – mérőpont és származtatott – nem több mint 10.000 töréspont)
- a felszín érdességét igazoló panoráma fotó
- a mérőárbóc magassága
- a kívánt származtatás magasságának értéke

Összegzés

Konkrét beruházási céllal felállított mérőoszlop hosszabb ideig való folyamatos adatrögzítése pontos, a szabványnak megfelelő adatokat nyerhetünk.

A vizsgált terület tagoltsága nagyobb hibafaktort jelent a származtatott adatokban.

A 2008. április 26. – május 1. között rögzített adatok alapján elmondható, hogy a Kőrösfő határában lévő domb olyan szélenergetikai potenciállal rendelkezik, amely feltételezi egy szélerőmű beruházásának sikerességét.

Az említett területen kívül számos olyan hely van a modell eredményeire támaszkodva, amely energetikailag kiaknázzható.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani az adatok előkészítésében segítséget nyújtó személyeknek: Dr. Imecs Zoltán tanárúnak, Bartók Blanka témavezetőmnek; továbbá a magyarországi Országos Meteorológiai Szolgálat két munkatársának: Tarjányi Zsuzsannának és Németh Ákosnak, hogy rendelkezésemre bocsáltottak minden segítséget a zökkenőmentes munka érdekében.

Irodalomjegyzék

Bartholy Judit és Radics Kornélia (2000a): *Természetes felszínek áramlásmódosító hatásai*, In: Erdő és Klíma Konferencia III. 2000. június 7-9., Debrecen. szerk.: Kircsi, A. Debrecen. 2000. DE Meteorológiai Tsz

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

J. W. Verkaik (2001): *A method for the geographical interpolation of wind speed over heterogeneous terrain*. <http://www.knmi.nl/samenw/hydra>

Kircsi Andrea (2007): *A szélesebesség adatok területi extrapolációja - lehetőségek és nehézségek*, Magyar Szélenergia Társaság, Debrecen

Lázár István (2009), *Vertikális szélprofil időbeni változásának vizsgálataa Dregán és Jád vízváltatóján*, Ábel kiadó, Kolozsvár

Sándor Valéria, Wantuch Ferenc (2005), *Repülésmeteorológia*, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest

Szász Gábor (1988), *Agrómeteorológia*, Mezőgazda Kiadó, Budapest

Troen, I. and Petersen, E. L., (1989): *European Wind Atlas*. Riso National Laboratory. Roskilde, Denmark

***www.szelkerekcentrum.hu

***www.wasp.dk