

OTDK Dolgozat

Tatárvári Károly

2013

**Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Környezettudományi Intézet**

A szélerózió homoktalajokra gyakorolt hatásai

Tatárvári Károly

Konzulens:
Prof. Dr. Szakál Pál
Egyetemi tanár
NyME-MEK
Prof. Dr. Buzás István
Főiskolai tanár
KF-KFK

2013

1 Tartalom

2	Köszönetnyilvánítás.....	5
3	Bevezetés	6
4	A mintaterület földrajzi elhelyezkedése, lehatárolása.....	6
5	A Duna-Tisza közti homokhátság éghajlata	7
6	A Duna-Tisza közti homokhátság formakincsei és azok kialakulása	9
6.1	A Duna-Tisza közti homokhátság talajtípusai.....	11
6.1.1	A vizsgált talajok rövid jellemzése	12
6.2	Talajok alapvető tulajdonságai	13
7	A szélrózió elmélete, folyamata	14
	A lebegtetett hordalékszállítás	16
	Ugráltatott hordalékszállítás	17
	Görgetett hordalékszállítás	17
8	A szélrózióra ható tényezők	18
	Éghajlati viszonyok	18
	Szél	19
	Csapadék	20
	Hőmérséklet	20
	Talaj.....	20
	CaCO ₃	22
	Növényzet	22
	Antropogén hatások.....	23
9	A szélróziós kutatások története	24
10	A vizsgálatok anyaga és módszere.....	28
	Mintavétel	28
	Minták előkészítése a szélróziós és talajtani vizsgálatokra.....	28
	A Debreceni Egyetem szélcsatornája.....	29
	A szélcsatornás mérések	30
10.1	Talajlaboratóriumi vizsgálatok:.....	30
	Arany-féle kötöttségi szám (K _A)	31
	Mechanikai összetétel:.....	31
	Szénsavas mésztartalom (CaCO ₃)	31

Kémhatás pH (H ₂ O), pH (KCl).....	31
Humusztartalom (szervesanyag-tartalom)	31
Nitrát-nitrit (NO ₃ -NO ₂).....	31
Felvehető tápanyagtartalom	31
11 Eredmények:	32
11.1 A mechanikai összetétel eredményei:	32
11.2 A szélprofil vizsgálatok eredményei:	33
11.3 Kritikus indítósebesség:.....	35
Az erodálhatósági vizsgálatok eredményei	36
11.4 Arany-féle kötöttségi egység és összes sótartalom:	39
11.5 A CaCO ₃ és változásai:	42
11.6 A pH és változásai:.....	44
11.7 Humusz % és annak változása:	45
11.8 NO ₃ -NO ₂ -N és annak változása:	48
11.9 A P ₂ O ₅ , K ₂ O és Na tartalom, valamint ezek változása:.....	50
12 Következtetések:	57
13 Összefoglalás és Javaslatok	57
14 A kutatás jövője.....	60
15 Melléklet	61
16 Irodalomjegyzék	69

2 Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék nyilvánítani Prof. Dr. Buzás István, Prof. Dr. Cserni Imre és Prof. Dr. Lóki József tanár uraknak, a rengeteg segítségért, tanácsért és a lehetőségért, hogy dolgozatomat a Debreceni Egyetem SzélcSATornájában és a Kecskeméti Főiskola Talaj- és Növényvizsgáló Laboratóriumában készíthettem el. Valamint köszönetet mondanék Dr. Négyesi Gábornak a rengeteg tanácsért és a segítségért az erodálhatósági vizsgálatok során, a Talajlabor minden dolgozójának: Hüvely Attila, Borsné Dr. Pető Judit, Molnárné Verrasztó Ibolya és Virág Mónikának a talajtani vizsgálatok során nyújtott segítségükért. Nagy Nikolettának azért mert mindvégig támogatott és biztatott, rengeteget segített.

3 Bevezetés

Magyarországon a szélróziónak kitett területek nagysága a teljes terület közel 40%-a (Nyíri, 1993), míg Európában megközelítőleg 550 millió ha. Az értékek folyamatosan növekszenek a sivatagosodás illetve szárazulás következményeként. A jelenség főleg a csapadék csökkenésével és egyenetlen eloszlásával magyarázható, ebből adódóan a talajvízszint is jelentősen csökkenő tendenciát mutat ezeken a területeken. Magyarországon a jelenséget a Duna-Tisza közti homokhátságon észlelték először regionális méretekben. A részletesebb vizsgálatok feltárták, hogy a változásért a csapadék csökkenése csak részben felelős, valójában ez egy bonyolult, összetett folyamat, melyben társadalmi hatások (pl.: rétegvíz kiemelés, vízelvezetés, területhasználati változások, helytelen mezőgazdasági művelés) is jelentős szerepet játszanak. A Duna-Tisza közti homokhátság talajainak közel 90%-a rendkívül érzékeny a szélróziónak. Ennek oka főleg a nagy homoktartalom, de a szélróziónak nem csak a homoktalajokon okozhat jelentős károkat. A szélróziónak általában negatív hatással van a mezőgazdasági művelési ágakra, a táj értékeire, az emberi egészségre.

A dolgozat célja bemutatni a Fülöpháza, Kerekegyháza mintaterületről származó mintákon és szakirodalmi adatokon keresztül a szélróziónak hatásait a Duna-Tisza köze homoktalajaira, a talajok tápelemtartalmára és környezetére.

4 A mintaterület földrajzi elhelyezkedése, lehatárolása

A Duna-Tisza közti síkvidék kiterjedése megközelítőleg 7400 km². Főleg a Duna-Tisza köze síkvidéki tájait fedi le, de velük nem teljesen azonos. Nagyrészt Bács-Kiskun megyében terül el, de lényeges részei nyúlnak át Pest és Csongrád megyébe is. Keletről a Tisza, míg nyugatról a Duna határolja, melyeknek mederszintje a hátság talajvízszintje alatt van.

Egyszerre természeti képződmény és ember által formált „kultúrtáj”. Az ember, a mocsarak lecsapolásával illetve az erdőségek, ligetes legelők művelésbe vételével majd a folyók szabályozásával rendkívül sokat alakított a tájon. Alapvetően négy részre osztható:

- Duna-Tisza közti hátság
- Duna menti síkság
- Alsó-Tisza-vidék térsége

- Bácskai-síkvidék (Stefanovits, 1999).

A térség sem klasszikus tájbeosztási kategóriába, sem közigazgatási kategóriába nem illeszthető, mert Magyarország természeti tájainak rendszertani felosztásában e módon nem szerepel. Sík vidék, legmagasabb és legalacsonyabb pontja között mindössze kb. 80 m az eltérés.

5 A Duna-Tisza közti homokhátság éghajlata

Hazánk, így a terület éghajlatát is az ország földrajzi helyzete, óceánoktól való távolsága és az orográfiai viszonyok határozzák meg. Az ország a mérsékelt éghajlati övben, a nyugatias szelek zónájában fekszik. Éghajlatát a nagyfokú változékonyság jellemzi. A mérsékelt öv hűvös éghajlatú rendszerében, a hosszabb, meleg nyarú kontinentális éghajlati terület része (Martonné, 2007). A homokhátságon a napsütéses órák átlagos évi összege 2150 óra fölött van, ebből a tényleges éves napfénytartam decemberben 15-20 % míg júliusban 55-60 % - ot is elérheti, illetve meghaladhatja. A napsütéses órák száma az országos átlaghoz képest magas. Az éves átlagos középhőmérséklet $10 - 10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Az éves hőmérsékleti átlagok folyamatos növekedést mutatnak a területen. (OMSZ 1960-2005). Az éves csapadékmennyiség 400 – 600 mm között mozog és az egész Duna-Tisza közti homokhátságra jellemzően elmondható, hogy az aszályosodásnak megfelelően egyre csökken, bár néhány csapadékmérő állomáson enyhe emelkedést mutatnak az adatok, összességében a csapadék csökkenő tendenciát mutat, ezért és a nem megfelelő vízgazdálkodás miatt a terület talajvízszintje csökken. A talajvízszint csökkenésére a vízrendezések rendkívül nagy hatással voltak. A talajvíz az eredeti mocsaras belvizes állapotból először 1 – 1,5 m-es mélységbe süllyedt majd ezután is folyamatosan csökkent illetve csökken a hátság talajvízszintje, többek között a Duna és a Tisza alacsonyabban fekvő medrének, valamint a folyamatos vízkivételnek köszönhetően. Amint az a mellékelt ábrákon is látható, Kecskeméten és környékén, valamint Fülöpházán és Kerekegyházaán is csökkenés tapasztalható (1 - 5. ábra, saját szerkesztés) a talajvízszint adatokban (OMSZ 1960-2005). A globális változások figyelembevételével bátran kijelenthetjük, hogy mind a csapadék mennyiségében, mind a talajvíz szintjében további csökkenés várható és ezek a változások jelentős szerepet játszottak és játszanak ma is a térség éghajlati alakulásában (Rakonczai. 2005). Országos átlagában hazánkban a szélesebbség évi átlagai 2-4 m/s között változnak, ez alapján mérsékeltén szeles területnek minősül. A havi átlagos szélesebbség éves menetében általában áprilisban mutatkozik a maximum, míg a



6 A Duna-Tisza közti homokhátság formakincsei és azok kialakulása

Hazánk legnagyobb futóhomok területe. Felszínének kialakulásáról az első tudományos elméletet Cholnoky J. (1910) dolgozta ki. A homokformák magyarázata során csak szélbarázdákról, garmadákról és maradékgerincekről beszél, valamint az ÉNY-DK irányban elterülő vizenyős laposokat deflációs eredetűnek tartja (Borsy. 1974).

Kádár L. (1935, 1939) többek között kimutatta, hogy a Német- Lengyel síkság futóhomok területeire jellemző parabolabuckák a homokhátságon is megtalálhatók.

A Duna-Tisza közének legjellemzőbb homokformái genetikai szempontból a következők: szélbarázdák, garmadák és maradékgerincek. Azonban ezek a formák az előfordulási területeken jelentősen különböznek egymástól. A Dunának ezen a hatalmas hordalékkúpján rendkívül sok a kis reliefenergiájú, illetve majdnem teljesen lapos felszín. A Monor – Örkény – Kerekegyháza – Bugacmonostor – Szank – Kiskunhalas – Jánoshalma vonaltól K-re, illetve DK-re a reliefenergia csaknem kisebb 5 m-nél, valamint a nagy kiterjedésű felszíneken még a 3 m-t sem éri el. Gyengén tagolt felszínek a terület Ny-i felében is gyakran előfordulnak. Ezeken a területeken a futóhomok rétege is vékonyabb. Tehát nem mondható, hogy a területre jellemző lenne a nagy vastagságú futóhomok (Borsy 1974).

Az 5-7 m-nél magasabb reliefenergiájú területek még a táj nyugati felében is csak ritkán fordulnak elő, kis kiterjedésűek és szigetszerűen jelennek meg. Ilyen felszínek láthatók Szabadszállástól K-re, Fülöpházától Ny-ra, Ágasegyházától ÉNy-ra és D-re valamint Bugac környékén. Az említett homokfelszínek különösen ott lényegesek és tanulságosak, ahol a reliefenergia eléri vagy meghaladja a 10 m-t is.

Az, hogy a homokfelszínek rendkívül különbözőek egymástól, tulajdonképpen érthető, hiszen ezek a formák a szél és a növényzet párharcában képződtek. A növényborítottsági (NDVI) érték pedig nagyban meghatározza a szél felszínalakító munkájának lehetőségeit. Alakjuk és méretük elsősorban a munkaképes szelek irányától, erősségétől, a növényborítottsági tényezőtől valamint a homokmozgás idejétől függ, és kisebb mértékben, de jelentős szerepet játszanak a talajvíz viszonyok és a domborzat is (Borsy 1974).

A szélbarázdák hosszúsága 20-500 m, szélessége pedig 25-200 m között változik. Mélységük általában 1,5-8 m. Sokszor nincs garmadájuk és gyakran a gyöngysor elemeihez hasonlóan követik egymást. A szélbarázdákból kifújó homok általában garmadákban halmozódik fel. Cholnoky J. (1910), annak idején még csak parabola alakú garmadákat említ, de valójában ebből van a kevesebb. Sokkal gyakoribbak a csekély alakellenállású, ovális alaprajzú hosszanti garmadák. A két típusú forma közül a parabola alakú garmadák érik el a nagyobb magasságot gyakran 15-18 m-t is (az akkumulációs homokmezőkön). A hosszanti garmadák 2-8 m magasak. A szélbarázdás felszínek jellemző formája a maradékgerinc. A vizsgált területen ebből is több formát különböztethetünk meg. Akadnak egész keskeny mindössze 10-30 m hosszú gerincek, és előfordulnak 200-300 m hosszúak is. A zártabb futóhomok területeken általában az uralkodó szél irányában húzódó maradékgerincek egész sora figyelhető meg. Ilyenkor gyakran keskeny szélbarázdák ékelődnek közéjük (Borsy 1974).

Területünk DK-i részében sokfelé látni deflációs laposokat is. Ezek többnyire ÉNy-DK irányban terülnek el, a minden oldalról zárt deflációs laposok hossza gyakran 2 km-nél is több. Deflációs eredetüket a tőlük D-re elhelyezkedő akkumulációs eredetű homok igazolja (Borsy 1974).

A Duna-Tisza köze Ny-i felében a szélbarázdás területek mellett, illetve azok mellett többfelé előfordulnak parabolabuckák is (pl.: Fülöpházától DNy-ra). Ahogy a Nyírségben itt is az aszimmetrikus parabolabuckák a gyakoribbak, melyeknek többnyire a Ny-i száruk a rövidebb, de itt általában a Nyírséginél kisebb mértékű az aszimmetria, szárhosszúságuk általában kisebb, viszont csúcsmagasságuk helyenként tekintélyes, akár a 20 m-t is elérheti (Borsy. 1968).

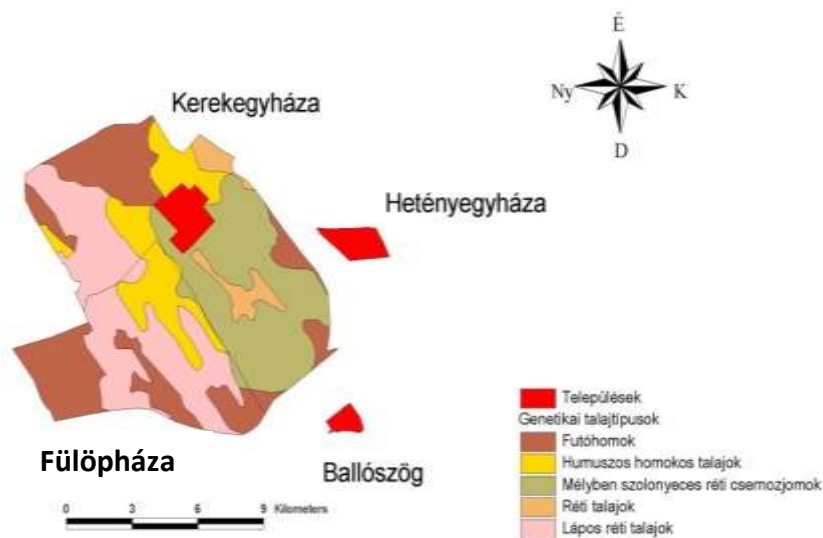
Különösen a vizsgált terület Ny-i felén tapasztalható, hogy a futóhomok nagyobb akkumulációs mezőkbe rendeződött (pl.: Fülöpházától Ny-ra és ÉNy-ra, Bugactól É-ra). Ezek felszíne és kiterjedése rendkívül változatos. Akad közöttük akár 10 km átmérőjű is. Megfigyelhetjük azonban, hogy parabolaszerűen nyomulnak előre (pl.: Bugactól É-ra). Az akkumulációs mezőktől ÉNy-ra minden esetben nagy kiterjedésű lapos felszínek terülnek el. Ezek többnyire rossz lefolyásúak, vízenyősek. Egy részük lehet természetes folyóvízi eredetű is, de a nagyobb területű laposokat a defláció alakította ki. Bizonyos, hogy a

nagyméretű homok-felhalmozódások és a tőlük ÉNy-ra fekvő laposok között genetikai összefüggés van (Borsy. 1968, 1977a).

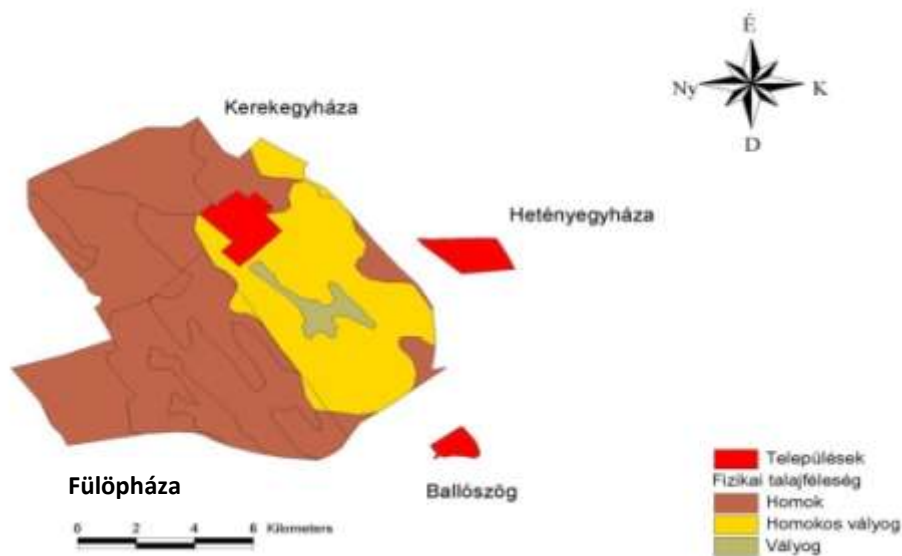
A Duna-Tisza közén nagy területeket borít be a lepelhomok, amelyre mint formára Marosi S. (1967) a homoklepel megnevezést ajánlotta. A homoklepelnek két megjelenési formája van. Az első egy-egy szélbarázda vagy szélbarázda-sor végénél, amikor a szélbarázdából kifújt anyag nem rendeződik garmadába, hanem lepelszerűen szétszóródott a végénél, ezeknek viszonylag kicsi a kiterjedése. A második a nagy akkumulációs homokmezők előterében helyezkedik el melyek sokkal nagyobb kiterjedésűek. A lepelhomok többfelé löszös laposokra települt, máshol meszes, mészsizapos felszíneket vagy korábbi holocén humuszos homokrétegekre települt, illetve a Kolon-tótól Ny-ra tőzeges rétegek fekszenek alatta. A tagolatlan felszínű lepelhomok vastagsága általában 50-200 cm (Borsy. 1974). Nagy kiterjedésű löszös takaróval fedett buckás felszínek bőven akadnak a Duna-Tisza közén. Ezek mind kis vagy közepes reliefenergiájúak. Formái, ugyanazok mint a homokkal takart területeken, de méretük és alakjuk rendkívül változékony.

6.1 A Duna-Tisza közti homokhátság talajtípusai

A Duna-Tisza közti homokhátság talajai főleg a Duna hordalékából származnak és többségében a szél által osztályozottak. A talajképző közet szemcsézettsége a 0,1-0,2 mm átmérőjű homoktól a közepes és finom közetlisztből keletkezett homokos lösz és lösz skálát öleli fel. A tájat főleg azért nevezzük homokhátnak, mert a homokot helyenként buckákba rendezte a szél. A talajok aszerint alakultak ki, hogy a lösz vagy a homok szolgált talajképző közetként. A futóhomoktól a csernozjomig a humuszos homok különböző változatai fordulnak elő a térszíneken, de ott ahol a talajvíz a felszínhez közel van réti talajok, láptalajok és szikesek jöttek létre. Általában a táj É-i szélén található mélyedésekben a réti és a láptalajok a jellemzőek a mélyebb fekvésű sík buckaközi térségekben, míg D felé erősödik a szikes jelleg. A homokmozgás következtében a táj talajai között sok a lepelhomok és a kétrétegű homok, az eltemetett talajszintek miatt (Stefanovits, 1996). A vizsgált talajok genetikai és fizikai-félesége látható a 6-7. ábrán.



6. ÁBRA A MINTATERÜLET GENETIKAI TALAJTÍPUSAI (SAJÁT SZERKESZTÉS)



7. ÁBRA A MINTATERÜLET TALAJAI FIZIKAI FÉLESÉG ALAPJÁN (SAJÁT SZERKESZTÉS)

6.1.1 A vizsgált talajok rövid jellemzése

Futóhomok és jellegtelen homoktalajok: talajszelvényén még nem ismerhetők fel a talajképződés olyan bélyegei, mint a humuszosodás, a szerves anyagok vándorlása és felhalmozódása. Növényzetük gyér, kevés a szerves-anyag termelés és a kevés humuszanyag is gyorsan ásványosodik. A száraz felszínen a szél a homokot gyorsan görgeti, elhordja. A talajfelszín gyors változása miatt a növényzet fenntartása illetve termelése szinte lehetetlen. Termékenységük kicsi, vízháztartásuk a kevés humuszanyag miatt kedvezőtlen. Lényeges tulajdonságuk, hogy a kvarc mellett mennyi szilikátot tartalmaznak. Megkülönböztetünk

szilikátszegény (5% > szilikát), közepesen szilikátos (15-20%) és szilikátban gazdag homokokat (szilikát > 20%). Jellemző folyamatuk a talajszemcsék mozgása. Altípusaik: karbonátos (Duna-Tisza köze), nem karbonátos (Nyírség), és kétrétegű szelvény lepelhomokot (Kecskemét környéke). A változatokat a szilikáttartalom, a szemcsenagyság és a talajvízszint mélysége szerint határozzuk meg (Cserni, 2005).

Humuszos homoktalajok: Itt a humuszos szint már morfológiailag érzékelhető. A humusz általában több mint egy százalék, a humuszos szint vastagsága szinte soha nem haladja meg a 40 cm-t. Tápanyag utánpótlás tekintetében nitrogént kell pótolni mert ez limitálja a talajtípus termékenységét. Víztartó képessége nagyobb mint a homoké és a lepelhomoké. Jellemző folyamatuk a humuszosodás. Altípusaik lehetnek karbonátos, nem karbonátos és lepelhomok jellegű (kétrétegű humuszos homok). Változataik a humuszos réteg vastagsága alapján különíthetők el (Cserni, 2005).

Lápos réti talajok: amikor a réti talajok képződését kiváltó túlnedvesedés fokozódik, akkor a talajfejlődés a láposodás felé tolódik el. A réti talajok közül itt a legnagyobb a vízhatás, a talaj szelvényében láposodás tapasztalható. A felső rétegben magas a humusztartalom, ami az A szint tetején kotusodásban nyilvánul meg, valamint erőteljes glejesedés formájában ismerhető fel. A felső rétegek szerkezete laza, morzsalékos. A többi réti talajtípustól szerves anyag tartalma alapján tudjuk megkülönböztetni. Homok mechanikai összetétel esetén 4-10 % humuszt tartalmaz, míg vályog vagy agyagtalaj esetén ez az érték 7-10 %. Szelvényük fekete, a humuszos szint alja vasborsókat, mészkiválásokat, glejes foltokat tartalmaz. Víz és tápanyagtartalmára a túl bőség a jellemző. Jellemző folyamata a szervesanyag felhalmozódás. Altípusai lehetnek típusos, szoloncsákos és szolonyeces. Változatait a humuszosodás mértéke, a karbonát jelenléte, a mechanikai összetétel, valamint a só-felhalmozódás alapján tudjuk megkülönböztetni (Cserni, 2005).

6.2 Talajok alapvető tulajdonságai

A talajok alapvető tulajdonságai közül főleg azokat említem meg amelyek a szélerózió szempontjából meghatározóak.

Szerves anyag: talajaink szervesanyag-tartalma általában 2-5 %. Ez az érték a talaj felső, A-szintjére vonatkozik. A szervesanyag-tartalom a mélység felé általában csökken. A szerves anyagokat a következőképpen csoportosíthatjuk:

- élőlények,
- nem humusz jellegű elhalt növényi és állati maradványok,
- valódi humuszanyagok.

A humusz a talaj összes szerves anyagának csak egy részét képezi, általában a talajba kerülő szerves anyagnak csak 10-30%-ából lesz valódi humuszanyag. Bonyolult szerkezetű talajonként is változó polimerekből áll. Erősen kötődik a szervesetlen ásványokhoz (Stefanovits, et.al. 1996).

Nitrogén: a talajokban található nitrogén (0,02-0,4 %) 95-98 %-a szerves formában található. A 3-5 %-ban jelenlévő ásványi nitrogénformák (NO_3^- , NH_4^+) felvehetők a növények számára, de mennyiségük viszonylag rövid időn belül is rendkívül változó lehet. A szerves formákból mikrobiológiai folyamatok következtében ammonifikáció útján ammóniumion, majd nitrifikáció útján nitrát ion keletkezik. (Stefanovits, et.al. 1996).

Foszfor: a talajok összes foszfortartalmának (0,02-0,1%) körülbelül 50 %-át teszi ki a szerves formában kötött rész. Ez csak a felső humuszos rétegre vonatkozik, lejjebb csak szervesetlen formában fordul elő. A foszforvegyületek általában rosszul oldódnak. A feltalaj szélrózsiós és eróziós elhordása során jelentős veszteségek lépnek fel, hiszen az alsóbb rétegekben nincs oldható formában foszforvegyület (Stefanovits, et.al. 1996), (Stefanovits, 1977).

Kálium: ebből az elemből 2-3 % is lehet a talajban, ennek nagyobb része szilikát ásványokba zárva van. A növények számára felvehető K^+ forma a talajkolloidok felületén megkötődik, kimosódásával kizárólag homoktalajokon kell számolni (Stefanovits, et.al. 1996).

Karbonátok: a talajokban gyakran előforduló ásványok. A talajokban gyakran kalcit, dolomit, aragonit valamint szóda formában fordul elő (Stefanovits, et.al. 1996).

7 A szélrózsió elmélete, folyamata

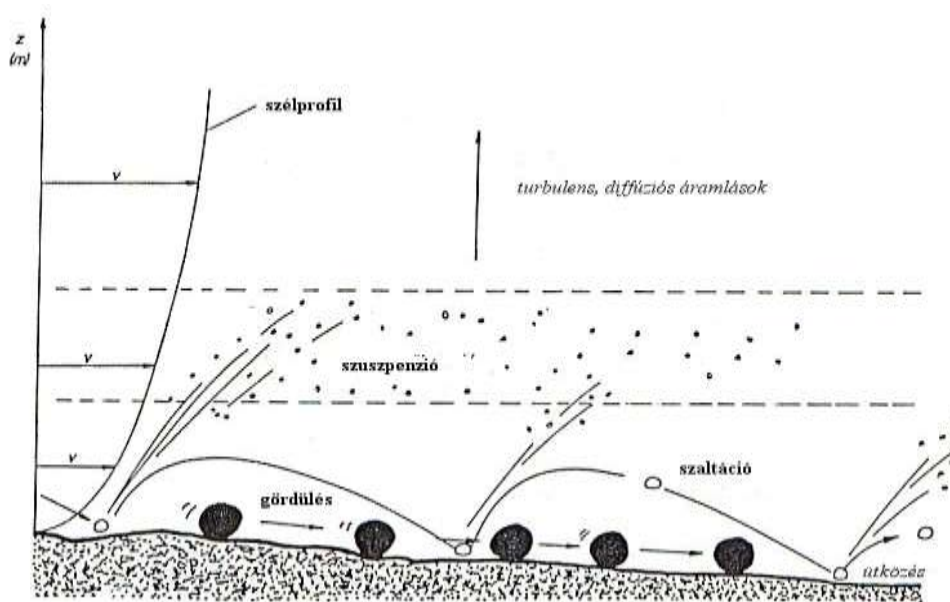
A szélrózsió kutatása a futóhomok területeken kezdődött. A szél munkájának tanulmányozása során megkülönböztették a kifújást, szállítást és felhalmozódást, vagy

deflációt, transzportációt és akkumulációt. Ennek alapján beszélhetünk deflációs és akkumulációs formákról, illetve területekről. A kötöttebb talajokon végzett kutatások során először Chepil hívta fel a figyelmet a szemcsék egy másfajta mozgására, melynek során a szemcsék ugráló mozgással közlekednek, ezt a jelenséget szaltációnak nevezték el. Ez a folyamat azért fontos, mert a rendszeresen újból becsapódó szemcsék folyamatosan újabb deflációra alkalmas méretű szemcséket hoznak létre, amíg a talaj alkotóelemeire nem bomlik. Ezért külön kell választani a deflációt és az abráziót, míg a deflációt a gyengébb szerkezetű talajokra használhatjuk, addig kötöttebb talajokra a deflációt és abráziót együttesen használjuk, ezért itt a szélerózió kifejezés az indokolt.

„A szemcsék kifújása során az egyes mozgástípusokat is elkülönítették és ennek megfelelően megkülönböztették az effluxiót, extruziót, detruziót és az efflációt. Az effluxió tulajdonképpen 0,1– 0,5 mm átmérőjű szemcséknek a közvetlen szélerő hatására történő elmozdulását jelenti. A szemcsék többsége ugráló (szaltáció) mozgással halad előre. Az extruzió akkor figyelhető meg, ha nagyon erős szélben a 0,5 mm-nél nagyobb átmérőjű talajrészecskék gördülve, csúszva haladnak előre. A detruzió az érdes, barázdás felszín kiálló részeinek lepusztulását, illetve a barázdák közötti mélyedések feltöltődését jelenti. Az effláció a finom por kifújását és tovaszállítását jelenti. A fentieket figyelembe véve a defláció is egy tágabb fogalomnak tekinthető (Lóki. 2005).”

A szélerózió legfontosabb része a kifújás, hiszen a legkisebb frakciók elmozdulásával kezd meg tevékenységét. A szemcsék elmozdulásának idejét a szél és a talaj bonyolult tulajdonságainak (szélerősség, turbulencia, szélirány, talajszemcsék fajsúlya stb.) összessége határozza meg. Amikor a szél sebessége eléri a szemcsék elmozdításához szükséges sebességet, melyet kritikus indítósebességnek vagy küszöbsebességnek nevezünk, megindul a kifújás folyamata. A szemcsék elindulásuk előtt a kutatások alapján rezgő, forgó és gördülő mozgást végeznek amely a szél turbulenciájának és sebességének köszönhető (Bagnold, R. A. (1941); Bisal, F – Nielsen, K. F. (1962)). „A szélerózió folyamatának megindulásához a légáramlás energiája is szükséges. Az örvénylő x, y, és z koordináták menti sebesség segíti a talajszemcsék felemelkedését. A talajszemcsék elmozdulása ezért elsősorban nem az átlagsebességtől, hanem inkább az örvények maximális sebességétől és irányától függ. A szélerózió dinamikájának tanulmányozására ezért elsősorban a sebességprofil szoktuk

használni (Lóki. 2004).” A 9. ábra a szélprofil és az elmozduló, szállítódó szemcsék összefüggését mutatja.



8. ÁBRA A TALAJSZEMCSÉK MOZGÁSA A SZÉLERÓZIO FOLYAMATÁBAN (LÓKI J. 2005)

A lebegtetett hordalékszállítás: lebegtetett szállításról akkor beszélünk, ha az elhordott szemcséknek függőleges és vízszintes irányú mozgása is van. Ez a mozgásfajta a szerkezet nélküli homoktalajokon nem jellemző, hiszen így a kisebb szemcsék (0,002-0,1 mm) illetve a pollenek szállítódnak akár tíz méteres magasságokban is. Ezért a lebegtetett szállításnál fontos szerepet játszik a talajok mechanikai összetétele. Ez hazai viszonylatokban főleg az elporosodott talajokra jellemző, finom iszapos, agyagos talajoknál. A lebegtetett hordalékszállításnak fontos humán orvosi jelentősége is van napjainkban, hiszen így a lakott területekre kerülhetnek vegyszerek, pollenek és nem utolsósorban nagy mennyiségű por. A szállítás alapvető tulajdonsága, hogy 1 m magasságban szállítódik a legkevesebb por és 1-10 m magasságban a hordalék jelentős része. A por mennyisége alapvetően függ a szélereősségtől és a csapadék mennyiségétől illetve a talaj nedvességtartalmától, csapadékos időben a por mennyisége minimálisra csökken (Lóki J. 2003; Chepil, W.S. 1953,1956, 1958).

Ugráltatott hordalékszállítás: a leglényegesebb mozgási fázist szaltációnak is nevezzük. A szemcsék meredeken felfelé mozognak majd a gravitáció és szélesebbesség függvényében újból a talajfelszínnek csapódnak, ütközésük során újabb szemcséket tesznek a szél által elhordhatóvá (8-9. ábra), a felszínen nagy pusztítást végezve. Általában a 0.1-0.5 mm közötti szemcsék mozognak így.

A talajok szemcséinek 60-80% szaltációval mozog, miközben újabb szemcséket



9. ÁBRA UGRÁLÓ HOMOKSZEMCSÉK A SZÉLCSATORNÁBAN (LÓKI J. FELVÉTELE)

szabadít fel a szélerózió számára, illetve növeli a szél által elhordható por frakció mennyiségét. Kötöttebb talajok esetében azonnal nagy mennyiségű poranyag kerül a légtérbe, majd, ha a kifújás megfelelő mennyiségű poranyagot távolít el a hézagpórusokból itt is beindul a szaltáció. Gyengén kötött talajoknál a finomabb frakciók hiánya miatt szinte azonnal fellép a szaltáció. „A szemcsék szaltációs mozgása akkor fejeződik be, amikor a pálya természetes vagy mesterséges akadály miatt megtörik, vagy a szélesebbesség lecsökken. Ilyen esetben a szélerózió is megszűnik. A szélcsatornában növényzettel végzett kísérleteink során azt állapítottuk meg, hogy a 14 m/s-os szélben a szélirányra merőlegesen elhelyezett 10–12 cm magasságú búzanövény-sorok az ugráló mozgást és a felszín deflációját teljesen leállították. Terepi megfigyeléseinknél mindenütt azt tapasztaltuk, hogy a parcella szélirányba eső végénél levő árokparti füves növényzet is gátat vet a szélerózióknak (Lóki. 2004).”

Görgetett hordalékszállítás: a felszínen gördülő szemcsék és aggregátumok mozgását értjük alatta, melyeket súlyukból kifolyólag a szél nem képes felemelni. A mozgásforma elsősorban a szaltációs mozgást végző szemcsék hatására indul meg. A becsapódás közben átadódó energia segítségével, valamint a felszínre csapódó energiájukat veszített szemcsék is így mozognak tovább egy ideig. A szél erejének hatására gördülő

szemcsék is, akárcsak a szaltáció esetében bekövetkező továbbaprózódáshoz hasonlóan, tovább aprózódnak majd megfelelő méret elérése esetén mozgásfázist váltanak és útjukat szaltációval vagy lebegéssel folytatják tovább. A szélerózió során az erodálható anyag mennyisége az eróziós felület nagyságától is függ, általában a felület nagyságával arányosan nő az erodálódott anyag mennyisége. Ebből az következik, hogy az erodálható és nem erodálható anyag mennyisége, az aggregátumok, összetapadt szemcsék, a folyamat során tovább kopnak, szétesnek, ezáltal folyamatosan újratermelve az erodálható felszínt, ezért a szétesés és kopás elleni védelem csökkenti a szélerózió veszélyét (Lóki. 2003).

8 A szélerózióra ható tényezők

A szélerózió kialakulásához több tényező együttes jelenléte szükséges. A szélerózió jóval kevesebb területet veszélyeztet, mint a folyóvíz okozta erózió, de nem elhanyagolható tényező, hiszen Földünk területén jelentős területeken találhatunk eolikus formakincseket, melyek egyértelmű bizonyítékai a szél felszínformálásának. Ezeken a területeken az éghajlati viszonyok, azaz a csapadék mennyisége, a hőmérséklet, a talaj összetétele, a növényzet hatásai illetve az antropogén hatások a meghatározóak (Lóki. 2004).

Éghajlati viszonyok: A sivatagok körülhatárolására általában még a szakkönyvek is csak a csapadékviszonyokat használják, azaz ahol 200-300 mm csapadék hullik évente. Ennél pontosabb módszer, ha a kiadósabb esőzések valószínűsége, gyakorisága alapján határozzuk meg a sivatagos területeket, de még mindig nem teljesen megbízható. Ennél még jobb eljárás, ha a potenciális evapotranspirációt (PET) vesszük alapul, ezt vetjük össze a csapadékmennyiséggel (C), ez az úgynevezett ariditási index (H) (Budüko, M.I. 1948). Ennek alapján: $H = PET/C$. Az evapotranspirációt fűtakaróra határozzák meg, ha a levegő hőmérsékletéből, nedvességtartalmából, a besugárzásból és a szélesebbésségből számoljuk a Penman-Monteith-féle módszerrel és az éves csapadékmennyiséget elosztjuk a kapott eredménnyel, akkor az UNESCO (1979) mutatóját kapjuk. A mutató alapján megkülönböztetünk (Lóczy. 2008; Rakonczai 2008):

- Szélsőségesen száraz (hiperarid)
- Száraz (arid)
- Félig száraz (szemiarid)
- Félig nedves (szubhumid)

➤ Nedves (humid) területeket.

Az UNESCO besorolás alapján hazánk és a vizsgált terület a félig nedves illetve a nedves besorolásba tartozik. Mivel az éves csapadékmennyiség a kirívó értékek kivételével átlagosan 500-700 mm között mozog. Ennek megfelelően az ariditási index Budüko, M.I. (1948) szerint 0,3 fölött, míg az UNESCO (1979) és FAO (1989) besorolás szerint 0,75 fölött van.

Szél: a szél a deflációt kiváltó tényezők közül a legfontosabb, tulajdonságai (szélerősség, turbulencia, irány) döntőek a folyamat kialakulását illetően. A levegő mozgása, a szél, a légkör nyomáskülönbségeinek köszönhető, áramlása a légkör nyomáskülönbségeinek kiegyenlítésére törekszik. A légköri légnyomáskülönbségektől függ a szél sebessége, a szélerősség. A szélerózió szempontjából a felszín közeli alsó légréteg tulajdonságának van alapvető, meghatározó szerepe. A szél sebessége, iránya időben és térben állandóan változik. A szélerózió mértéke főleg a szél sebességétől függ, de a szél sebességére hatással vannak a szállított talajszemcsék, a talajfelszín érdessége, a növényzet nagysága illetve annak léte. A szélesebesség általában a tavaszi hónapokban a legnagyobb, ez azért is veszélyes, mert a még ki nem kelt növények magjait a szél a talajjal együtt elhordhatja. A vegetációs időszak elején a növényzet még nem nyújt megfelelő védelmet a szélerózióval szemben, vagy a már kikelt növényeket újból betakarhatja illetve jelentős károkat okozhat (homokverés). Azt gondolhatnánk, hogy a szélerősség növekedésével az elszállított szemcsék mérete arányosan nő, de ez a gyakorlatban nem igaz, a néhány mm-nél nagyobb átmérőjű szemcsék általában már ellenállnak a deflációnak. Közvetlenül a talaj felszíne felett a szélerősség nullára csökken, ezt a réteget szemlélteti a k -érték. Vastagsága a felszín érdességétől, vagyis a talajrögök, talajszemcsék méretétől függ. Futóhomokoknál a felszínen lévő talajszemcsék átmérője határozza meg a k -értéket, mivel ezek a talajok nem állnak össze rögökké. Szélesatorna vizsgálatok bizonyították, hogy a rögök körül turbulencia keletkezik, melynek hatásaként a szélárnyékos helyekről is mozdít el a szél talajszemcséket. A turbulens szelek nagyobb pusztításokat végeznek mint a lineárisak, mivel a turbulencia hatásaként a szélesebesség megnő, lökéses jelleget vesz fel melynek hatásaként gyakorlatilag széllökések alakulnak ki. Lökéses jellege nem csak a szélesebességben, de a hirtelen irányváltásában is megmutatkozik, mely szintén nem közömbös a felszín szempontjából. A szél pusztító ereje megnő, ha hordalékot szállít, mivel a tiszta levegő sűrűsége kisebb. Ha a szélesebesség értéke átlépi a szemcsék mozgásba hozásához szükséges kritikus indítósebességet hiába növekszik a

szél sebessége, a felszín közelében csökken a szélesebesség, hiszen a felpattanó szemcsék akadályt jelentenek. (Lóki. 1994)

Csapadék: Az éghajlati tényezők közül a szél után a csapadéknak van a legnagyobb hatása a szélerózióra. A csapadék eloszlása, intenzitása, mennyisége szoros összefüggésben van a talaj nedvességtartalmával, ezen keresztül pedig a szélerózió érzékenységeivel. Nagy viharok esetén, ha előtte sokáig nem volt csapadék és a szél viharos erősségű, porviharok is kialakulhatnak a csapadék ellenére. Több kutatás is felhívta a figyelmet a csapadék és szél együttes felszínformáló hatására (pl.: Sharma, P. P. et al. 1995), az ilyenkor szállított talaj mennyisége szoros összefüggésben van a terület lejtésszögével (Lóki. 1995).

Hőmérséklet: a hőmérséklet a talaj nedvességtartalmát negatív irányba befolyásolja, ezáltal növelve a szélerózióra való hajlandóságot, viszont elegendő nedvesség mellett a növényzet fejlődését segíti elő így a szélerózió ellen hat. A különböző évszakokban a csapadék és a hőmérséklet összefüggései alapján változhat a szélerózióra való hajlam. Például, ha az őszi csapadékmentes és a tél is enyhe, száraz akkor a növényzettel nem védett talajfelszínt könnyen támadja a szél (Lóki. 2003).

Talaj: A szélerózió mértéke a szél erősségén kívül a talaj összetételétől függ. A munkaképes szelek a különböző talajtípusokat különböző mértékben képesek erodálni. A talaj tulajdonságai, úgymint szemcseösszetétel, szerkezet, érdesség, nedvességtartalom, szervesanyag meghatározza a szélerózió mértékét. A talaj szemcseösszetétele a szélerózióban rendkívül fontos szerepet játszik. Szoros kapcsolatban áll annak fizikaiféleségével, vízgazdálkodásával, szerkezeti viszonyaival, meghatározzák a talajfelszín milyenségét és ezen tulajdonságai alapján a szélerózióval szembeni ellenálló képességét is. Szemcseösszetétel szempontjából azoknál a talajoknál várható a legnagyobb erodálhatósági százalék melyekben jelentős hányadban szerepelnek a 0,05-1,00 mm átmérőjű frakciók. Azoknál a talajoknál melyek 0,05 mm alatti frakciókból állnak főleg, az erodálhatóság a szemcsék közötti kohéziós erő növekedése miatt csökken. Azonban magas kötöttségű talajon is ha, valamilyen okból megindul az erózió például lösz talajon a szél által odaszállított homokszemszék romboló hatása miatt, vagy a szemcsék méretükből adódóan szaltációs mozgásba kezdenek a kis szemcseátmérőjű talaj is erősen erodálódik. Meghatározott méretnél túl (2-3 mm) a talajszemcsék átmérőjének növekedése csökkenti a deflációra való hajlamot. Megfigyelhető mind szabadföldön, mind szélcsatornás vizsgálatok során, hogy a defláció után nagyobb

szemcsékből álló talajfelszín marad hátra, amely védelmet nyújt a további erózióval szemben bizonyos meghatározható szélerősséig. „A szemcsék átmérőjének növekedésével csökken a kohéziós erő. Azoknál a talajoknál a legnagyobb a szél pusztító hatásának a veszélye, amelyekben az aprószemű homok az uralkodó és kevés a kolloid, továbbá a nedvessége is kicsi. Ilyen esetben a szemcsék összetapadása nem jelentős (Lóki. 2004).” Ezzel ellentétben természetesen a kötöttebb talajokon (pl.: agyag) is fennáll a szélerózió veszélye főleg a helytelen agrotechnika hatására (M.V. López, R. Gracia, J.L. Arrúe, 1999). Ezért rendkívül nagy figyelmet kell fordítani a frissen vetett területek megfelelő felületi érdesítésére, a szélerózió elkerülésének illetve csökkentésének érdekében. Az érdes felületű talajfelszín ugyan csökkenti a szél sebességét, de turbulens légmozgás kialakulására ad lehetőséget, amely magasabb szélesebességen veszélyes lehet. A defláció szempontjából a talajrészecskék mérete, alakja és súlya döntő lehet. Az érdesre kialakított talajfelszín csak addig tart, amíg azt a szél és annak hordaléka meg nem szünteti, feltöltéssel illetve a szaltálódó szemcsék folyamatos rombolásának hatására. A talaj ellenálló képességét mechanikai stabilitásnak nevezzük. Ezért a művelési mód választásánál a talajok milyenségét és aktuális állapotát is figyelembe kellene venni. Fontos tényező a talaj nedvességtartalma a művelésnél, hiszen a megfelelő nedvességállapotban történő művelés során lehet kialakítani az igényelt morzsás szerkezetet. Természetesen ezt a szerkezetet szerkezet nélküli homoktalajoknál nem lehet elérni, de a megfelelő nedvességi állapotban történő művelés itt is bizonyos ideig nedves és száraz állapotban is védelmet nyújt a szélerózió ellen (Stefanovits, 1977). A talajok szervesanyaga a szemcséket összekapcsolja, térfogatuk nő. Ugyanakkor a sok szerves anyagot tartalmazó talajok súlya kicsi, ezért könnyen erodálhatóak száraz és nedves állapotban is. A szélerózióra érzékeny felső 10 cm-es rétegből a szél gyorsan eltávolítja a szerves anyagot, csökkentve a talaj termőképességét. A nagy szervesanyag-tartalom növeli az erózióérzékenységet. A különböző fizikai féleségű talajokon más és más az a szervesanyag-tartalom, ami növeli a szélerózióra való hajlamosságot. Homoktalajoknál ez az érték 5% körüli, míg agyagtalajokon 15-20% (Lóki J. 2004; Várallyay. 2010).

Borsy és munkatársai különböző alföldi talajokon, különböző szélesebességnél szélesatornában mérték a humusztartalom változását (Borsy Z. – Lóki J. – Szabó J. 1991, 1992). A kísérletsorozat méréseredményei alapján megállapították, hogy a hordalékfogókban felfogott anyag humusztartalma minden alkalommal nagyobb volt, mint az eredeti talajé. A különböző magasságban elhelyezett fogók közül a magasabban szállított anyag humusztartalma nagyobb

volt. Tehát a könnyű humuszzemcsék többsége lebegtetett szállítással halad előre, és a szélviszonyoktól függ, hogy milyen távolságban rakódik le (Lóki. 2004). Ugyanakkor a szerves anyagoknak deflációcsökkentő hatásuk is van azáltal, hogy jobban megkötik a nedvességet és segítik a növényzet fejlődését (Stefanovits, 1977).

CaCO₃: A szélerózió mértékére hatással van a talajok CaCO₃ tartalma is. A talajok szerkezete, a talajmorzsák kialakulása a karbonát tartalomtól függően is változik. Az erősen meszes talajok aprómorzsás szerkezetűek, erősen erodálhatóak (Lóki. 2004). A vizsgált Duna-Tisza közti homokhátság futóhomoktalajai például jóval meszesebbek, mint az ugyanilyen fizikai féleségű, de az ország más részéből származó talajok. Természetesen az azonos mésztartalmú, de különböző szemcseösszetételű talajokon a mész hatása más és más. Például agyagtalajokhoz adagolt CaCO₃ hatására az agyagrészecskék ragasztó hatása csökken (Chepil, W. S. 1945), és kisebb méretű aggregátumok képződtek. Bodolayné (1966b) szerint ez a jelenség valószínűleg azzal magyarázható, hogy az oldott állapotban lévő nagy mennyiségű Ca-só koagulálja a humátokat, ami a szerves kötések fellazulását, a morzsák szilárdságának lecsökkenését, s a morzsák könnyű felaprózódását idézi elő (Lóki. 2005).

Növényzet: A növényzet az egyik legjobb védekezési forma a szélerózió ellen. A teljes fedettségű talaj gyakorlatilag lényegesen csökkenti a deflációra való hajlamot, azáltal, hogy a k-érték rétegvastagságát megnöveli a növényállomány magasságától, fejlettségétől, felszínborítottságától függően. A növényzet gyakorlatilag a szél sebességét csökkenti, a növényállománytól függ a szélcsendes réteg vastagsága. Bodolay I.-né (1966a) meghatározta néhány növényre a 0-sebességű zóna vastagságát, így például az érték harasztok esetében 2,5 cm, míg búzaföld esetén 37,2 cm. A növényzet hatása annak talajtakaró hatásában is megmutatkozik, beárnyékolja a felszínt, csökkenti a párolgást (Stefanovits, 1977).

A természetes növénytakaró megfelelő állománysűrűség mellett kifejezetten jó védelmet nyújt a defláció ellen, de ezek a területek folyamatosan csökkennek egyrészt a folyamatos szárazodásnak köszönhetően, de döntő mértékben az antropogén hatások jelentenek veszélyt a természetes növénytakaróra. Jelenleg a nagyobb területekre kiterjedő védelmet az erdő, gyepek és legelőterületek jelentik. Külföldi és hazai kutatások alapján a legeltetésre azonban érdemes különös figyelmet fordítani, hiszen az pusztíthatja is a növénytakarót, ezáltal elősegítve a széleróziót (Hoffmann C. et al. 2008).

A szántóföldi növények esetében szintén elmondható, hogy védelmet biztosít a talajnak, amennyiben megfelelően fejlett és megfelelő agrotechnikával kezelt. A vetési, csírázási és aratási időszak nevezhető kritikusnak. A vetési és csírázási időszak az esetek nagy többségében a tavaszi félévre esik, ami az egyik legszelesebb évszak hazánkban. A szél ilyenkor akár a magokat is képes elhordani, illetve a kicsírázott növényeket elpusztítani vagy rendkívül nagy kárt tenni bennük. Ilyenkor a légtérbe kerülhetnek a különböző vegyszerek és műtrágyák valamint egyéb agrotechnikai anyagok humán betegségeket okozva. Az állomány teljes kifejlődése után viszont képesek jelentősen csökkenteni illetve megszüntetni a széleróziót. Az aratás után a talaj felső rétege újból szélerózióknak kitett, ajánlott a tarlót a területen azonnal tarlóhántani, majd gyűrűshengerrel zárni. A tavaszi vetésű növények alá egyértelműen a vetés előtti szántás javasolt, hogy az eróziós kártételt csökkentsük. A homkotalaj beéredésére nincs szükség mivel kicsiny humusztartalma mellett nincs minek beérednie. (Cserni-Bauer 1999) A mezővédő erdősávok telepítése és története a szélerózió veszélyeinek felismeréséhez köthető, főleg azokon a területeken melyek szélerózió által veszélyeztetettek. Ezeknek a hálózatos kialakítása és telepítése rendkívül fontos lenne, a megfelelő állománysűrűséggel és színtezettséggel. Jelenleg sajnos hazánkban a mezővédő erdősávok hiányosak, szakaszosak illetve nem megfelelő módon telepítettek az ország nagy részén. Ebből adódik, hogy az ország területének mintegy 40 %-a szélerózióknak kitett terület. (Nyíri L. et.al. 1993). Hatásuk rendkívül előnyös lehet mind a mikroklimatikus viszonyokra, mind a szélerózió által okozott károk csökkentésére (López et.al. 2000).

Antropogén hatások: a talaj művelése során legyen az kézi, vagy gépi, vagy erősítjük, vagy csökkentjük a szélerózió lehetséges hatásait. A porosító, talajszerkezetet romboló eljárások, gépek segítik a deflációt, de a gyomokat el kell pusztítani, a magágyat elő kell készíteni. Léteznek olyan agrotechnikai eljárások melyekkel a kockázatokat jelentősen csökkenthetjük. Ezek közül csak említés szintjén a legfontosabbak a különféle szántási, boronálási, talajtakarási eljárások. Általában a vetés után a legérzékenyebb a talajfelszín addig, amíg a növény el nem éri azt a fejlettségi állapotot, amíg képes lesz a talajt megfelelő módon védeni. A vetőgépnek ebben a fázisban fontos szerepe van, hiszen a magot illetve a palántát nedves, megfelelő magágyba kell helyezni és lehetőség szerint a talajt hantosan, rögzösen visszahagyni vetés után. A talaj nedvesen tartásával illetve különböző rögzítőszerekkel védekezhetünk, széles sorköz esetén köztesvetést alkalmazhatunk. Az aratás után a legjobb eljárás a már említett növényi részek terítése illetve a fedettség biztosítása.

9 A szélrózsiós kutatások története

A kutatások közel száz évre tekintenek vissza. Kezdetben a Föld felszínének a sivatagi, félsivatagi, illetve a félig kötött futóhomok területei álltak az érdeklődés középpontjában. A geográfusok a szélrózsió formáit, majd a kialakulásuk törvényszerűségeit tanulmányozták. A múlt század negyvenes éveitől elsősorban a talajtani kutatók és a geográfusok közül a téma iránt érdeklődők kezdtek el komolyabban foglalkozni a szélrózsió törvényszerűségeivel és a védekezés lehetőségeivel. Sajnos a tudományterület ma is jelentőségéhez képest elhanyagolható publicitást kap.

A főbb kutatási irányok közül az alábbiakat emeljük ki:

- terepi megfigyelések és kísérletek
- szélcsatorna kísérletek
- szélrózsiós egyenletek
- szélrózsiós modellek

Terepi megfigyelések, kísérletek:

A terepi megfigyelések elsősorban a szélrózsiós kutatások kezdeti időszakát jellemezték. Szántókon az USA-ban és Kanadában végeztek jelentős kutatásokat 1940-től. Azokon a legelőkön, amelyeken a száraz időszakokban is intenzíven legeltettek, a növényzet összetétele romlott. Ez elsősorban az egynyári növények elszaporodásában, illetve az évelő növények arányának csökkenésében mutatkozott meg. Hagen és Woodruff (1973) úgy becsülték, hogy az USA préri területein a szélrózsió az 1960-as években évente 77 millió tonna port juttatott a levegőbe. Benett, H. H. (1939) megfigyelése szerint a 8,1 % agyagkolloidot tartalmazó talajnak egyetlen szélvihar alkalmával 3 %-al csökkent a kolloidtartalma. Jaenicke, R (1979) becslése szerint 260 millió tonna/év mennyiségű ásványi eredetű por a Szaharából származik. Leírta, hogy a por gátolja a látást és szennyezi a levegőt, autóbaleseteket okoz, tönkreteszi a gépeket és veszélyezteti az állatok és az emberek egészségét. A talajfűvások feltöltik az úti menti árkokat, csökkentik az elvetett magvak megmaradását és kifejlődését. Elsősorban a károknak köszönhető, hogy már a múlt század negyvenes éveitől az Amerikai Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériuma (United States Department of Agriculture – USDA) szorgalmazta és támogatta a szélrózsiós kutatásokat. (Ott dolgozták ki a Szélrózsió Előrejelző Rendszer-t WEPS)

A Szovjetunióban is egyre nagyobb területeken figyeltek fel a szélrózsióra. Délen a sivatagi, félsivatagi, mintegy 10–12 millió hektárnyi területen a defláció már régóta ismert volt, de a szélrózsió kb. 27 millió hektárnyi sztyeppés területre is kiterjedt. Sok cikket, ismertetést

olvashattunk a Szovjetunió csernozjom területein támadt porviharokról (Jakubov, T. F. 1963; Kulikov, V. A. 1961; Szobolev, Sz. Sz. 1959). Már 1962-ben felhívták a figyelmet a szél osztályozó képességére és arra, hogy a mozgásban levő hordalék többsége ($> 80\%$ -a) a felszín felett 0–20 cm-es magasságban mozog. Az elmúlt évtizedben a különböző földrészek (Afrika, Ausztrália, Ázsia) száraz területein is folytattak terepi kutatásokat, amelyek elsősorban a szélrózsióra ható tényezők és a talaj degradációja közötti összefüggések vizsgálatára irányultak.

A második csoportba sorolhatók azok a terepi kísérletek, amelyek a különböző védekezési módszerekkel foglalkoznak:

- a növény sorok irányának és sűrűségének változtatásával;
- a talajok szélrózsió elleni megvédéséhez szükséges különböző növényi maradványok mennyiségének meghatározásával;
- kísérlet sorozatot állítottak be, melyben a szélrózsió szempontjából előnyös, morzsás, rögös talajszerkezet kialakítását vizsgálták különböző nedvesített talajokon;
- részletesen elemezték a mezővédő erdősávok hatását;
- a különböző talajrögzítők terepi alkalmazását.

A harmadik csoportba sorolhatók azok a terepi mérések, kísérletek, amelyek egyrészt a napjainkban elterjedt modellezéshez gyűjtenek adatokat, másrészt a modellek futtatásának ellenőrzését szolgálják. Ilyen pl. Hagen, L. J. (1995) WEPS Eróziós szubmodelljének a kipróbálása kis gabonamezőn. Egy erodálódó mezőről összegyűjtött többéves megfigyelés adatai kerültek a WEPS eróziós szubmodellbe. Ennek alapján készítették az erózió előrejelző modellt. A mért és a szimulált eróziós értékekről megállapították, hogy közel azonosak voltak.

A szélcsatornában végzett kísérletek végigkísérik a szélrózsiós kutatásokat a múlt század negyvenes éveitől napjainkig. A szélrózsiós kutatásokra használt szélcsatornák két nagy csoportba oszthatók. Megkülönböztethetünk laboratóriumi és hordozható, terepi szélcsatornákat. A csatornák teljesítményükben, méretükben nagyon változatosak. Napjainkban viszonylag kevés üzemel a Föld országában. A terepi, hordozható szélcsatornát általában akkor használják, ha egy a kutatásra kijelölt területen szélrózsiós méréseket akarnak végezni. A terepi csatorna tulajdonképpen az erős szelek keltésére és a talajrészecskék összegyűjtésére alkalmas.

Például a növények és növényi maradványok elégetése egy bizonyos időre jelentősen megnöveli az alatta lévő talaj eróziós potenciálját. Haines, P. és Templeman, S. (2002) hordozható szélcsatornát használtak egy olyan 20 hektárnyi mintaterületen, ahol előtte növényi maradványok égetését végezték. A szélfogók szélrózsió elleni védekezési

lehetőségeinek vizsgálatával is kísérleteznek (Skidmore, E. L. – Hagen, L. J. 1970; Skidmore E. L. 1986) szélcsatornában. Cornelis, W. M. és társai (2001) a szélakadályok hatékonyságát vizsgálták. A szélcsatorna kísérletek célja a növényzet alkotta szélfogók (szár + lombzat) és azok hatékonyságának vizsgálata volt.

A művelt mezőgazdasági területek széleróziós talajveszteségeinek az előrejelzésére a kutatók közül először Chepil, W. S. (1956) dolgozott ki egyenletet (WEQ). A szélerózió egyenlete kettős célt szolgált:

- Az egyenlet segítségével akarta meghatározni azokat a különböző talajbeli feltételeket (göröngyösség, durvaság, növényvel való borítottság, szél elleni korlátokkal való védelem, a terület szélessége, iránya, stb.), amelyek ahhoz szükségesek, hogy különböző éghajlatokon a talajveszteség értékét minimálisra csökkentsék.
- Az egyenlet segítségével kimutatható legyen, hogy a terület megfelelően védett-e az eróziótól. A dimenziómentes (homogenizált) talaj erodálhatósági index létrehozása évszakos módon.

Később az évszakos veszteséget évi talajveszteséggé alakították át és a korábban megfogalmazott eljárások segítségével különböző területeken meghatározták a relatív erodálhatósági mértéket. A tényleges erodálódás rendkívül dinamikus kimenetelű és évszakonként, évenként, illetve a gazdálkodási módszerek függvényében változik. A fenti kutatások, illetve eredmények ismertetésénél nem törekedhettem a teljességre. A kutatási célkitűzésekben továbbra is, a széleróziós egyenlet által javasolt alapelveket, a szélerózió elleni védekezéshez az alábbiakat foglalják magukban:

- az erodálható felszíni talaj stabilizálása valamilyen anyag segítségével;
- durva, rögös felszín megteremtése;
- a szántóföld szélességének vagy a szél által megtett út hosszának a csökkentése az olyan területeken, ahol nincsenek akadályok vagy terménysávok;
- a megfelelő növénytakaró telepítése illetve fenntartása. Az utóbbit néha csak úgy emlegetik, mint a szélerózió elleni védekezés „kardinális szabályát”.
- Az utóbbi évtizedekben a környezetet érő hatások tanulmányozásánál egyre gyakrabban alkalmazott módszer a környezeti modellek használata. A legtöbb jelenség előrejelzéséhez összetett modellekre van szükség, melyek rendszerint térinformatikai rendszerek segítségével oldhatók meg.

A Texasi Erózió Elemzési Modell (TEAM) (Gregory, J. M. et al., 1994) a nem erodálható határokkal rendelkező, kis területű mezőkön végbemenő erózió előrejelzésére alkalmas, ahol a talajveszteségnél az ugráltatott szállítás az uralkodó. A továbbfejlesztett széleróziós

egyenletet használó WEPS modell komputeres megoldása előre jelezte az éves átlagos talajvesztést. A szélróziós modell EPIC verziójában a talaj erodálhatóság és az éghajlati tényező az év minden napján egy konstans értéként szerepel. A talaj erodálhatóságát minden egyes év kezdetén kiszámítják. Az erózió szubmodell az egyike a WEPS legfontosabb szubmodelljeinek. Amikor a szimulációs egyenleteket kidolgozták a WEPS eróziós szubmodellje számára, a következő célokat tűzték ki:

- egy határozott fizikai alap megteremtése a legfontosabb szélróziós folyamatoknak az egyenletbe történő bevonásával, amelyek így többféle körülmény számára használhatóvá teszik azt;
- az ugráltatott összetevők szétválasztása a lebegtetett szemcséktől, hogy még jobban meg lehessen figyelni a terepi, és a tereptől távoli erózió hatásait;
- az egyes folyamatok meghatározása oly módon, hogy azok közvetlenül mérhetőek legyenek a szélcsatornában és eszközökkel felszerelt terepi helyszíneken.

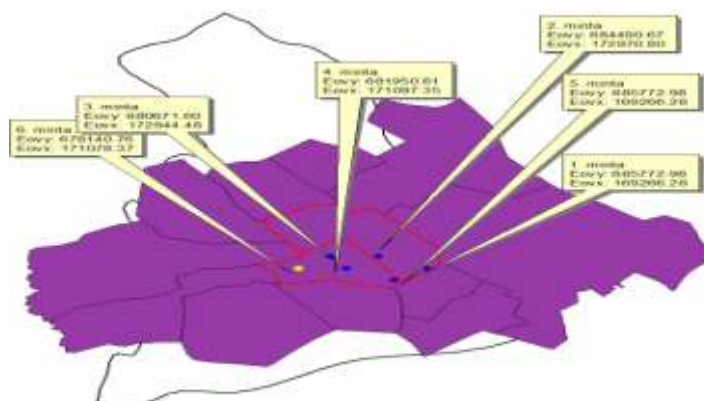
Jelenleg a kutatások a művelési szerkezet és egyéb tényezők figyelembevételének irányába próbálnak haladni. Például a Texas Erosion Analysis Model (TEAM), CROP almodellt a WEPS EPIC (Erosion Productivity Impact calculator) modellből való átalakításával.

Terepi és szélcsatornás kísérletek összehasonlítása egyszerűsített swot analízis formában mérési pontosság alapján:

Terepi	Szélcsatornás
• Pontos mérések(talajvíz, páratartalom, stb.) • A mérések megismétlése szinte lehetetlen • Körülményes (szállítás, időjárás, stb.)	• Pontatlanabb, illetve körülményesen pontosítható • Egzakt, ismételhető módszer • Viszonylag egyszerű (Zárt fedett labor körülmények)
Szélróziós egyenletek	Modellek
• Körülményes, soktényezős számítások, ellenkező esetben pontatlan • Sokszor csak kis, körülhatárolt területen alkalmazhatóak • Klimatikus és egyéb tényezők jelentősége • Ma sem ismert kellő pontosságú képlet, mellyel egy terület pontosan leírható lenne	• A szélróziós egyenletek képezik az alapját • Nem lehet ugyanazokkal az adatokkal más területet leírni, azok empirikussága miatt! • Modellek különbözősége (elszállított anyagmennyiség, portermelés) • Nem általánosíthatóak az eredmények, terepi kutatások nélkül nem lehet modellt építeni!

10 A vizsgálatok anyaga és módszere

Mintavétel: a mintavétel során megadott koordinátájú pontokról vettem 6 db átlagmintát a felső 10 cm-es rétegből. Azért a felső 10 cm-es rétegből, mert közvetlenül ezt a réteget érinti szélérozió. A minták könnyebb azonosíthatósága érdekében a mintákat 1-től 6-ig mintaszámokkal jelöltük. Reprezentatívan több pontból vettem a mintákat az adott koordinátákon, Fülöpháza és Kerekegyháza közigazgatási területén belül, törekedve arra, hogy a talajtípusok lefedjék a Duna-Tisza közti homokhátság illetve az ország főbb homok talajtípusait. A kijelölt mintavételi területen ezek a talajtípusok fellelhetőek (6., 7., 10. ábra). A következő térkép a minták elhelyezkedését mutatja a Duna-Tisza közti homokhátságon belül, vizsgálati és koordináta jelölésekkel együtt (10. ábra).



10. ÁBRA MINTAVÉTELI TERÜLET ÉS A MINTAVÉTELI PONTOK A DUNA-TISZA KÖZÉN BELÜL(SAJÁT SZERKESZTÉS)

Minták előkészítése a széléroziós és talajtani vizsgálatokra: a mintákat a mintavétel után 105 C°-on légszárazra szárítottam, majd 2 mm-es szitán keresztül homogenizáltam, megtisztítottam a szennyező és felesleges anyagoktól. Erre a szélcsatornás és a talajvizsgálatokhoz volt szükség. Ezután még a szélcsatornás vizsgálatok előtt minden mintából reprezentatívan 4 referenciamintát vettem ki. Tehát itt 24, a széléroziós mérések során 72 db minta keletkezett, vizsgálataimat 96 db minta alapján végeztem.

A Debreceni Egyetem szélcsatornája: a Debreceni Egyetem szélcsatornája (11. ábra) 1970-71-ben épült, majd többszöri átépítés után elnyerte mai formáját. „A szélcsatorna teljes hossza (a ventilátortól a szűrőházig) 12,3 m. A hordalékszállítási, illetve széleróziós vizsgálatokhoz mintegy 8 méteres szelvényt lehet hasznosítani. A szögvaskeretű, gumibetétes műanyagablakkal tökéletesen zárható csatorna szélessége 80, magassága 50 cm. Ennél a magasságnál már megbízhatóan lehet dolgozni a szélcsatornában, mert a szél által szállított hordalék túlnyomó része még nagyon erős (16 m/s) szélben is 70 mm-nél alacsonyabban halad előre (Négyesi G. 2009).”



11. ÁBRA A SZÉLCSATORNA MUNKA KÖZBEN (SAJÁT FELVÉTEL)

A torlónyomás elvén működő szélcsatornában a légáramlást egy 2 sebességfokozatú villanymotor által hajtott ventilátor biztosítja. Az ehhez beérkező levegő mennyisége egy távirányítású reteszelőlap segítségével szabályozható.

A csatornában a tökéletes áramlási viszonyokat terelőlapok biztosítják. Az elszállított hordalék befogására kétféle hordalékfogót használhatunk. Az egyik a görgetett hordalék befogása mellett lehetővé teszi, hogy 45cm magasságig 5cm-enként fogjuk be az anyagot. A gyakrabban használt másik, 5cm széles hordalékfogóval, a 10cm alatt és e felett szállított hordalék mennyiségét tudjuk meghatározni. A hordalékfogóba került anyagot a légáramlás egy nagyméretű üledécsapdába sodorja, ahol az lerakódik, mert a hordalékfogónál ötször szélesebb csapdán akadálytalanul átáramló levegőnek eközben erőteljesen lecsökken a sebessége. A hordalékfogó mögött a csatorna tölcészerűen kitágul, így itt csökken a szélesebb, és már ebben a szelvényben megindul a nagyobb szemű hordalék lerakódása. A szélcsatornához szűrőház csatlakozik. Ebben a szállított hordalék túlnyomó része lecsapódik, itt ugyanis a szélesebb erőteljesen lecsökken. A még levegőben maradt hordalékot a szűrőház végén elhelyezett sűrűszövetű szitarendszer megfogja, és a csatornával párhuzamos

alagútban a hordalékmentes levegő áramlik vissza a ventilátorhoz. A szélesség méréséhez kétféle sebességmérőt használhatunk. 6 m/s szélesség felett a levegő szennyezettségére kevésbé érzékeny megbízható adatokat szolgáltató Prandtl-cső a megfelelő. 6 m/s szélesség alatt viszont az igen érzékeny 0.75–20 m/s sebességtartományban működő Haenni-féle szélességmérővel dolgozhatunk. A kétféle sebességmérővel a légáramlás sebességét tetszés szerinti magasságban lehet mérni. A csatornában a mostani keresztmetszeleny mellett 14 m/s áramlási sebesség érhető el 10cm magasságban. Ez a természetben 1m magasságban mintegy 16–17 m/s szélességnek felel meg. Szűkítő alkalmazásával a sebességet akár 24–27 m/s-ra is lehet fokozni. Ennél az értéknél a szél a támadható, növényzettől kielégítően nem védett felszíneken már rendkívül erős talajlehordást végezhet. A csatornában lehetőség van a hőmérséklet és a légnedvesség meghatározására is.

Az egyes mintáknál a kritikus indítósebesség meghatározásához korábban egy fényvető segítségével kialakított 70cm hosszú, 1 cm széles erős fénycsövet használtunk. A fényt a fényvédő felső részébe beépített 1500W fényerejű halogén lámpa szolgáltatta. Napjainkban a kritikus indítósebességek pontosabb meghatározását Saltipon (mikrofonos digitális műszer) segíti (www.geogis.detek.unideb.hu).

A szélcsatornás mérések: A homogenizált légszáraz talajt egy 5cm mély, 30x50cm területű fémtálcaiban helyeztük el a szélcsatornában. Annak érdekében, hogy a levegő ne ütközzön a tálca merőleges falába, a fémtálca elé és mögé egy kis szögben emelkedő lejtőt helyeztünk, így kizártuk a turbulencia lehetőségét. Legelőször a szélprofil vizsgálatokat végeztük el, illetve a kritikus indítósebesség értékét állapítottuk meg. A kritikus indítósebesség értékének meghatározásához egy fényvető által kialakított 70cm hosszú, 1cm széles erős fénycsövet vettünk igénybe. A csatorna hosszirányában elhelyezkedő fénycsíkon az első talajszemcsék indulása jól észrevehető. A kritikus indítósebesség megállapítását követően négy sebességfokozaton, három ismétlésben mértük az elszállított anyag tömegét, valamint a 0-10 cm-es tartományban távozó, felfogott hordalékot a talajtani vizsgálatokhoz félretettük, címkéztük.

10.1 Talajlaboratóriumi vizsgálatok:

A talaj vizsgálatokat a Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai karának Talaj- és Növényvizsgáló laboratóriumában végeztem. A vizsgálatok során meghatároztam a minták fizikai paramétereit és azok alapvető tápelemtartalmát.

Arany-féle kötöttségi szám (K_A): alapvetően a képlékenységi felső határát jelölő tényező. A laboratóriumban meghatározása kézzel történik. 100 g talajt mérünk porcelánmozsárba, majd erre ml-enként vizet engedünk, míg nem adja a fonálpróbát. Tudni kell, hogy homoktalajok esetében a fonálpróba nem ad reális eredményt, ilyen fizikai féleségű talajoknál a minta képlékenysége és vízrel való telítettségét kell figyelni (Buzás, 1993).

Mechanikai összetétel: meghatározása pipettás eljárással történik. A diszpergálást nátrium-pirofoszfát oldattal végezzük. Az elemi szemcsékre diszpergált talajszuszpenziót ülepítőhengerben felkeverjük, majd ülepedni hagyjuk (12. ábra). Bizonyos idők elteltével, meghatározott rétegmélységekből szuszpenziórészeket pipetázunk ki, s azokat szárazra párolva meghatározzuk a kipipetázott szuszpenziórészekben lévő ásványi rész mennyiségét. A szemcsék sűrűségének ismeretében a Stokes-egyenlet alapján az egyes szemcsefrakciók százalékos mennyisége kiszámítható (Buzás, 1993).

Szénsavas mésztartalom (CaCO_3): meghatározása Scheibler-módszerrel történik. A talajt híg sósavoldattal rázzuk össze, majd a fejlődő CO_2 gáz mennyiségét kalciméteren mérjük. A módszer a talajban fellelhető összes karbonátformát méri (Buzás, 1993).

Kémhatás pH (H_2O), pH (KCl): a meghatározást 1:2.5 arányú talaj : desztillált víz, illetve ugyanilyen arányú talaj : 1 molos KCl szuszpenzióban végezzük. Az elkészített szuszpenziót 12 óráig lefedve állni hagyjuk, majd potenciometriásan mérjük a pH-t (Buzás, 1993).

Humusztartalom (szervesanyag-tartalom): meghatározása Székely módszerével történik. A szerves kötést 1:2 arányú 5%-os $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ és cc. H_2SO_4 keverékével roncsoljuk. A roncsoló-keverék színe a talaj humusztartalmától függően változik, amit kolorimetriásan mérünk (Buzás, 1993).

Nitrát-nitrit ($\text{NO}_3\text{-NO}_2$): a talajkivonatban levő nitrát és nitrit mennyiségét együttesen határozzuk meg, úgy, hogy a nitrátot nitritté redukáljuk. A kivonatból a kémiai reakciót zavaró talajkolloidokat dialízissal eltávolítjuk. A nitrit ecetsavas közegben diazotáló oldattal rózsaszínű színezéket ad, a kialakult szín intenzitását 520 nm hullámhosszon mérjük (Buzás, 1993).

Felvehető tápanyagtartalom: a talaj tápelemszolgáltatásának becslésére szolgáló módszerek közül csak az ammónium-laktát kivonószerezettel készülő talajoldatot készítettük el, mivel csak a foszfor, nátrium és káliumtartalomra voltam kíváncsi. A

talajkivonatok tápelemtartalmát emissziós spektrometriai (ICP) módszerrel határoztam meg (Buzás, 1993).

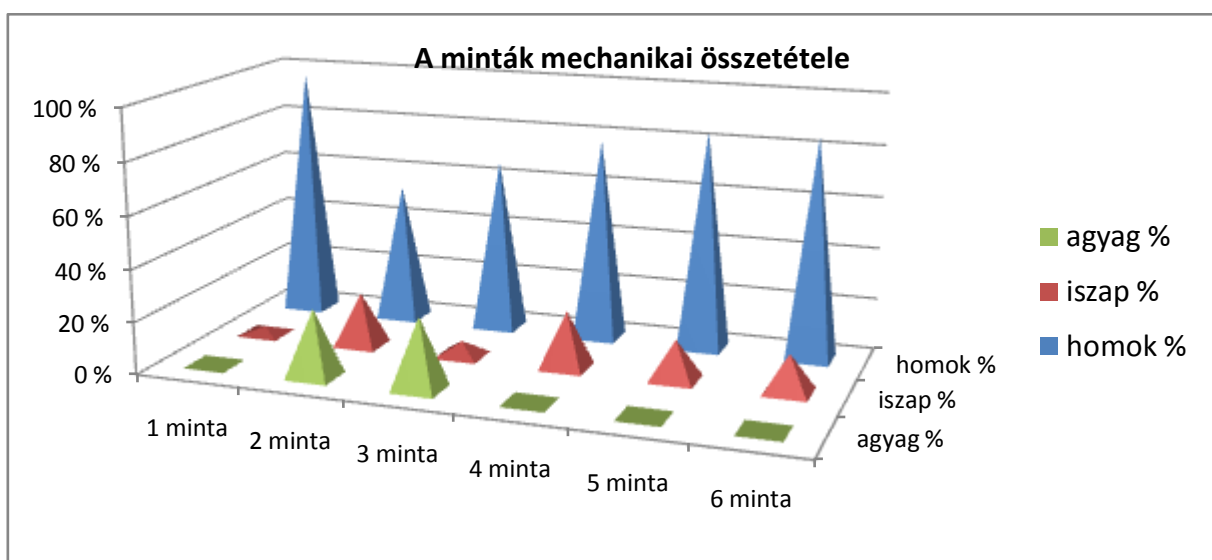


12. ÁBRA A MECHANIKAI ÖSSZETÉTEL MEGHATÁROZÁSA KÖZBEN ÜLEPEDŐ MINTÁK (SAJÁT FELVÉTEL)

11 Eredmények:

11.1 A mechanikai összetétel eredményei:

Amint azt már a genetikai és fizikai talajtípusoknál említettem, valamint a terület kialakulásánál részleteztem a fő talajképző közet a homok. Ennek megfelelően a mechanikai összetételben is látható, hogy a homok frakció van jelen a legnagyobb százalékban. A 2. és 3. mintát a mintavételi területnek megfelelő magas homoktartalom és az összehasonlítás érdekében hagytam a dolgozatban, bár nem homok genetikai féléységűek.



13. ÁBRA A MINTÁK MECHANIKAI ÖSSZETÉTELE

Az elemzések alapján a minták mechanikai félesége (13. ábra):

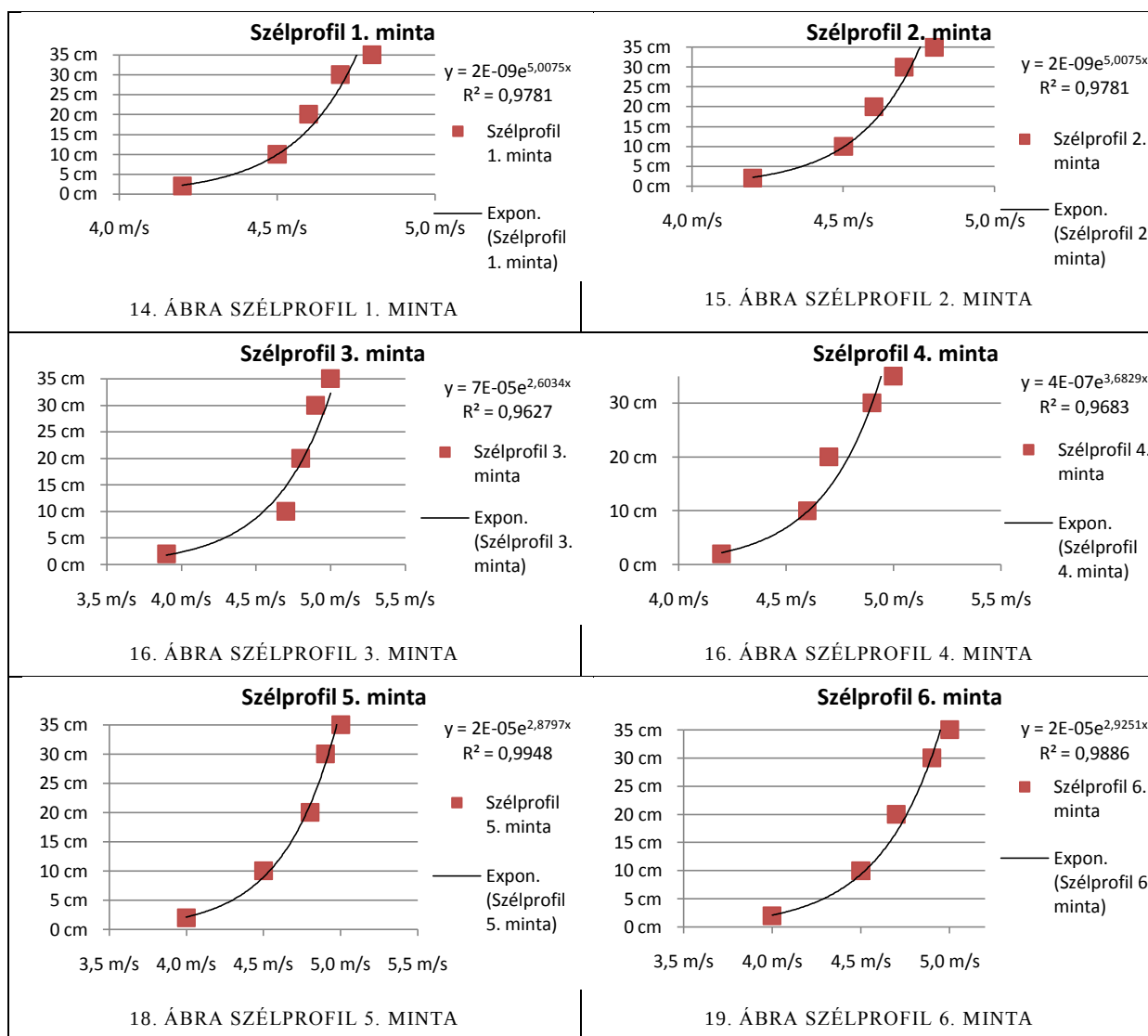
- 1. minta: homok;
- 2. minta: iszapos agyagos vályog;
- 3. minta: homokos agyagos vályog;
- 4-5-6. minta: homok.

Az eredmények kiértékelése az USDA rendszer alapján készült. Az elemzések alapján a homokfrakció tág intervallumban fordul elő, 53-97 % között. A második leggyakoribb frakció az iszap, 3-21% között. Az agyag frakció csak a 2. és 3. minta esetében van jelen a mintákban. A homokfrakció nagy százalékos aránya az azonos homok talajképző kőzetnek tudható be, míg a 2.-3. minta esetében a magas arányú iszap szemcsefrakció a lösztartalmú talajképző kőzetnek, a művelési ágnak (2. minta: gyeperdő; 3. minta: kukoricaföld), valamint a területen belül vízgyűjtő funkciót betöltő szerepüknek tudható be. Az 1. mintánál az iszap- és agyag-frakció mennyisége elhanyagolható. A 4-5-6. minta esetében a magasabb százalékos arányú iszap és agyag frakció a minták származási helyének tudható be, mivel ezek deflációs laposokból és mélyedésekből származnak, ahová a csapadék a finomabb frakciókat összemosza. A talajvízszint közelsége miatt rendszerint vízhatás alatt állnak és a víz jelenlétének hatására más talajképződési folyamatok játszanak domináns szerepet. Megfigyelésem és szakirodalmi adatok alapján (Négyesi G. 2009) az azonos mechanikai talajféleségek változó százalékos arányai főleg a domborzati különbségek miatt jönnek létre, de igen gyakran annak a talajképző kőzetnek a hatásai érvényesülnek ahonnan a szél a szemcséket kifújta. A homok textúrájú talajoknál a homokfrakcióból is a finomabb szemcseösszetételű homok a domináns. Az iszap és az agyag a talajokra jelentős hatást nem gyakorol. A pontos értékek a melléklet 1-es táblázatában tekinthetők meg.

11.2 A szélprofil vizsgálatok eredményei:

A szélesebbség legmagasabb értékei az áramlási szabályoknak megfelelően a szélsátonna középvonalán adódnak. Ennek megfelelően a szélprofilokhoz készült mérések során a csatorna középvonalán mértük a szélesebbséget. Az értékek és a diagramok elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy a szélesebbség növekedésével a felszín sebességcsökkentő hatása egyre jobban dominál. Az is megállapítható, hogy a talaj felszínétől való magasság, azaz a felszín érdessége jelentős szerepet játszik a szél sebességében. Észrevehető, hogy mind a hat minta (14-19. ábra) esetében a sebesség a 2-10 cm-es tartományban nő a leglassabban. Ez a

felszín sebességsökkentő hatásának a következménye, minél távolabb van az áramlás a súrlódást, turbulenciát okozni képes felülettől annál könnyebben ér el magasabb sebességet. A 2. és 4. mintánál a többi mintával ellentétben a 10-30 cm-es magasságban egy lassabb sebességnövekedés figyelhető meg, ami a két minta megközelítőleg azonos 0,002-0,005 mm mérettartományba eső szemcséinek köszönhető. Mivel bolygatatlan talajmintát nem vettem, ezért a vizsgálatok során csak a kötöttséget meghatározó szemcsék és azok átmérőjét vehetjük figyelembe. (A pontos értékek a melléklet 2. táblázatában találhatóak.)



11.3 Kritikus indítósebesség:

A kritikus indítósebesség meghatározó lehet a szélrózsió elleni védekezés során. A különböző textúrájú talajok különböző indítósebességgel rendelkeznek, hiszen más a szemcseösszetételük, ezáltal a fizikai tulajdonságaik is. A méréseket minden esetben a talajfelszíntől tíz centiméterre mértük, hogy a talajok sebességcsökkentő hatását lehetőség szerint elkerüljük. A kritikus indítósebesség esetében mindig a magasabb érték az előnyösebb, hiszen ezeket a talajokat tudja a szél a legnehezebben mozgásra bírni, ha külső tényezők (aprózódás, stb.) nem játszanak szerepet.

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
Kritikus indítósebesség	7,3 m/s	8,2 m/s	7,8 m/s	7,8 m/s	7,8 m/s	7,5 m/s

20. ÁBRA A KRITIKUS INDÍTÓSEBESSÉGEK ÉRTÉKEI

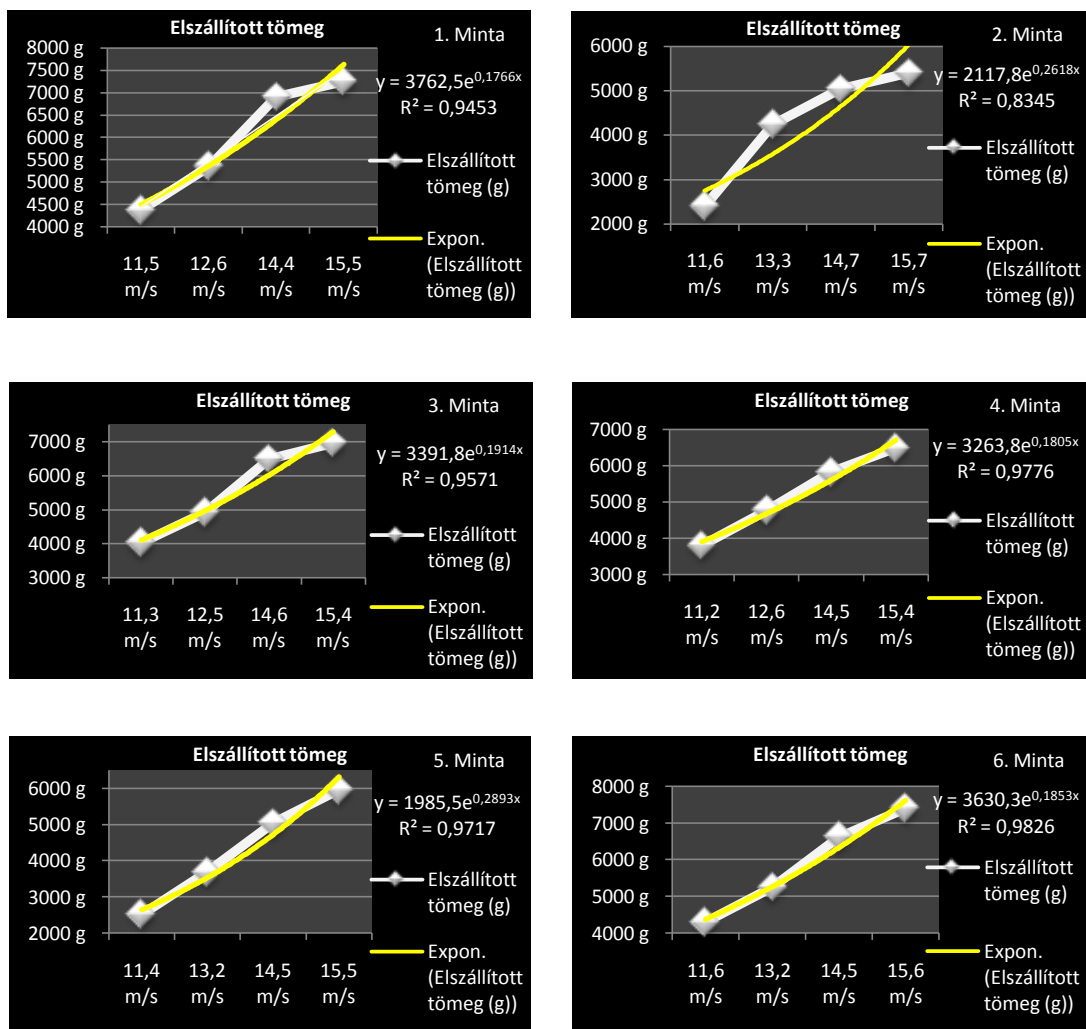
A kritikus indítósebesség esetében mindig a magasabb érték az előnyösebb, hiszen ezeket a talajokat tudja a szél a legnehezebben mozgásra bírni, ha külső tényezők (aprózódás, stb.) nem játszanak szerepet. Az indítósebességek (20. ábra) vizsgálata során megállapíthatjuk, amennyiben a szedimentológiai eredményekkel összevetjük azokat, hogy a legmagasabb szélsebesség a szemcsék megindulásához a legnagyobb agyag (20%) és iszaptartalmú (26%) 2. minta esetén szükséges. A 3-4-5. minta közel azonos mennyiségű iszapfrakciót tartalmaz, illetve a 3. minta esetén az 5% mennyiségű iszapfrakciót a 27%-nyi agyagfrakció pótolja. A 4. minta iszaptartalma (21%), és az 5. minta 15%-nyi iszaptartalma ellensúlyozza az agyagfrakció hiányát így kritikus indítósebesség értéke azonos a 3. mintáéval. A 6. minta iszaptartalma (15%) már nem elegendő ahhoz, hogy a kritikus indítósebesség (7,5 m/s) ne csökkenjen. Ez elsőre furcsának tűnhet, hiszen az 5. minta esetében sem volt magasabb, de a homokfrakció megoszlási aránya a két esetben másként alakul. Az 5. minta esetében az a %-a 5%, míg a 6. minta esetében ez az érték 27%, így fordulhat elő, hogy változik a kritikus kezdősebesség értéke. Az 1. minta kritikus kezdősebessége a legkisebb (7.3 m/s) mivel 97%-ban homokfrakciót tartalmaz, az a 3% iszapfrakció, ami a mintában előfordul nagy valószínűséggel a magasabb területekről mosódott a mintavételi helyre. Megállapítható, hogy a homoktartalom a kritikus indítósebesség csökkenésével, míg az agyag és iszaptartalom a növekedésével jár együtt. A homok, iszap és agyagfrakciókon kívül azok további méret szerinti felosztása is jelentős

szerepet játszik a kritikus indítósebesség nagyságában amint az megfigyelhető a 6. minta esetében. A kritikus indítósebesség szoros kapcsolatban áll a kötöttséggel, hiszen az nem csak a képlékenység felső határát mutatja meg, hanem alapvető rálátást ad a talaj összetételére is. Tehát a kötöttség alapvető vízgazdálkodási tulajdonságokat is meghatároz, ezáltal a szélróziónak is alapvető adatait határozhatja meg

Az erodálhatósági vizsgálatok eredményei:

A szélróziónál során a legszembetűnőbb a talajfelszín változása. Ez a talajok szemcséinek elszállítása és lerakása miatt történik. A talajok szemcséinek elszállítása nem feltétlenül jelenti a fő kártételt, de a szemcsék szállításából adódó további károk (magok elhordása, kitakarása; homokverés; takarás; stb.) miatt és azokkal együtt a legjelentősebbnek nevezhető. A következőkben éppen ezért a minták erodálhatóságát kívánom bemutatni (21. ábra).

21. ÁBRA A MINTÁK ERODÁLHATÓSÁGA



Az erodálhatósági vizsgálatok alapján általánosságban elmondható, hogy a talajok nagy fokon erodálódtak a vizsgálatok során. Az 1. minta esetében a legalacsonyabb sebességi fokozaton a talaj 34%-a, míg a legmagasabb sebességi fokozaton 55%-a erodálódott, ez 13110 g talajból 7250 g-ot jelent. Ekkora veszteség 2-3 cm-es feltalajvesztést jelent 5 perc alatt az adott szélesebségnél. Mivel a mechanikai összetétel alapján a minta 97%-a homok, ezért a nagyfokú erózióveszély várható volt. Megfigyelhető, hogy a szélerősség folyamatos növekedésével az elszállított tömeg is folyamatosan nő majdnem lineáris mértékben.

A második minta esetében rögtön tapasztalható, hogy közel azonos szélesebségeken is kevesebb hordalékot vitt magával a szél, illetve magasabb szélerő esetén százalékban szinte megegyező a mért hordalék. A legalacsonyabb szélesebségen 23%, míg a legmagasabban 53% a veszteség. Ez a legmagasabb szélesebségen majdnem eléri az 1. minta által elhordott százalékot, de kisebb tömeget jelent, a szemcsék kisebb volta miatt. Megállapítható, hogy míg kisebb szélesebségnél a kötöttebb talaj jobban ellenáll az erózióknak addig magasabb szélerőnél közel azonos az erózióérzékenysége. Természetesen magasabb iszap és agyagfrakció esetén a talajok is nagyobb ellenállással rendelkeznek. Ez a veszteség megközelítőleg 1.5-2.5 cm feltalajvesztésnek tudható be.

A harmadik minta esetében 11.3 m/s szélesebség esetén az elszállított mennyiség 34%, a legmagasabb szélesebségen ez az érték 59%. Ez az érték még az első minta értékét is meghaladja, ami szinte teljesen homok frakciókból állt, de ha figyelembe vesszük, hogy a kisebb szemcséket a szél könnyebben mozditja meg akkor érthető, annál is inkább, hogy a minta homokszázalékához képest az agyagszázalék rendkívül kicsi, és ennek a mintának volt az egyik legmagasabb a CaCO_3 tartalma. A homokszázaléknál még megemlítendő, hogy bár minimális különbséggel, de ennek a mintának volt a legnagyobb a >0.25 fölötti frakciótartalma. A CaCO_3 pedig nagy mennyiségben tudvalevőleg akadályozza a szemcsék egymáshoz kapcsolódását, illetve az aprószemcsés morzsás szerkezetet segíti elő. A feltalaj vesztesége 2.5-4 cm.

A negyedik minta esetén az elszállított tömeg szinte teljesen lineárisan növekszik a szélesebség növekedésének megfelelően. A minta agyag százaléka 0, az iszap frakció is csak 21 % volt, azaz túl erős kötés a szemcsék között nem volt jelen. A mintából a szél 11.2 m/s szélesebségen 33 %-ot míg a legmagasabb sebességen (15.4 m/s) a minta 57 %-át távolította el a szél. Amennyiben az erodálhatósági értékeket összevetjük az előző mintával

megállapíthatjuk, hogy a különböző talajok esetében bár csak minimális csökkenést idéz elő, de előnyösebb, ha a szemcsék vagy azonos vagy egymás után következő frakciókból kerülnek ki. Megemlítendő még, hogy a CaCO_3 tartalom itt is magasnak mondható, tehát az sem mindegy, hogy a mésztartalmú szemcséknek milyen frakciókat kellene összekapcsolnia, amint azt az előző minta esetén is láthatjuk. A talaj felső rétegének vesztesége jelen esetben is 2.5-4 cm-re tehető.

Az ötödik minta elemzése során a legkisebb szélerősségnél a talajveszteség 23 %, míg a legnagyobb szélesebségen 54 % volt. A minta szedimentológiai elemzése során tapasztalt kismértékű (5%) a-% érték és a viszonylag alacsony CaCO_3 tartalom miatt alakulhatott úgy, hogy az alacsony szélesebségen a második mintát megközelítő értéket kaphattuk. A további elemzés során azonban láthatjuk, hogy mechanikai összetételének megfelelően a minta a magasabb szélesebségeken megszokottakhoz hasonlóan erodálódott. A tág intervallumnak megfelelően a feltalaj vesztesége is tág határokon belül mozog, azaz megközelítőleg 2-5 cm között.

A hatodik minta esetében elmondható, hogy a minta iszap és agyagfrakció százaléka az első minta után itt a legkisebb, bár az iszapszázalék megközelíti a 15 %-ot. A minta CaCO_3 tartalma a többi talajhoz hasonlóan alakul, míg humusztartalma az első minta után ennek a mintának a legkisebb. Így az erodálhatósági értékek is ennek megfelelően alakultak. A legalacsonyabb szélesebség mellett a minta 33 %-a, míg a legmagasabban a minta 56 %-a erodálódott. A feltalaj vesztesége megközelítőleg 2-4 cm.

Összességében elmondható, hogy a talajok szélerózió által rendkívül veszélyeztetettek, főleg kis arányú iszap és agyagfrakció tartalmuknak, valamint a területre jellemző magas CaCO_3 tartalmuknak és alacsony humusztartalmuknak, ezáltal kismértékű nedvességmegkötő és növényzeteltartó képességüknek köszönhetően. Bár a vizsgált szélesebség tartomány csak viharos erejű szelek esetében fordulhat elő, de ennél alacsonyabb szélesebség esetén is jelentős mennyiségű talaj erodálódik, ha figyelembe vesszük, hogy a méréseket öt perces intervallumokban végeztük és azt, hogy a talajok a szélesebség növekedésére gyakorlatilag lineáris elhordási függvényt mutatnak és nem vettük figyelembe a turbulens szelek lehetőségét.

11.4 Arany-féle kötöttségi egység és összes sótartalom:

A kötöttségi értékek a terület talajtípusainak és a kritikus indítósebességeknek megfelelően alakultak (22. ábra).

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
K_A	27	42	33	28	29	30

22. ÁBRA A MINTÁK KA-FÉLE KÖTÖTTSEGI EGYSÉGE

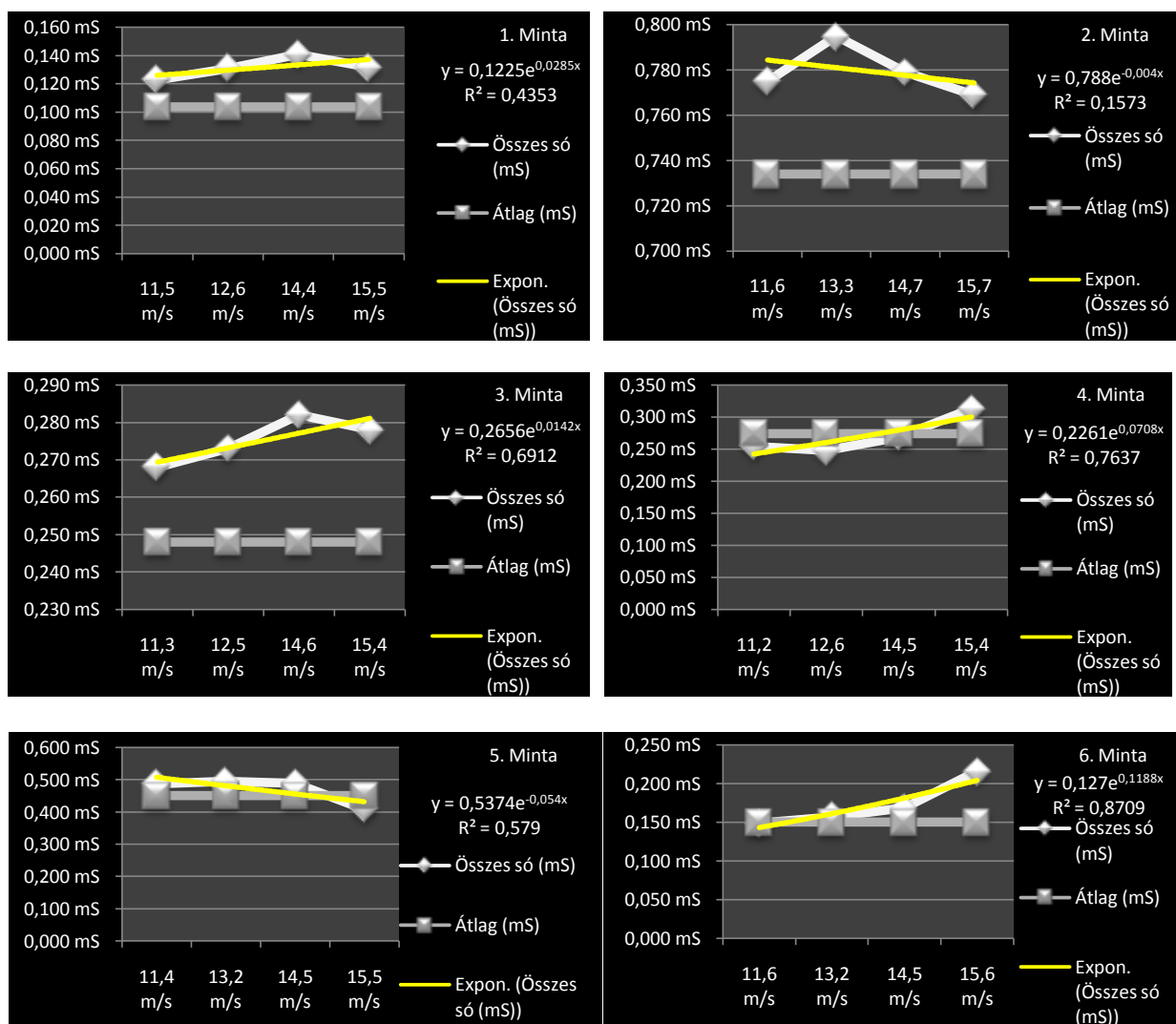
A szélróziós vizsgálatok utáni méréseknél különbséget nem tapasztaltam a kötöttségben. Ez azért alakulhatott így, mert a szélsatornás mérések során az alsó tíz centiméterben távozó szemcséket fogtuk fel. Az alsó tíz centiméterben pedig megtalálható a szélrózió által elmozdított összes frakció. Az a tény is szerepet játszik, hogy a minták homogenizáltak voltak, így 2 mm-nél nagyobb szennyeződések és szemcsék illetve aggregátumok nem lehettek a vizsgálati mintában. Azt is figyelembe kell venni, mely a legfontosabb tényező jelen esetben, hogy a szél munkáját nem hagytuk teljes mértékben végbemenni, hiszen a szemcséket egy helyre gyűjtöttük azonos távolságban, mivel a különböző méretű szemcsék elhordásának távolsága és lerakódása nem képezte vizsgálatunk tárgyát. A szakirodalmi adatok alapján azonban kijelenthető, hogy a kötöttség is jelentős mértékben változik a szél munkája által, hiszen a különböző frakciókat méretüktől, súlyuktól és mozgásuk mikéntjétől függően máshol rakja le a szél. Ettől függetlenül megállapítható, hogy a szélrózió által az alsó tíz centiméterben mozgatott feltalaj kötöttsége nem vagy jelentős mértékben nem változik, amennyiben bizonyos távolságon belül nem változik hirtelen az áramlás sebessége és a szélirányban megfelelő akadály található.

Az összes sótartalomnál már észrevehető a minták vizsgálata során a szélesebességtől függő só % koncentráció, a minták átlagértékeihez képest. A minták szélróziós vizsgálat előtti átlagértékeit mutatja a következő ábra (23. ábra):

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
Összes só % (mS)	0,104	0,734	0,248	0,274	0,451	0,15

23. ÁBRA AZ ÁTLAGMINTÁK ÖSSZES SÓ TARTALMA

A következő diagramok a széleróziós vizsgálatok utáni eredményeket mutatják a szélesebbesség függvényében, a vizsgálat előtti átlagértékeket is feltüntetve (24. ábra):



24. ÁBRA A MINTÁK ÖSSZES SÓ TARTALOM VÁLTOZÁSA

A diagramokban ábrázolt értékek táblázatos formában a melléklet 9. táblázatában találhatóak. A diagramok elemzése során észrevehetjük, hogy az elszállított anyag sókoncentrációja minden esetben túllépi az eredeti sókoncentrációt. Ez annak az eredménye, hogy a szélerózió során a talajokból, először a finomabb illetve aprózódott szemcsék távoznak, és mint tudjuk a kisebb frakciók kötik meg a sók jelentős részét, adszorpció útján. Jól megfigyelhetjük azt is, hogy a minták erodálódása során, mint már utaltunk rá, a szemcsék nagyságuk szerint különböző módon szállítódhatnak és ez jelentős hatással van az elszállított anyag sótartalmára is. Az 1-2-3. mintánál az emelkedés utáni csökkenés a minták mechanikai összetételével hozható kapcsolatba. Az első minta esetében mivel a minta 97 %-a homok

frakciójú, ezért azt a minimális sókat megkötő szemcsetartományt a szél már az első legalacsonyabb szélességnél eltávolította. A további sótartalmú szemcsék eltávolításához először el kellene hordania a nagyobb méretű szemcséket. A 2-3. minta esetében szintén a szemcsék méretével és súlyával magyarázható a kezdeti növekedés utáni csökkenés. A kifújás megtörténte után, mely a kisebb szemcséket távolítja el, időre van szükség, hogy a további magasabb sótartalmú szemcsék felszínre, illetve felszín közelébe kerüljenek és a kifújás újból nagyobb mennyiséget tudjon eltávolítani. Ettől függetlenül mindhárom esetben megfigyelhető, hogy a sók koncentrálnak, az átlaghoz képest mindegyik szélességen magasabb sótartalmú hordalék távozik. A 4-5-6. minta esetében észrevehető, hogy az értékek az átlag közelében maradnak egy ideig, majd emelkedni kezdenek és elhagyják az átlagot, az 5. minta esetében csökkenést tapasztalhatunk. A három minta mechanikai összetétele majdnem azonos, ennek megfelelően viselkedésük is hasonlít egymásra, jelentősebb változásokat csak az utolsó két szélesség között tapasztalhatunk, így csak ezt a tartományt érdemes vizsgálni. A negyedik és hatodik mintánál a növekedés annak tudható be, hogy a mintákat nagy részben alkotó homokfrakciókat a megnövelt szélerősség hatására el tudta mozditani (görgetés és szaltáció) a szél így további kisebb méretű szemcsék keletkeztek illetve váltak kifújásra alkalmassá. A hatodik mintánál alapvetően jóval magasabb sószázalékra számítottam mivel egy deflációs laposból, szikes területről származik (Szappanszék). Meglepődve tapasztaltam, hogy a mért értékek rendkívül kicsik, de figyelembe véve a 2010 évi időjárást és csapadékmennyiséget valószínűsíthető, hogy a keresett sómennyiség a talajvíz megemelkedése miatt a talajfelszín feletti vízrétegbe mosódott ki. A mintát fenolftalein indikátorral is ellenőriztem, így mutatta a megfelelő szikes jelleget. A sókimosódásra Cserni Imre végzett kísérleteket sivatagi környezetben és a Zöldségtermesztési Kutató Intézetben. Kísérleti eredményei figyelembevételével kijelenthetjük, hogy a hiányzó sómennyiség a vízben keresendő, ami a talajvíz újbóli csökkenésével a talajban illetve a talajon sókivirágzás és egyéb más formákban újból meg fog jelenni (Cserni I. 1991). Az ötödik minta esetében a legmagasabb szélességen minimális csökkenést tapasztalhatunk. Ez a másik két (4. 6.) mintához képest az alacsony karbonát tartalomnak tudható be. Mint azt már említettem a karbonátok bizonyos formái a frakciók egymáshoz kapcsolódását akadályozzák, ez kötöttebb talajok esetében, főleg agyagtalajok esetén jó, hiszen elősegítik a morzsás szerkezetet (meszezés), de jelen esetben a szemcsék gyenge kapcsolódása miatt a magas karbonát tartalom nem szerencsés. Az első mintát azért nem soroltam itt fel mivel az

97 % homok frakcióból áll és az iszap frakció a mintán belül elhanyagolható, így nem igazán hasonlítható a többi homok textúrájú talajhoz, melyek már magasabb iszap frakció százalékkal bírnak.

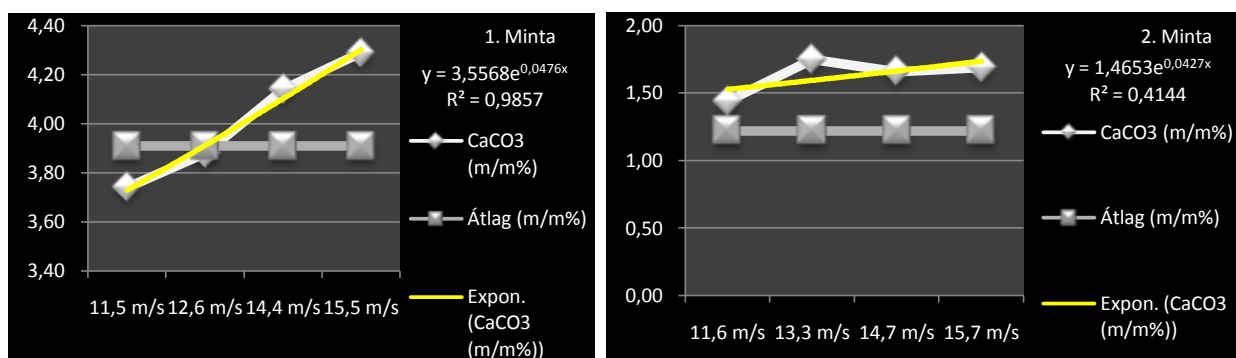
11.5 A CaCO_3 és változásai:

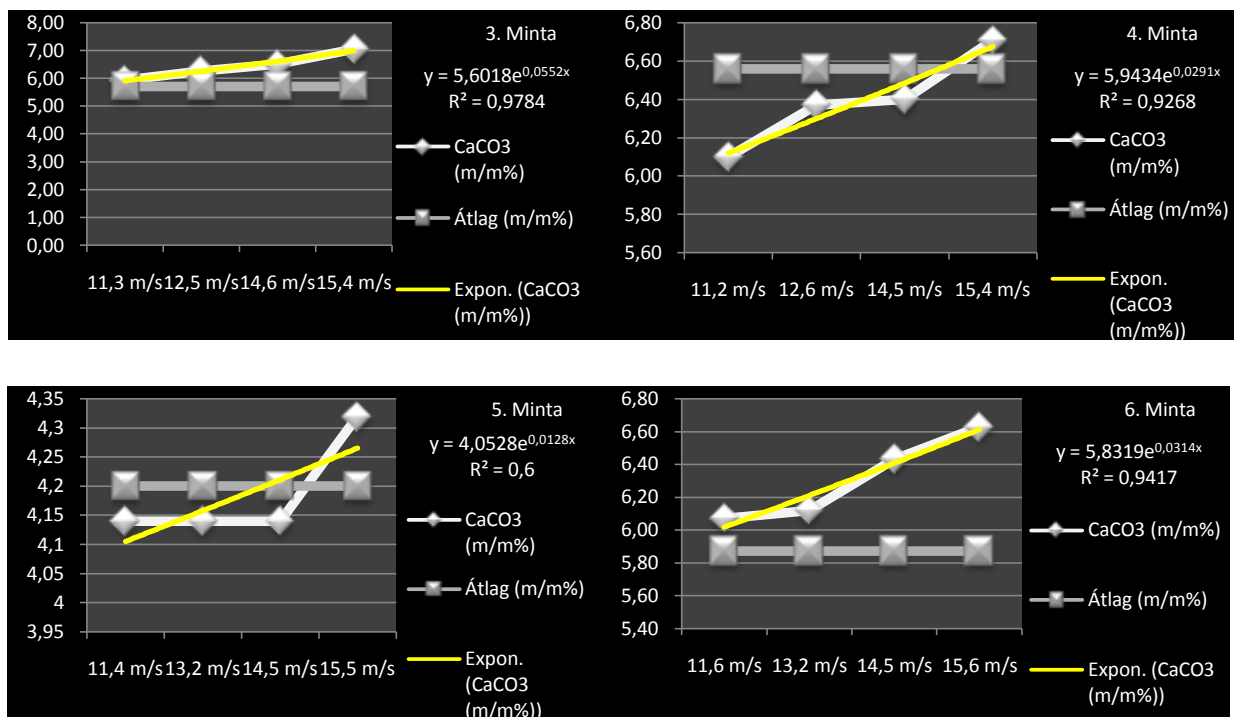
A minták karbonát tartalma 1.22 és 6.56 % között változott a következők szerint (25. ábra):

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
CaCO_3	3,91	1,22	5,71	6,56	4,20	5,87

25. ÁBRA A MINTÁK ÁTLAGOS CaCO_3 TARTALMA

Amint az látható a legkötöttebb mintának (2. minta) volt a legkisebb karbonát tartalma, a második legkötöttebb minta (3. minta) azonban már jelentős karbonát tartalommal rendelkezik. Az első minta viszonylag kevés karbonátot tartalmaz a többi homok textúrájú mintához képest, de mint már többször utaltam rá ennek a mintának 97 %-a homok frakcióba tartozik így érthető a kisebb százalékos arány. A következő diagramok (26. ábra) a CaCO_3 változásait mutatják be az átlagértékeket is feltüntetve a különböző szélsőbességeken, a pontos értékek táblázatos formában a melléklet 10. táblázatában találhatóak.





26. ÁBRA A MINTÁK CaCO₃ TARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA

Az első minta a 12 m/s-os értéknél éri el és lépi át az átlagérték határát mert ez a szélsősebesség szükséges ahhoz, hogy a 97 %-ban homok frakciójú minta karbonát tartalmú szemcséit a szél mozgatni tudja, ennek ellenére a tendencia a szélsősebességgel lineáris kapcsolatot mutat. A másik három homok textúrájú minta (4-5-6. minta) esetén is tapasztalható ez a jelenség. Azaz a kisebb szélsősebesség még nem képes a nagyobb karbonát tartalmú szemcséket megmozdítani mivel azok a közel 2mm-es frakciót képezik, ezért csak később lépik át az átlagminta által tartalmazott karbonát határát. A 4-5. mintánál ez csak a legerősebb szélerősség esetén következik be, mivel ezeknek jelentős az iszapszázalékuk. Az 5-6. mintánál az iszapszázalék megoszlásában van jelentős különbség, mert az 5. minta iszapszázaléka megközelítőleg azonos 4 % körül oszlik meg a különböző méretű iszapfrakciók között (c%; d%; e%; f%). A minta ezen egyenletes eloszlásnak köszönhetően csak a legnagyobb szélsősebéségen lépte át az átlag értékét. A 6. mintánál a frakciók megoszlása más, jelentős mértékben csak a c% képviselteti magát, melyek a 27. ábra szerint már jelentős karbonát tartalommal bírnak, és a szél által már az általunk vizsgált legalacsonyabb szélsősebéségen is jelentősen mozgékonyak. Az átlagot meghaladó mennyiségben szállítottak. A harmadik mintánál bár ez a minta már „jelentős” agyag és iszapszázalékkal rendelkezik, mégis magas a karbonát tartalma. A karbonát tartalmú

szemcsék pedig mivel nem igazán kötődnek az agyag és iszap frakciókhoz ezért a legalacsonyabb szélsébségen is mozgékonyak, így már ezen a sebességen átlépik az átlagminta értékét. Majd folyamatosan növekszenek a szélsébségnek megfelelően. A második minta esetében adódott a legkisebb karbonát tartalom (1.22 %). A kis karbonát tartalom a magas iszap és agyagfrakció aránnyal magyarázható, ezen frakciók aránya a mintán belül közel 50 %. Az iszap és agyag frakciók közé a karbonát nem tud beépülni, így érthető, hogy a minta csak kis mennyiséget tartalmaz. A diagram alapján megállapíthatjuk, hogy a 11.6 m/s-os sebességen is több karbonát távozik a talajból mint amennyi az eredeti minta átlaga, majd a következő szélsébségeken is ugyanezzel a tendenciával beáll egy értékre és mindegyik szélsébségen ennek megfelelő mennyiségű karbonát távozik. Ez az agyag és iszap frakció miatt van így, hiszen az 1:1 arányú (homok:iszap+agyag) textúrában a homokszemcsék közötti réseket kitöltik a további frakciók, így kifújás után tudnak csak távozni a nagyobb karbonát tartalmú szemcsék. Tehát általánosságban megállapíthatjuk, hogy a talajok karbonát tartalma rendkívül jól erodálható amennyiben az nem tud aprómorzsás szerkezetet képezni, illetve a minták és a szakirodalmi adatok alapján kijelenthetjük, hogy a magas dolomit ($\text{Ca}(\text{MgCO}_3)_3$) tartalom jelentősen hozzájárul a szélerózióhoz, hiszen viszonylag nagy szemcsékben jelennek meg, illetve ezekhez kötődnek. A jelentősebb karbonát tartalommal rendelkező talajok a szélerózió veszélyének jobban kitettek, mint a kevésbé karbonátosak. A karbonátok lúgosítják a talajt ezzel akadályozva a szerves anyagok lebontását, ezáltal a megfelelő kötések kialakulását, így tovább növelve az erodálhatóságot.

11.6 A pH és változásai:

A pH értékek a vizsgált területen majdnem egységesen alakultak. A következő ábrán az átlagminták mérési eredményeit ismertetem (27. ábra):

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
pH H₂O	8,38	7,33	7,81	8,07	7,85	7,97
pH KCL	7,95	7,14	7,61	7,80	7,57	7,94

27. ABRA AZ ÁTLAGMINTÁK PH-JA

A szakirodalmi adatok szerint a minták pH-ja a lúgos , gyengén lúgos kategóriába tartozna. Nem a szakirodalmi adatoknak megfelelő közepesen illetve erősen lúgos eredményeket kaptam, mert csak a talaj felső tíz centiméterét vizsgáltam és a CaCO_3 sok esetben csak a felső humuszos szint alatt dúsul fel, amennyiben ezt a talajviszonyok lehetővé teszik. Mivel területünk talajképző közege homok ezért itt erre a lehetőség megvan. A pH-k az így is magas CaCO_3 tartalom miatt enyhén lúgos irányba tolódtak el 7,81-8,38 vizes pH egység tartomány között és 7,57-7,95 KCL pH egység tartomány között. Egyedül a 2. minta semleges 7,33 vizes pH egység és 7.14 KCL pH egység, aminek oka az 1:1 arányú homok : iszap+agyag frakció. A széleróziós vizsgálatok utáni mérések esetében a pH tekintetében változást nem, vagy csak a mérési hibaszázalékon belüli eltérést tapasztaltam. Ezért ezeket a mérési adatokat a dolgozatban nem is közlöm. A minimális eltérések oka ugyanaz mint a kötöttség esetében. Azaz a szél munkáját nem hagytuk befejezni, a frakciókat együtt fogtuk fel, ezáltal a talaj mechanikai összetétele gyakorlatilag nem változott, vagy nem olyan mértékben amely, a pH-t bármilyen irányba eltolhatta volna.

11.7 Humusz % és annak változása:

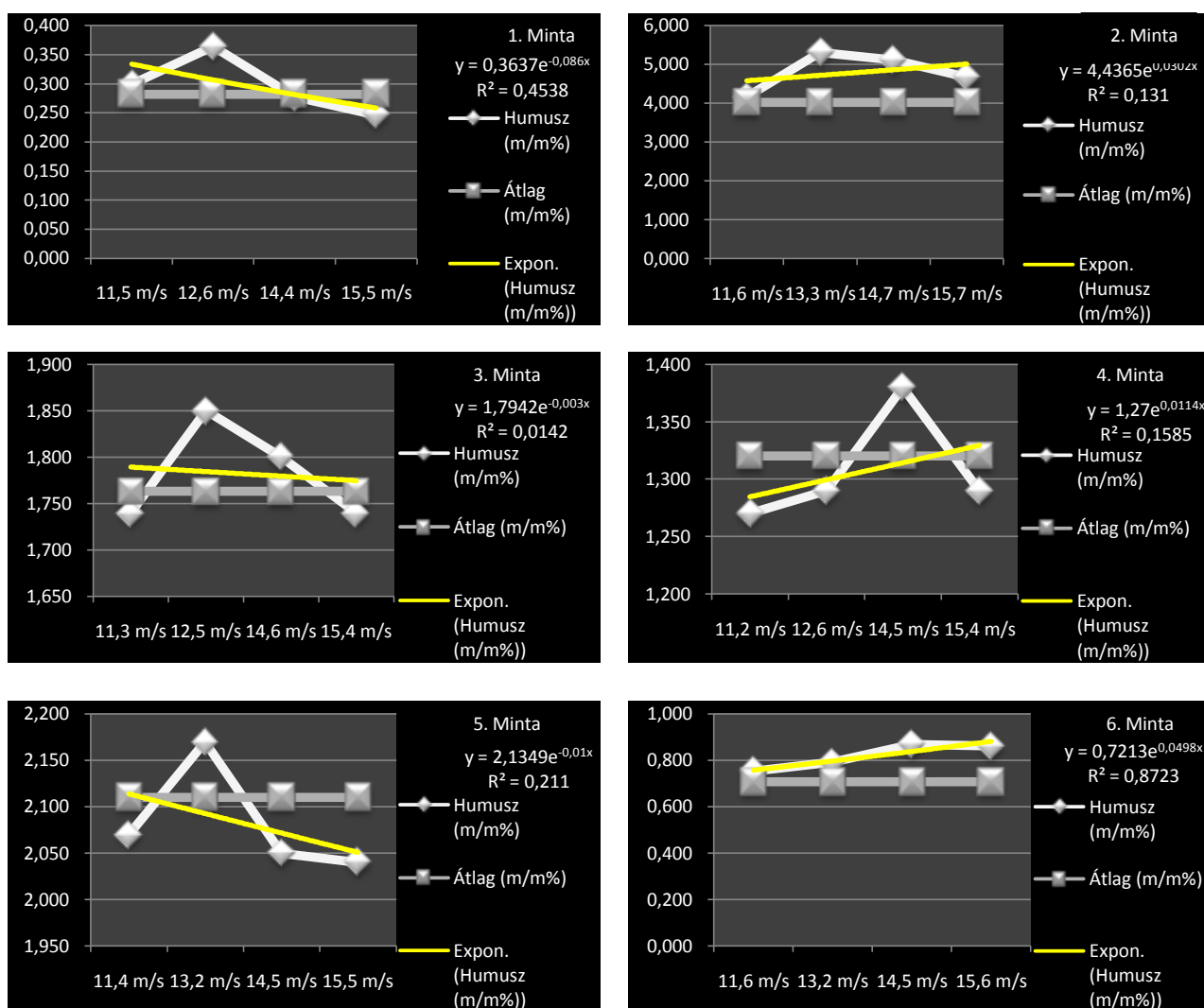
A humusz % meghatározásakor és értékelésekor figyelembe kell venni, hogy itt kizárólag a valódi humuszanyagokról beszélünk, hiszen a minták előkészítése során a nem valódi humuszanyagokat, elhalt de még le nem bomlott növényi maradványokat, állati tetemeket stb. a mintákból eltávolítottuk. Az átlagminták vizsgálata során a következő értékek adódtak (28. ábra):

	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
Humusz %	0,282	4,02	1,763	1,32	2,11	0,707

28. ÁBRA AZ ÁTLAGMINTÁK HUMUSZ%-A

Amint az értékekből látható egyik mintának sem volt túl magas humusztartalma, egyedül a 2. 5. és 3. számú minta nevezhető elfogadható, jó állapotú talajnak humusztartalom szempontjából. Az első minta futóhomoknak megfelelő értéket mutat, hiszen ezek a talajok képtelenek felületükön a humuszt megkötni. A szél ezt szállítja el a talaj felületéről és a szemcsék közül először, hiszen tömege jóval könnyebb mint a homokszemcskéké. A 3-4. minta gyengén humuszos homoknak megfelelő értékkel rendelkezik, itt a talajképződés és a

növényzet sűrűsödése már megkezdődött, de a talaj szerkezete még nem változott meg jelentősen. A 3. mintánál az érték azért is meglepő, mert ez egy kötöttebb talaj, amin ráadásul agrártermelés (a mintavétel idejében kukoricaföld) folyik, így valószínűleg az alacsony humuszszázalék az agrotechnikai hiányosságoknak és a szél munkájának köszönhető. Az ötödik minta már humuszos homoknak nevezhető, illetve homok lévén humusz ellátottsága jónak nevezhető. A 6-os mintánál az alacsony érték annak szikes jellegéből is következik, mivel ezen a talajtípuson a fő tényező a víz. Amikor a terület víz alatt van humuszképződés helyett más folyamatok játszódnak le (pl.: kotusodás). Vízmentes időszakban a terület a homok gyenge táp- és szerves-anyag megkötő képessége miatt a humuszanyagok kiszáradnak és azokat a szél elszállítja. A következő ábra (29. ábra) a széléróziós mérések utáni eredményeket mutatja mintánként, a pontos értékek a melléklet 11. táblázatában találhatóak:



29. ÁBRA A MINTÁK HUMUSZ% VÁLTOZÁSA

A diagramok elemzése során megállapíthatjuk, hogy a mintákat alapvetően két csoportra oszthatjuk. Az 1. és a 6. minta egy csoport, a 2-5. minta egy újabb csoport. Azért ezt a felosztást alkalmaztam, mert a csúcsok és diagram menetek figyelembe vételével ez a felosztás a legésszerűbb. Az első és hatodik minta megegyezik abban is, hogy a mechanikai elemzések alapján ezekben a mintákban a legkevesebb az iszap és agyagfrakció, melyeknek jelentős szerepe van a humuszanyagok kötődésében. A két minta között egy alapvető különbség van, mégpedig az, hogy az első minta a legmagasabb szélességen az átlag alá csökken míg az utolsó minta csak közelít az átlag felé bár valószínűsíthető, hogy magasabb szélességen el is hagyná azt. Az első mintának volt a legkisebb humusztartalma és kötöttsége, valamint a mechanikai elemzések alapján 97 % a homok frakció tartalma. Ezen tények ismeretében nem meglepő az, hogy a mintából már a legkisebb szélességen a humusz anyagoknak jóval nagyobb százaléka távozik. A 6. mintánál a beállóló látszólagos egyensúlyi helyzet a minimális humuszanyagok megkötődéséről tanúskodik az iszapfrakcióban és azzal együtt történő eróziójáról. A magasabb szélességen (12,6 m/s) negatív irányba való átfordulás azért következhet be, mert a feltalajról a szél már az első pillanatban eltávolítja a humuszanyagokat, valamint azért mert a könnyű humuszanyagok tíz centiméternél magasabb tartományban szállítódtak el. A csúcspont elérése után, amely minden mintánál 12.5 és 15.4 m/s-os tartományban következik be, erőteljes csökkenés tapasztalható a mért értékekben. Ezt a tartományt elhagyva a humuszanyagok tíz centiméter felett szállítódnak és a természetben ezeket az anyagokat a szél jóval messzebbre szállítja, rakja le akadálymentes terület esetén mint a talajszemcséket. A második mintánál megfigyelhetjük, hogy a kezdő szélességen az átlagmintának megfelelő mennyiségű anyag távozik, majd egy százalékegységnyi növekszik és csökkenésnek indul. Ez arra utal, hogy a szél megkezdte a szemcsék közül kifűjni a kisebb humuszanyagokat és ezek tíz centiméter fölött lebegtetve távoznak. A 3. és 5. mintánál a mért értékek eddigi állításainkat igazolják. Tehát a kezdő sebesség a humuszanyagok többségét elszállítja, illetve a vizsgált tartományban szállítja el majd jelentős csökkenés tapasztalható. Az 4. minta esetében a csökkenés a 14,5 m/s-os tartományban következik be, ami az iszapfrakció humusz megkötő szerepét mutatja. Hiszen a 3-4-5. mintából a 4. mintának van a legnagyobb iszapfrakció tartalma. A megvizsgált értékek alapján kijelenthetjük, hogy a humuszanyagok főleg az iszapfrakcióban kötődnek meg és az agyagtartalom a humuszanyagok megkötődésében jelentős szerepet nem játszik. Nem is játszhat hiszen kialakulása során a fő szerepet a vízhatás játsza, ami a

humuszanyagok lebomlását és átalakulását teljesen más irányba viszi el, valamint szemcséi olyan szorosan és nagy erővel tapadnak egymáshoz, hogy a humuszanyagok már be sem épülhetnének közéjük. Tehát a mintaterület talajainak humusztartalmát és annak szélerozió elleni védelmét digózással javítani lehetne.

11.8 NO₃-NO₂-N és annak változása:

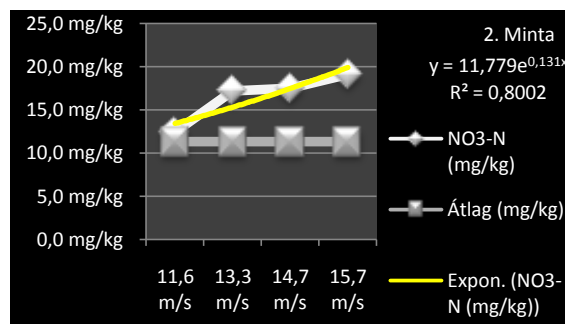
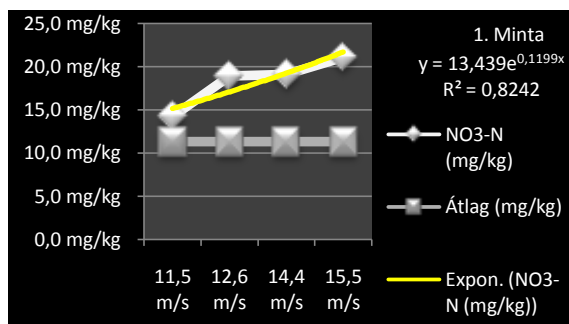
A talajok nitrát, nitrogén ellátottsága rendkívül fontos a termékenységük szempontjából. A vizsgált átlagminták nitrát, nitrogén tartalmát mutatja a következő 30. ábra:

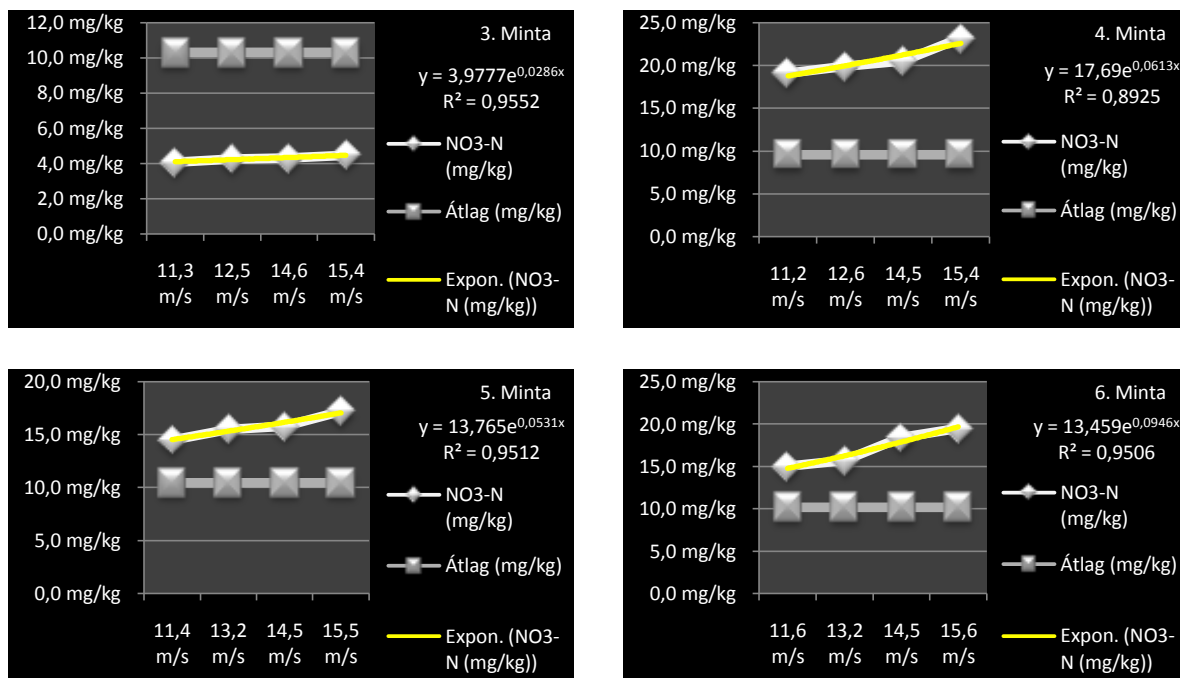
	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta	6. minta
NO ₃ -NO ₂ -N (mg/kg)	11,3	11,3	10,3	9,57	10,46	10,18

30. ÁBRA NO₃-NO₂-N TARTALMA AZ ÁTLAGMINTÁKBAN

Várallyay szerint kritikus nitrit-nitrát-nitrogén tartalomnak az 50 mg/kg feletti értékek számítanak. Mivel mi a feltalaj 10 cm-ét vizsgáltuk és a vizsgált tápelem alapvető tulajdonsága a kimosódás illetve lemosódás az alsó rétegekbe, ezért ezek az értékek magasnak tekinthetők. Az alapvető besorolás szerint ezek az értékek a jó kategóriába sorolhatóak. A NO₃-NO₂-N a feltalajban 95 %-ban szerves kötésben van, ennek megfelelően a humusztartalommal arányos (Várallyay Gy. 2009; Füleký. 1999).

A következő ábra (31. ábra) a minták NO₃-NO₂-N tartalmának változását mutatja az erózió hatására az átlagminták értékeinek feltűntetésével, a pontos értékek a melléklet 12. táblázatában találhatóak:





31. ÁBRA NO₃-NO₂-N VÁLTOZÁSA ERÓZIÓ HATÁSÁRA A MINTÁKBAN

Az értékek elemzése során megállapíthatjuk, hogy 3. minta kivételével minden minta esetében a szél erősség növekedésével a minták NO₃-NO₂-N tartalma is növekedett, átlagosan megközelítőleg 200 %-al. Ez az érték rendkívül fontos hiszen így magasabb NO₃-NO₂-N tartalmú minták esetén könnyedén elérheti a koncentráció a kritikus 50 mg/kg értéket is. Tehát az elhordott hordalék a lerakódás helyén akár toxikus is lehet. Megfigyelhető az is, hogy a vizsgált minták esetében az elszállított talaj mennyiségével arányosan nő a NO₃-NO₂-N mennyisége. A hármas számú mintánál az eredmény nagy valószínűséggel nem reális, hiszen csak a 0-10 cm-es tartományt fogtuk fel, de a minta homokfrakción kívül csak agyagfrakciót tartalmaz, ami könnyű és poros szemcséi miatt nagy valószínűséggel a felfogott tartomány fölött távozott, így mérési eredményünk is valószínűleg pontatlan. A megvizsgált minták alapján és a szakirodalmi adatok alapján a nitrogén és a szerves-anyagok az adszorbeáló szemcse méretétől függően akár 150 cm magasságban is erodálódhatnak, de jelentős részük a 0-10 cm-es tartományban távozik amennyiben szabadföldi körülmények között azt a vegetáció lehetővé teszi (Hoffmann C. – Funk R.-Li Y. – Sommer M. 2008). Amennyiben a szél 1 tonna talajt szállít el 4 % szerves anyagot feltételezve annak 1/20 a nitrogén, azaz tonnánként 2 kg veszteség is felléphet. A szélrózsió során fellépő veszteség a mezőgazdaságilag művelt területeken nem ritkán eléri a 10-20 tonnát is és ez 20-40 kg

veszteséget is jelenthet, ami a folyókba, tavakba kerülve eutrofizációt okoz (Stefanovits. et.el, 1999).

11.9 A P_2O_5 , K_2O és Na tartalom, valamint ezek változása:

A foszfor, kálium és nátrium a növények számára a nitrogén után a legfontosabb tápelemek illetve azzal együtt létfontosságú tápelemek. A foszfor változatos formákban fordul elő a természetben. A talajok szerves anyagában is jelentős mennyiségű foszfor található, a második legnagyobb mennyiségben előforduló elem. Átlagosan a talajokban 500-800 kg/mg mennyiségben fordul elő. A száraz meszes talajokon a foszfortartalom gyakran magas mivel sok bennük az apatit és nem játszik szerepet a kimosódás. A feltalaj foszfortartalma minden esetben magasabb, mint az altalajé. A foszforvegyületek általában az agyag frakcióhoz kapcsolódnak mivel igen finom eloszlásúak. A mezőgazdaságilag művelt talajok foszfortartalmára a legnagyobb veszélyt az erózió jelenti. Mivel a talaj felső humuszos rétege tartalmazza a legmagasabb foszformennyiséget, ami átlagosan 450-1800 kg P/ha, akkor egy tonnányi talaj elhordásával 0,2-0,8 kg/ha foszfort veszítünk, ami felszíni vizeink esetében rendkívül nagy veszélyt jelent (eutrofizáció). A kálium főleg a kőzetekben fordul elő. A talaj kálium tartalma 0,2-3 % között mozog. A kálium eredete az egyik leggyakoribb ásvánnyal, a földpáttal van kapcsolatban, ezért a kálium ellátottság általában nem jelent problémát a növénytermesztés szempontjából. A homok iszap és agyagfrakciók egyaránt megkötik a káliumot, de nagyobb része a finomabb frakciókhoz kapcsolódik. A talajokban főleg az agyagásványok negatív töltésű helyeihez kapcsolódik kötött hidratált ion alakban, nem túl erős kötéssel, így ionjai könnyen kicserélhetőek. Alapvetően megkülönböztetünk káliumkötő (szmektitek) és káliumszolgáltató (káliföldpát) agyagásványokat. A kálium kimosódása jelentős mértékben csak homok illetve művelés alatt álló területek feltalajában figyelhető meg. Ezért a mélyebb talajrétegek általában véve nagyobb káliumtartalmúak mint a feltalajok, mégis beszélhetünk eróziós veszteségről, ha számításba vesszük, hogy a talaj összes káliumtartalma 1 % akkor a veszteség évente átlagosan 635 kg/ha. A nátrium a káliummal ellentétben földpátokban előfordul, de csillámokban nem, valamint a nátrium földpátok kissé gyorsabban mállanak, mint a kálium földpátok. A káliumnál is gyengébben kötődik ezért a legkönnyebben kimosódó bázikus kation. A talajok nátriumtartalma fokozatosan csökken. A száraz területek esetében néha felhalmozódik, mert nincs kimosódás, ekkor sós és szikes talajok keletkeznek. Környezeti vonatkozásban a nátriumionok által diszpergált talajkolloidok és a lúgos pH a szikesekben jelentősen akadályozza a növények fejlődését (Stefanovits P. –

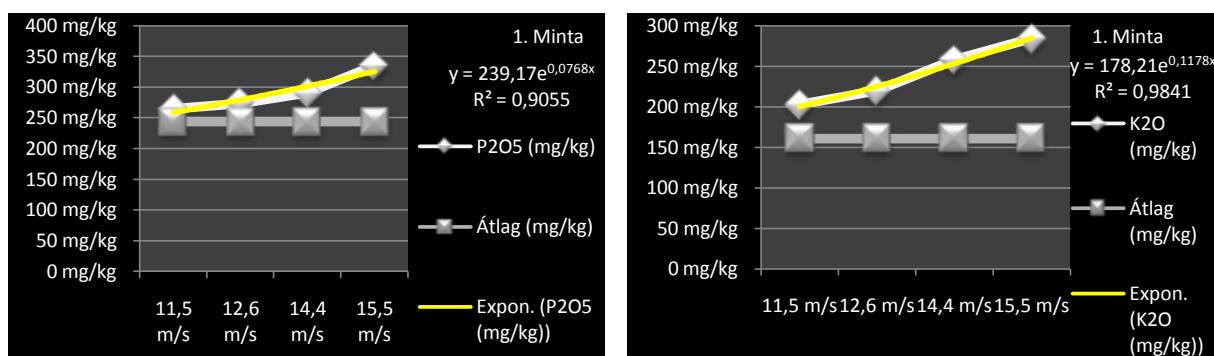
Filep Gy. – Füleky Gy. 1999). Ezek alapján az adatok elemzésébe is belefoghatunk. A vizsgált minták átlagmintáinak értékei a következőképpen adódtak (32. ábra):

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	minta	minta	minta	minta	minta	minta
P₂O₅ (mg/kg)	244	236	240	116	210	113
K₂O (mg/kg)	161	165	174	300	200,2	134,4
Na (mg/kg)	12,5	11,1	10,78	6,48	5,21	8,591

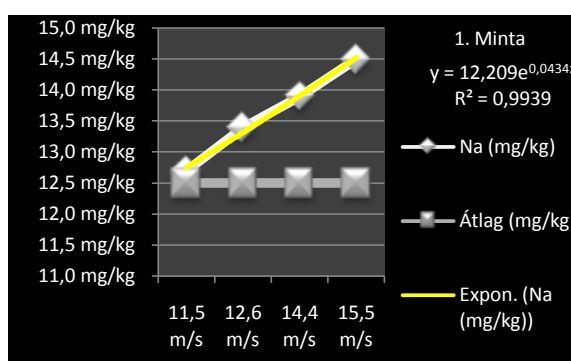
32. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM AZ ÁTLAGMINTÁKBAN

Az első minta esetében az eddigi eredmények alapján meglepő értéket tapasztalhatunk. Ennek oka valószínűleg a mintaterület hulladéklerakó jellege valamint a közelben található gyümölcsös ültetvény. A talaj felső rétegének foszforellátottsága ugyanakkor az összes minta közül a legmagasabb, jó értéknek nevezhető. A 97 %-os homoktartalomnak és az alacsony humusz %-nak köszönhetően ez a foszfortartalom kimosódás és erózió útján hamarosan távozni fog a talajból. A második (gyepterület) és harmadik (kukoricaföld) mintánál a jó foszfor ellátottság megfelel a minták szedimentológiai elemzésének és a második mintánál annak humusztartalmának. Az ötödik minta esetében a humusztartalomnak és a minimális iszapfrakciónak köszönhető a jó foszforellátottság. A negyedik és hatodik mintánál a foszforellátottság gyengének nevezhető a humusz %-nak és a mechanikai összetételnek megfelelően. A kálium ellátottság tekintetében az 1. 2. 3. és 6. minta közepes ellátottságúnak felel meg, de az első minta esetében az érték magasnak tekinthető, valószínűleg a foszfornál említett tényezők jelentős szerepet játszottak az érték kialakulásában. A 6. mintánál pedig a mechanikai összetételhez képest viszonylag magas érték a szikes terület jellegéből adódik. Az idei évi csapadék megemelte a talajvizet és az elhalt növényekből kimosódott a kálium. A 4. 5. minta esetében a jó ellátottság a terület művelési ágának megfelelően alakul (agrártermelés, búza művelési ág), valószínűleg kálium műtrágyát adagoltak a gyenge ellátottságú talaj ellensúlyozása érdekében. A nátrium tartalom tekintetében az egyes minta értéke magasnak nevezhető, a második, harmadik, negyedik és ötödik mintában a mérési eredményeknek megfelelően alakult. A második és harmadik minta jó ellátottságúnak nevezhető. A hatodik mintánál a nátrium magas értéke a talaj szerkezeti összetételéhez és egyéb tulajdonságaihoz képest magas, jól mutatja a szikes jelleget. A széléroziós vizsgálatok majd az ott keletkezett minták laboratóriumi elemzése után a következő értékeket kaptuk diagramos formában

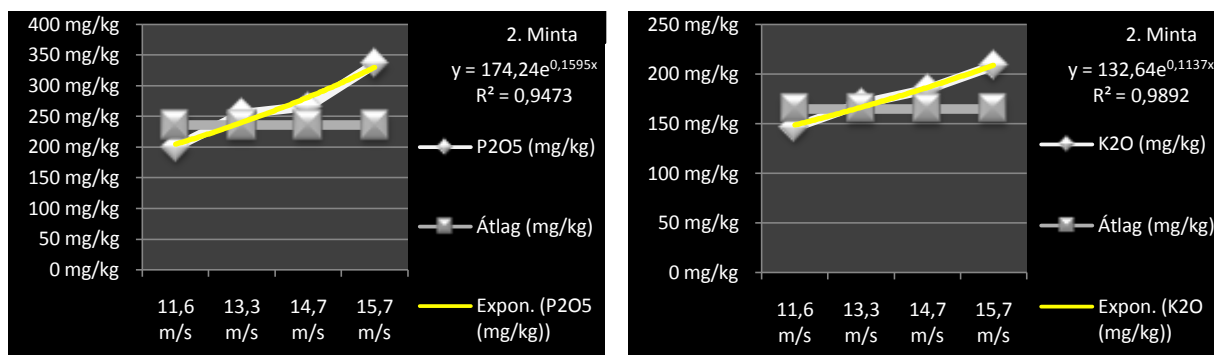
megjelenítve az átlagértékekkel együtt (a pontos értékek táblázatos formában a melléklet 13-15 táblázatában találhatóak):



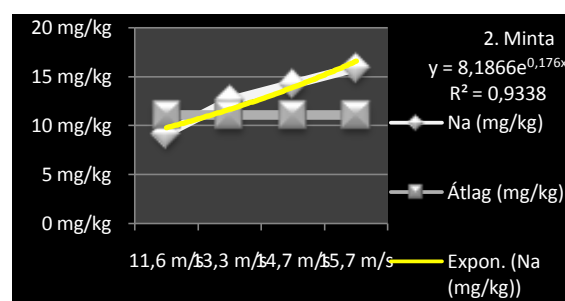
33. ÁBRA A P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM ALAKULÁSA



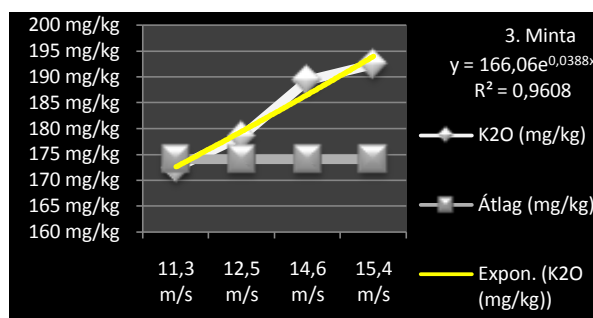
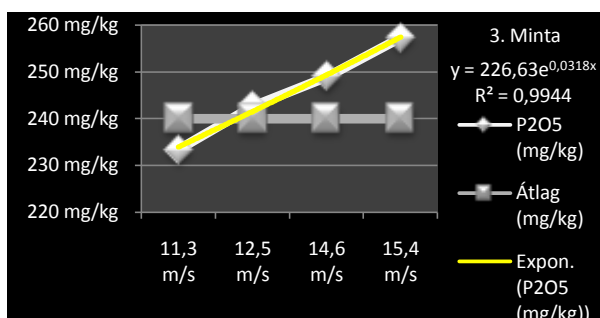
Az első mintánál (33. ábra) az elemek a minta szemcséivel együtt nagy fokon eródálhatóak, hiszen a foszfor és a kálium esetében 100% feletti elem eróziót figyelhetünk meg az átlagmintához képest, míg a nátrium esetében a mért értékek az átlaghoz képest 2 mg/kg - al emelkedtek.



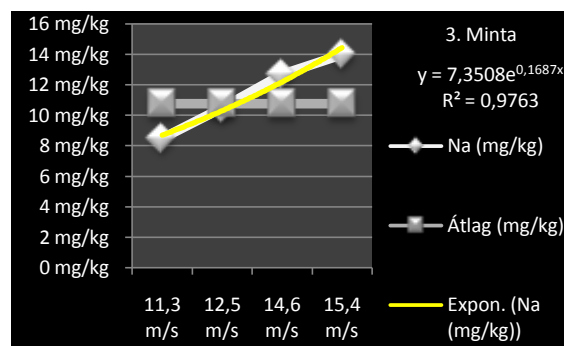
34. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM ALAKULÁSA



A második minta (34. ábra) esetében jól észrevehető a mechanikai összetétel eredménye. A 11,6 m/s-os szélsősebességen az átlagnál kevesebb tápelemet mozgattott el a szél. A 13,3 m/s-os sebességen már megközelíti az átlagértéket. A foszfor és a kálium értékek enyhe emelkedést mutatnak a 13,3 és 14,7 m/s-os tartományban, majd a 14,7 m/s-ot elhagyva meredek emelkedésnek indulnak. A nátrium esetében már a 13,3 m/s-os tartományban elhagyja a minta elemtartalma az átlagot majd meredeken emelkedik a szélsősebességnek megfelelően. A 15,7 m/s szélsősebességnél már az átlagminta 150 % a minta nátriumtartalma.

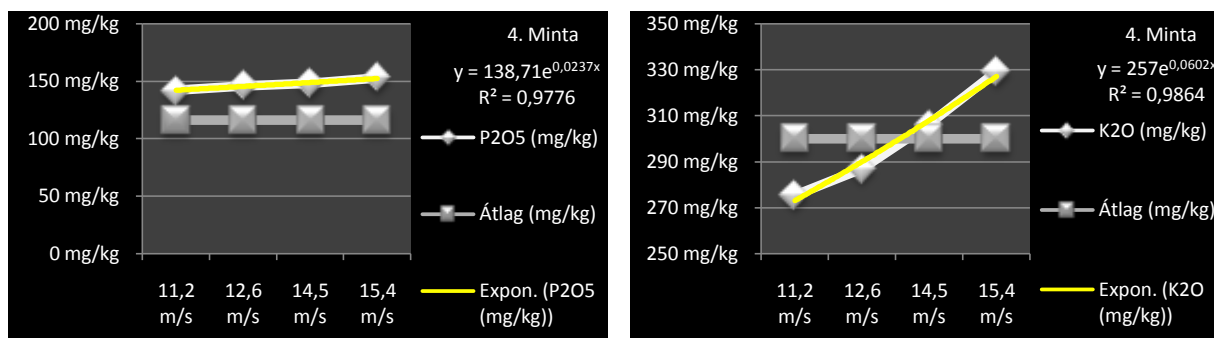


35. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM ALAKULÁSA

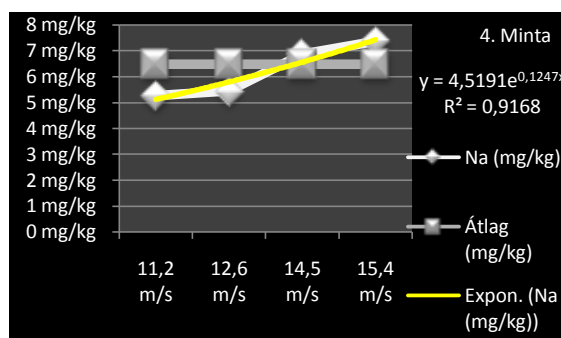


A harmadik mintánál (35. ábra) is tapasztalható az elemek kötődése a mechanikai összetétel alapján a különböző frakciókhoz. Ahogy az előző mintánál itt is tapasztalható a legkisebb (11,3 m/s) szélsősebességen a minta tápelem tartalma nem éri el az átlagminta tápelem tartalmát, valamint ugyanúgy, mint az előző mintánál a 12-13 m/s sebességtartományban lépi át az elemtartalom az átlagértéket. Azonban a minta kis iszapfrakció arányának köszönhetően hamarabb lépi át az átlagot és átlépése után jóval meredekebb mértékben emelkednek a szélsősebesség függvényében az elemtartalmak, mint az látható a kisebb kötöttségnek megfelelően kisebb szélsősebességen következik be az átlagérték átlépése. Az átlagértékek átlépése után a foszfor és kálium esetében a függvény meredeken emelkedik, míg a kálium esetében kisebb mértékű elemtartalom csökkenés tapasztalható. A

káliumtartalom esetében az átlagértéket már a legkisebb szélsébségen is megközelíti a minta káliumtartalma.

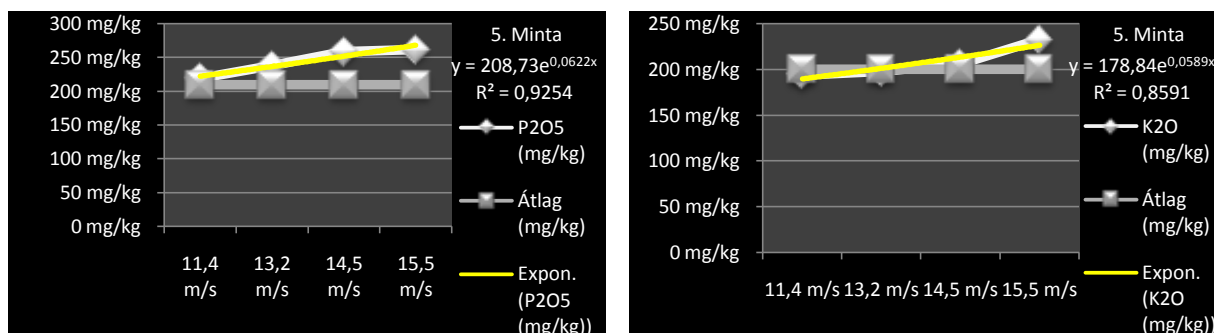


36. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM VÁLTOZÁSA

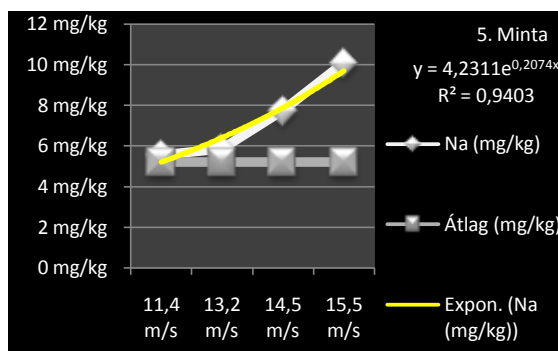


A negyedik mintánál (36. ábra) csak a foszfor esetén tapasztaljuk a homoktalajoknak megfelelő elemtartalom csökkenést az átlaghoz képest, sőt még a kötöttebb talajok tápelem megtartó képességét is felülmúlja a nátrium és a kálium esetén. A foszfortartalomnál lassú, de folyamatos emelkedést tapasztalhatunk az átlaghoz képest. A legalacsonyabb szélsébségen is átlépi az átlagértéket. A kálium és nátrium esetében azonban csak a 14.5 m/s-os sebesség tartomány környékén lépi át, illetve közelíti meg az átlagot. Az eredmények alakulása a homoktalajok deflációs tulajdonságainak tudható be a kisebb frakciókból felépülő talajokkal szemben. A szélrózsió során a durvább szemcsék közül először kifújással távozik a minimális mennyiségű finomabb frakció, majd görgetés és szaltáció útján a szélnek el kell távolítania a durvább szemcséket, hogy nagyobb mennyiségű finom frakciót távolíthasson el. A függvények meredeksége pedig azért csak a kálium esetében éri el az előző mintáknál tapasztalhatóakat, mert a tápelem tartalmak kisebbek, mint az előző mintáknál. Tehát megállapíthatjuk, hogy bár a mintából mennyiségileg többet távolít el a szél, de a finom frakció hiánya miatt a különböző szélsébségről vett mintákban nem tud olyan mértékben feldúsulni a finom frakció, ezért a tápelemtartalom sem.

Az ötödik mintánál tapasztalható, hogy a négyes mintához képest 5 %-nyi iszapfrakció csökkenés miatt és az a% szintén 5%-nyi csökkenésének hatására sokkal jobban megközelíti a homoktalajoktól elvárt viselkedést, attól függetlenül, hogy a minta humusztartalma nagyobb, karbonáttartalma pedig kisebb mint a negyedik mintáé. Ebből is látszik, hogy a talajok esetében a tápelem megkötő képességre a legnagyobb hatást a kőzetek és a talaj mechanikai összetétele gyakorolja. Ezt mutatja a 37. ábra.

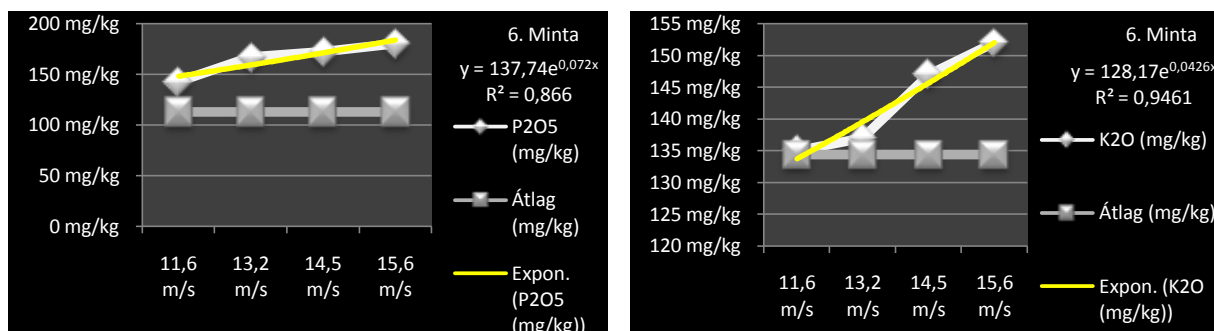


37. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM VÁLTOZÁSA

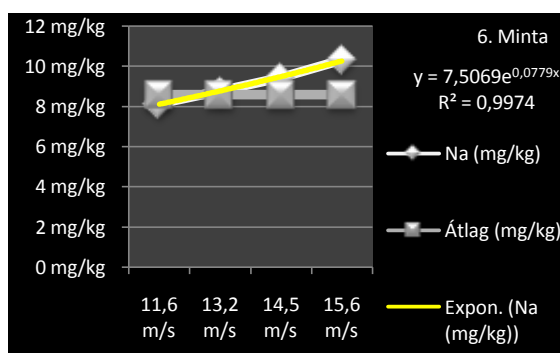


A diagramok (37. ábra) alapján megállapíthatjuk, hogy az ötödik minta esetében az elszállított tápelem tartalmak már a 11,4 m/s-os értéknél megközelítik, illetve a foszfor és a nátrium esetében el is hagyják az átlagértéket. Erőteljes tápelem sűrűsödés csak a nátrium tápelemnél tapasztalható. A mért értékek alapján a 15,5 m/s-os sebességnél közel kétszáz százalék az átlaghoz képest. A kálium tápelemnél az átlagot jelentősen csak a legmagasabb szélsősebesség esetén lépi túl, ami valószínűleg a nagyobb frakciókhoz való kötődés eredménye is. A nátrium alacsony értéke betudható az f% kis értékének is. A szélsősebesség növekedésével pedig azért növekszik jelentősen a minták tápelem tartalma, mert a legkisebb frakciókat távolítja el először az erózió kifújás útján.

A hatodik mintáról elmondhatjuk, hogy bár homok textúrájú talajról beszélünk, szikes jellege miatt erodálódása mégis eltér kis mértékben a többi homok textúrájú talajunktól. Ebben főleg a kialakulása során jelentős szerepet játszó vízhatás és nátrium sók játszanak jelentős szerepet. Az ötös és hatos mintához képest nátriumtartalma jelentős, ezért a többi tápelem kötődését a szemcsékhez ez jelentősen befolyásolja. A diagramok tehát a következőképpen adódtak (38. ábra):



38. ÁBRA P₂O₅ K₂O ÉS NA TARTALOM VÁLTOZÁSA



Tehát mint azt az előző bekezdésben említettem a minta erodált tápelem tartalma nem teljesen egyezik meg a közel azonos homok textúrájú talajokéval. A foszfor értékeiben attól függetlenül, hogy ez a minta tartalmazza az adott tápelemből a legkevesebbet, már a kezdő szélsőbességen is meghatározó mennyiség távozik, ami a további szélsőbességeken is folyamatosan nő. A káliumnál a 13,2 m/s szélsőbességtől igen meredek tápelem tartalom változást figyelhetünk meg, ami jelen esetben is azt bizonyítja, hogy a kálium a nagyobb szemcsék felületén is megkötődik. A nátrium értékeiben a szélsőbességnek megfelelően folyamatos növekedést figyelhetünk meg, amely szintén a szélerozió mechanizmusára utal.

12 Következtetések:

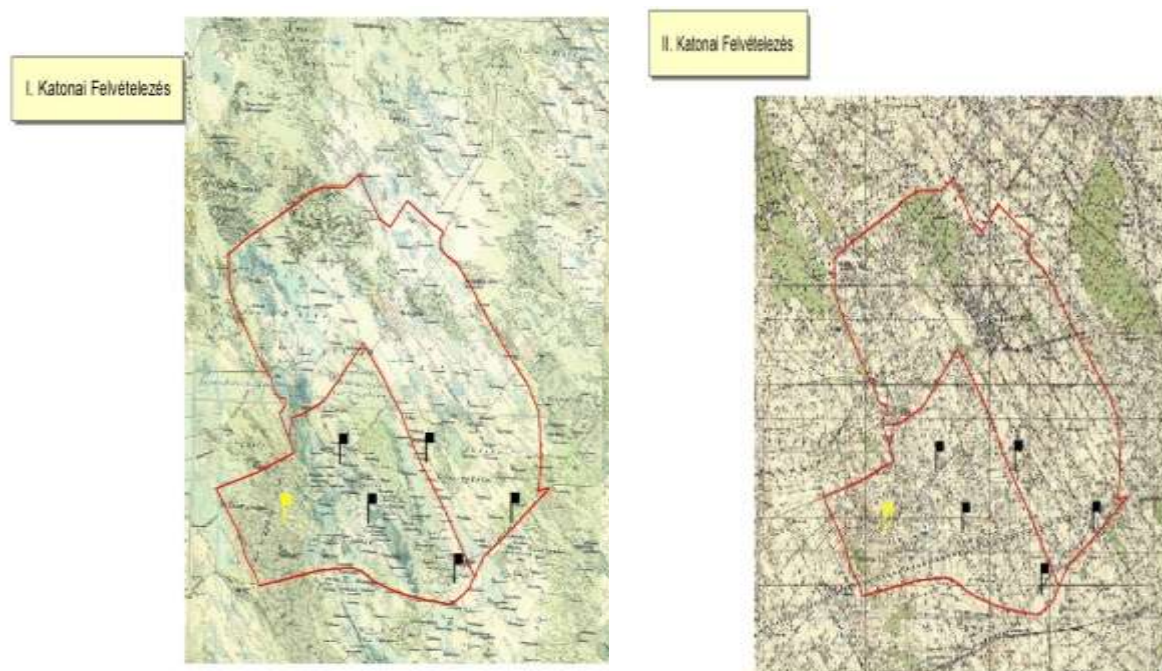
Összefoglalásként elmondható, hogy a minták és szakirodalmi adatok alapján a talajok erodálódási tulajdonságait és tápelemtartalmát legnagyobb mértékben a talajok kialakulása, ezáltal a mechanikai összetétel és a talajokra ható tényezők valamint azok környezete határozza meg. A minták összessége alapján különböző, általános törvényszerűségeket határozhatunk meg.

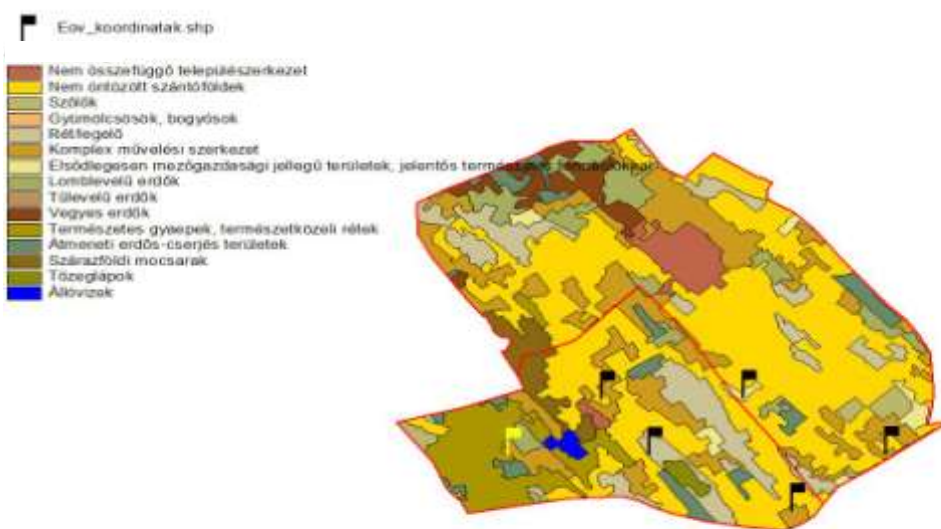
A magas homoktartalom minden esetben elősegíti az eróziót, míg az iszap és agyag frakciók akadályozzák azt. A szervesanyagok inkább növelik az erózióra való hajlamot mint csökkentik azt. A karbonátok közül a CaCO_3 csökkenti az erózióhajlamot, amennyiben jelen vannak megfelelő méretű szemcsék, melyeket összekapcsolhat, míg a dolomit tartalom növeli azt. Az összes só tartalom szélerózió hatására jelentősen megnövekszik, akár az eredeti minta koncentrációjának többszörösét is elérheti. A $\text{NO}_3\text{-NO}_2\text{-N}$ az összes sóhoz hasonlóan jelentős mennyiségben távozik a talajból erőteljes koncentrálódást mutatva. A foszfor homok textúrájú talajokon csak kis mértékben, de már a kezdeti szélesebségen is erodálódik, míg kötöttebb talajokon jelentős mennyiségben távozik. A kálium főleg az iszapfrakció finomabb szemcséihez tapad, ezáltal az erodálódási sorban a foszfor után következik, de a megfelelő szélesebség tartomány elérése után jelentős mennyiségben távozik a talajból. A nátrium csak nagyon magas homoktartalmú talajokon illetve szikes talajokon vesz fel meredek erodálódási görbét a szélesebségnek megfelelően, más szerkezetű és kialakulású talajokon kis meredekségű, de folyamatosan növekvő szélesebségfüggő erózióval távozik.

13 Összefoglalás és Javaslatok

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a talajok és tápelemek eróziója főleg a talajok mechanikai összetételétől függ. A szélerózió annál nagyobb hatást fejt ki egy talajra minél kisebb annak iszap és agyagfrakciója. A tápelemek esetében jelentős szerepet játszanak a talaj egyéb fizikai tulajdonságai is, melyek nagy részben ugyan a mechanikai összetételtől függenek, de fontos a talajképző közet, a terület elhelyezkedése, illetve a felszínborítottság és a

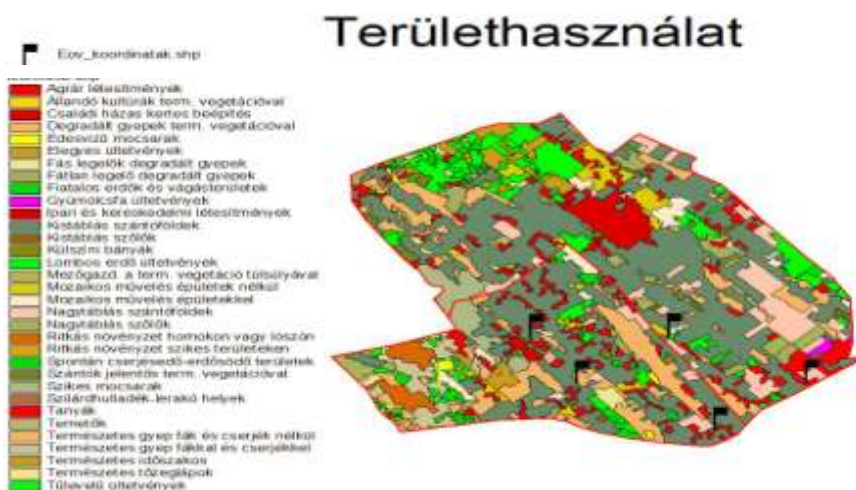
vízhatás. Az adatok elemzése után azt is megállapíthatjuk, hogy a talajokból szélrózió hatására a tápelemek jelentős része távozik, akár a talaj átlagos tartalmának többszöröse is. Az eltávolított szemcsék és frakciók, illetve a tápelemek frakciókhoz való kötöttségének függvényében. A humuszanyagok a tévhittel ellentétben jelentős mértékben nem segítik elő a talajok szélrózió elleni védelmét, különösen száraz állapotukban nem. A magas sziktartalom csökkenti a talajok szélrózió ellenállását, mivel akadályozzák az aggregátumok képződését, ezért a talaj erősen szemcsés szerkezetű lesz. A szemcsés szerkezet ugyan bizonyos szélsébségig csökkenti a talajra ható szél sebességét, de messze nem olyan hatású mint a hantós szerkezet. Megállapíthatjuk, hogy a vizsgált terület talajai rendkívül erózióérzékenyek. Erózióérzékenységi térkép összeállítása esetén is azt tapasztaljuk, hogy a teljes terület erózió által veszélyeztetett. Amennyiben ehhez hozzávesszük azt, hogy a terület felszínborítottsága és terület használata az első katonai felvételezés óta jelentősen változott, akkor megállapíthatjuk, hogy a felszínborítottság negatív irányú csökkenésével - legeltetési állattenyésztés helyett intenzív gyümölcsösök és agrárkultúrák, a gyepek jelentős arányú csökkenése – és legfőképp az előbb említett okok területhasználati, művelési ág változásai miatt jelentősen megnőtt a szélrózió veszélye (Dömsödi, 2006). Ezt mutatja a következő ábra (39. ábra) valamint az első és második katonai felvételezésből készített térképek:





Felszínborítottság

39. ÁBRA FELSZÍNBORÍTOTSÁG ÉS TERÜLETHASZNÁLAT



Amint az a térképek alapján is megfigyelhető erőteljesen csökkent a természetes erdők és gyepek aránya és ezzel párhuzamosan megnőtt a kistáblás szántóföldek és a szántóföldek területe. Ezeknek arányát ajánlatos lenne csökkenteni a természetközeli állapotok visszaállításával, legalább azokon a területeken ahol a termelési feltételek nem adottak, esetleg megoldható lehetne azok Nemzeti Parkhoz való csatolása. Azokon a területeken ahol a termelést fent kívánjuk tartani, a mezővédő erdősávok helyzetét kellene javítani telepítéssel illetve pótlással, kiegészítéssel. A hiányos állományokat telepíteni, az egysoros illetve nem

megfelelő zártságú és nem megfelelően lépcsőzetes állományokat pedig kiegészíteni kellene. Ezek a szakmailag nem megfelelő állományok jelen pillanatban maximum a mikroklima kis mértékű javítására alkalmasak. A gyümölcsös, bozótos területhasználat esetén az ökológiai gazdálkodásnak megfelelően a feltalajokat gyeppel telepítésével, illetve rozsvetéssel védeni kellene (Bodolay, 1965 a,b), jelen pillanatban ezeket az eljárásokat nem igazán alkalmazzák azok jelentős ráfordítási költségei miatt. A szántóföldeken az aratás utáni és a kelés előtti időszakban ajánlott lenne a 100 % közeli fedettség biztosítása az erózió veszélyének csökkentése érdekében a tarló és szármaradványok felszínén hagyásával, mulcsolásával, vagy a terület paragon hagyásával a gyomok vetés előtti beszántásával. Nem porosító tárcsázást alkalmazni, hanem inkább megfelelő időben és módon elvégzett hantos szántást, közvetlenül a kultúrák vetése előtt. A szaktanácsadások során figyelembe kellene venni a szélerózió által elszállított feltalajt és annak tápelemtartalmát, ezáltal növelhető lenne a gazdák árbevétele mely többletforrással a területek megfelelő művelése könnyebb lenne anyagilag. Ajánlott lenne olyan pályázatok kiírása, amelyek a Duna-Tisza köze és az ország szélerózió által veszélyeztetett területeinek megfelelő művelését szorgalmazzák, az AKG program bővítése a megfelelő területek esetén. A gazdáknak oktatásokat kellene tartani a legújabb kutatási eredményekről, azok alkalmazásáról, a megfelelő eredmények elérése érdekében. A Duna-Tisza közti csatorna megépítése rendkívül fontos lenne a terület szempontjából, hiszen ez erőteljes hatást gyakorolna a talajvízszintre, ami pozitívan hatna a szélerózió mérséklésére, illetve a terület eredeti viszonyainak helyreállításában nagy segítséget jelenthetne.

14 A kutatás jövője

A kutatások folytatása során célunk további területek és fizikai talajfélések vizsgálata lesz 2012 tavaszától. Az adott területeken nem csak szélcsatornás, de terepi méréseket is be kívánunk állítani az eddig kapott adatok terepi mérésekkel való igazolására, és azok bővítésére. Céljaink közé tartozik az eddigi területre és egy a szigetközben beállított kísérleti területre egy egyszerű széleróziós modell felépítése valamint a mintaterületekre egy potenciális széleróziós térkép elkészítése a lehető legnagyobb pontosság és az egzaktuság megtartása mellett.

15 Melléklet

1. minta				Frakció%	2. minta				Frakció%
a%	10,9451	homok%	0,25<	97,0603	a%	4,1558	homok%	0,25<	53,7068
b%	86,1152		0,05-0,25		b%	49,551		0,05-0,25	
c%	0,0037	iszap%	0,02-0,05	2,9397	c%	2,56	iszap%	0,02-0,05	20,4266
d%	0,3793		0,01-0,02		d%	5,55		0,01-0,02	
e%	2,5567		0,005-0,01		e%	2,2666		0,005-0,01	
f%	0		0,002-0,005		f%	10,05		0,002-0,005	
g%	0	agyag%	<0,002	0	g%	25,8666	agyag%	<0,002	25,8666
Mechanikai talajfőleség: homok					Mechanikai talajfőleség: iszapos agyagos vályog				

1. Táblázat 1-6. minta mechanikai elemzése

3. minta				Frakció%	4. minta				Frakció%
a%	11,8577	homok%	0,25<	66,9776	a%	11,2527	homok%	0,25<	78,2104
b%	55,1199		0,05-0,25		b%	66,9577		0,05-0,25	
c%	1,8474	iszap%	0,02-0,05	5,7235	c%	4,3381	iszap%	0,02-0,05	21,7896
d%	2,4247		0,01-0,02		d%	2,9691		0,01-0,02	
e%	0,4618		0,005-0,01		e%	3,6783		0,005-0,01	
f%	0,9896		0,002-0,005		f%	10,8041		0,002-0,005	
g%	27,2989	agyag%	<0,002	27,2989	g%	0	agyag%	<0,002	0
Mechanikai talajfőleség: homokos agyagos vályog					Mechanikai talajfőleség: homok				

5. minta				Frakció%	6. minta				Frakció%
a%	5,0074	homok%	0,25<	84,6433	a%	27,4054	homok%	0,25<	85,4137
b%	79,6359		0,05-0,25		b%	58,0083		0,05-0,25	
c%	4,3381	iszap%	0,02-0,05	15,3567	c%	11,5348	iszap%	0,02-0,05	14,5863
d%	2,9691		0,01-0,02		d%	1,2701		0,01-0,02	
e%	3,6784		0,005-0,01		e%	0,6268		0,005-0,01	
f%	4,3711		0,002-0,005		f%	1,1546		0,002-0,005	
g%	0	agyag%	<0,002	0	g%	0	agyag%	<0,002	0
Mechanikai talajfőleség: homok					Mechanikai talajfőleség: homok				

1-es minta szélprofil		2-es minta szélprofil		3-as minta szélprofil	
Kritikus kezdősebesség: 7,3 m/s		Kritikus kezdősebesség: 8,2 m/s		Kritikus kezdősebesség: 7,8 m/s	
magasság	szélsebesség	magasság	szélsebesség	magasság	szélsebesség
2 cm	4,2 m/s	2 cm	4,2 m/s	2 cm	3,9 m/s
10 cm	4,5 m/s	10 cm	4,7 m/s	10 cm	4,7 m/s
20 cm	4,6 m/s	20 cm	4,8 m/s	20 cm	4,8 m/s
30 cm	4,7 m/s	30 cm	4,9 m/s	30 cm	4,9 m/s
35 cm	4,8 m/s	35 cm	5,1 m/s	35 cm	5,0 m/s
4-es minta szélprofil		5-ös minta szélprofil		6-os minta szélprofil	
Kritikus kezdősebesség: 7,8 m/s		Kritikus kezdősebesség: 7,8 m/s		Kritikus kezdősebesség: 7,5 m/s	
magasság	szélsebesség	magasság	szélsebesség	magasság	szélsebesség
2 cm	4,2 m/s	2 cm	4,0 m/s	2 cm	4,0 m/s
10 cm	4,6 m/s	10 cm	4,5 m/s	10 cm	4,5 m/s
20 cm	4,7 m/s	20 cm	4,8 m/s	20 cm	4,7 m/s
30 cm	4,9 m/s	30 cm	4,9 m/s	30 cm	4,9 m/s
35 cm	5,0 m/s	35 cm	5,0 m/s	35 cm	5,0 m/s

2. Táblázat A minták szélprofil értékei

1-es minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,5	12750	8370	4380	34,35
12,6	13090	7740	5350	40,87
14,4	12960	6060	6900	53,24
15,5	13110	5860	7250	55,30

3. Táblázat 1. minta erodálhatósági adatai

2-es minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,6	10200	7810	2390	23,43
13,3	10210	5970	4240	41,53
14,7	10200	5160	5040	49,41
15,7	10190	4790	5400	52,99

4. Táblázat 2. minta erodálhatósági adatai

3-as minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,3	11860	7830	4030	33,98
12,5	11880	6950	4930	41,50
14,6	11860	5370	6490	54,72
15,4	11840	4880	6960	58,78

5. Táblázat 3. minta erodálhatósági adatai

4-es minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,2	11590	7780	3810	32,87
12,6	11710	6940	4770	40,73
14,5	11610	5770	5840	50,30
15,4	11420	4920	6500	56,92

6. Táblázat 4. minta erodálhatósági adatai

5-ös minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,4	11060	8540	2520	22,78
13,2	11250	7550	3700	32,89
14,5	11200	6150	5050	45,09
15,5	11090	5130	5960	53,74

7. Táblázat 5. minta erodálhatósági adatai

6-os minta				
sebesség (m/s)	eredeti tömeg (g)	maradék tömeg (g)	elszállított tömeg (g)	elszállított minta (%)
11,6	13020	8710	4310	33,10
13,2	13030	7780	5250	40,29
14,5	12990	6370	6620	50,96
15,6	13130	5730	7400	56,36

8. Táblázat 6. minta erodálhatósági adatai

1. minta		2. minta		3. minta	
Szélesség	Összes só változása (mS)	Szélesség	Összes só változása (mS)	Szélesség	Összes só változása (mS)
11,5 m/s	0,123	11,6 m/s	0,775	11,3 m/s	0,268
12,6 m/s	0,131	13,3 m/s	0,795	12,5 m/s	0,273
14,4 m/s	0,141	14,7 m/s	0,779	14,6 m/s	0,282
15,5 m/s	0,132	15,7 m/s	0,769	15,4 m/s	0,278
4. minta		5. minta		6. minta	
Szélesség	Összes só változása (mS)	Szélesség	Összes só változása (mS)	Szélesség	Összes só változása (mS)
11,2 m/s	0,254	11,4 m/s	0,488	11,6 m/s	0,149
12,6 m/s	0,248	13,2 m/s	0,496	13,2 m/s	0,157
14,5 m/s	0,269	14,5 m/s	0,490	14,5 m/s	0,169
15,4 m/s	0,313	15,5 m/s	0,409	15,6 m/s	0,216

9. Táblázat Összes só értékek változása

1. minta		2. minta		3. minta	
Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)	Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)	Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)
11,5 m/s	3,74	11,6 m/s	1,44	11,3 m/s	5,94
12,6 m/s	3,88	13,3 m/s	1,75	12,5 m/s	6,27
14,4 m/s	4,14	14,7 m/s	1,66	14,6 m/s	6,51
15,5 m/s	4,29	15,7 m/s	1,69	15,4 m/s	7,05

4. minta		5. minta		6. minta	
Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)	Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)	Szélesség	CaCO ₃ változása (m/m%)
11,2 m/s	5,94	11,4 m/s	4,14	11,6 m/s	6,07
12,6 m/s	6,27	13,2 m/s	4,14	13,2 m/s	6,12
14,5 m/s	6,51	14,5 m/s	4,14	14,5 m/s	6,43
15,4 m/s	7,05	15,5 m/s	4,32	15,6 m/s	6,63

10. Táblázat CaCO₃ értékek változása

1. minta		2. minta		3. minta	
Szélesség	Humusz% változás (m/m%)	Szélesség	Humusz% változás (m/m%)	Szélesség	Humusz% változás (m/m%)
11,5 m/s	0,299	11,6 m/s	4,160	11,3 m/s	1,740
12,6 m/s	0,364	13,3 m/s	5,300	12,5 m/s	1,850
14,4 m/s	0,277	14,7 m/s	5,100	14,6 m/s	1,800
15,5 m/s	0,246	15,7 m/s	4,660	15,4 m/s	1,740
4. minta		5. minta		6. minta	
Szélesség	Humusz% változás (m/m%)	Szélesség	Humusz% változás (m/m%)	Szélesség	Humusz% változás (m/m%)
11,2 m/s	1,270	11,4 m/s	2,070	11,6 m/s	0,753
12,6 m/s	1,290	13,2 m/s	2,170	13,2 m/s	0,791
14,5 m/s	1,380	14,5 m/s	2,050	14,5 m/s	0,868
15,4 m/s	1,290	15,5 m/s	2,040	15,6 m/s	0,862

11. Táblázat Humusz % változásai

1. minta		2. minta		3. minta	
Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)	Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)	Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)
11,5 m/s	14,2	11,6 m/s	12,4	11,3 m/s	4,07
12,6 m/s	18,9	13,3 m/s	17,2	12,5 m/s	4,26
14,4 m/s	19,1	14,7 m/s	17,5	14,6 m/s	4,31
15,5 m/s	21,1	15,7 m/s	19,1	15,4 m/s	4,46
4. minta		5. minta		6. minta	
Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)	Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)	Szélesség	NO ₃ -N változása (mg/kg)
11,2 m/s	19,1	11,4 m/s	14,5	11,6 m/s	15
12,6 m/s	19,9	13,2 m/s	15,5	13,2 m/s	15,7
14,5 m/s	20,5	14,5 m/s	15,8	14,5 m/s	18,4
15,4 m/s	23,2	15,5 m/s	17,2	15,6 m/s	19,5

12. Táblázat NO₃-N változásai

1. minta				2. minta			
Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)	Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)
11,5 m/s	265	203	12,7	11,6 m/s	200	147	9,22
12,6 m/s	273	220	13,4	13,3 m/s	254	170	12,5
14,4 m/s	291	258	13,9	14,7 m/s	266	185	14,2
15,5 m/s	335	285	14,5	15,7 m/s	335	209	15,9

13. Táblázat P₂O₅ K₂O és Na tartalom változása az 1. és 2. mintánál

3. minta				4. minta			
Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)	Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)
11,3 m/s	233	172	8,49	11,2 m/s	142	275	5,26
12,5 m/s	243	179	10,48	12,6 m/s	146	287	5,44
14,6 m/s	249	189	12,68	14,5 m/s	148	306	6,88
15,4 m/s	257	192	13,98	15,4 m/s	153	329	7,37

14. Táblázat P₂O₅ K₂O és Na tartalom változása a 3. és 4. mintánál

5. minta				6. minta			
Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)	Szélesség	P ₂ O ₅ változása (mg/kg)	K ₂ O változása (mg/kg)	Na változása (mg/kg)
11,4 m/s	219	194	5,55	11,6 m/s	143	135	8,14
13,2 m/s	238	198	5,87	13,2 m/s	167	137	8,76
14,5 m/s	259	206	7,75	14,5 m/s	172	147	9,42
15,5 m/s	262	233	10,10	15,6 m/s	180	152	10,30

15. Táblázat P₂O₅ K₂O és Na tartalom változása az 5. és 6. mintánál

16 Irodalomjegyzék

1. Bagnold, R.A. (1941) The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London, p. 265.
2. Bennett, H. H. (1939): Soil Conservation. McGraw-Hill. New York.
3. Bodolay I.-né (1965a.) Szélerózió elleni védekezés öntözött homokterületeken. Agrokémia és Talajtan 14. No. 1-2. pp. 1–16.
4. Bodolay I.-né (1965b.) A talajok széleróziójának folyamata és dinamikája. Agrokémia és Talajtan 14. No. 1-2. pp. 183–198.
5. Bodolay I.-né (1966a.) A talajművelés szerepe a szélerózió fellépésében. Ag-rokémia és Talajtan 15. No. 2. pp. 183–198.
6. Bodolay I.-né (1966b.) A széleróziót befolyásoló változó talajfizikai tulajdon-ságok. Agrokémia és Talajtan 15. No. 3-4. pp. 372–383.
7. Borsy Z. (1974.) A futóhomok mozgásának törvényszerűségei és a szélerózió elleni védekezés. Doktori értekezés. Debrecen. p. 329.
8. Borsy Zoltán (1977a): A Duna-Tisza közti hátság homokformái és a homokmozgás szakaszai, Alföldi tanulmányok, Békéscsaba. pp. 43-53.
9. Buzás I. (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1., Inda Kiadó, Bp.
10. Buzás I. (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2., Inda Kiadó, Bp.
11. Chepil W. S. (1945) Dynamics of wind erosion. I. The nature of movement of soil by wind. Soil Science 60. pp.305–320.
12. Chepil, W. S. (1956): Influence of moisture on erodibility of soil by wind. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20. pp. 282-292.
13. Chepil, W.S. (1953) Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind: I. Soil texture. Soil Science 75. pp. 473–483.
14. Chepil, W.S. (1956) Influence of moisture on erodibility of soil by wind. Soil Science Society Proceedings 20. pp. 288–291.
15. Chepil, W.S. (1958) Soil conditions that influence wind erosion. USDA Technological Bulletin No. 1185.
16. Cornelis, W. M. – Gabriels, D. – Lauwaerts, T. (2001): Simulation of Windbreaks for Wind-Erosion Control in a Wind Tunnel. Ghent Internet pdf formátum p. 8.
17. Cserni I. - Bauer F. (1998): A kecskeméti homokkutatás múltja, jelene és jövője, Kecskemét 1997. aug. 28. KÉE KFK kiadványa 35-44.

18. Cserni I. (1991): A sókimosás és szerepe öntözéses zöldség- és növénytermesztésben sós sivatagi talajon, Zöldségtermesztési Kutató Intézet Bulletinjéből VOL. 24, Kecskemét.
19. Cserni I. (2005): Talajtan vol. 1., Kecskeméti Főiskola Nyomda, Kecskemét.
20. Dömsödi J. (2006): Földhasználat, Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Bp.
21. Fülek Gy. (1999): Tápanyag-gazdálkodás, Mezőgazda Kiadó, Bp.
22. Gregory, J. M., – Tock, R. W. – G.R. Wilson. (1994): Atmospheric loading of dust and gases: Impacton Society. Report to the USDA Soil Conservation Service for Third RCA Appraisal, Agreement No. 69-6526-3-481, p. 46.
23. Hagen, L. J. – Woodruff, N. P. (1973): Air pollution from dust storms in the Great Plains. Atmospheric Environment 7. pp. 323-332.
24. Hagen, L.J. et al. (1995): USDA Wind Erosion Predictions System: Technical description. In Proc. Of WEPP/WEPS Symposium, Soil and Water Conserv. Soc., Des Moines, IA.
25. Haines, P. – Templeman, S. (2002): Effects of Prescribed Grass Fire on Wind Erosion Rates from Surface Soil at Rocky Flats, Colorado URS/Radian, 8181 East Tufts Ave., Denver, Co 80237
26. Hoffmann, C., Funk, R., Li, Y., Sommer, M., (2008): Effect of grazing on driven carbon and nitrogen ratio sin the grasslands of inner Mongolia, Catena 75 (2008) 182-190.
27. Jaenicke, R. (1979): Monitoring and critical review of the estimated source strength of mineral dust from the Sahara. In Crister Morales (editor) Saharan Dust. Mobilization, Transport, Deposition. John Wiley & Sons. New York. pp. 233-242.
28. Jakubov, T. F. (1963): Zacsila pocsv ot vetrovoj erozii. Pocsvovedenie. 8. pp. 83-93.
29. Kádár L. (1935): Futóhomok-tanulmányok a Duna-Tisza közén. Földrajzi Közl. 63. pp 4-15.
30. Kádár L. (1939): Tektonikus tájelemek az Alföldön – Földrajzi Közlemények pp. 342-351.
31. Kulikov, V. A. (1961): Pülnüje buri na jüge ukrajnü vesznoj. Pocsvovedenie. 6. pp. 11-18.
32. Lóczy D. (2008): Geomorfológia 2., Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Bp.
33. Lóki J. (1994) Mezőgazdaság-központú természetföldrajzi vizsgálatok a Duna-Tisza köze É-i felének példáján. Kandidátusi értekezés Debrecen p. 199.
34. Lóki J. (1995) Széleróziós vizsgálatok a Duna-Tisza köze É-i felén. XIII. Vándorgyűlés Magyar Hidrológiai Társaság Baja I. kötet pp.191–202.

35. Lóki J. (2004) A szélerózió mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés, Debrecen, p. 265.
36. Lóki J. (2005): Holocén felszínváltozás a hazai futóhomok területeken
37. Lóki J.(2003): A szélerózió mechanizmusa és magyarországi hatásai, Doktori értekezés, Debrecen
38. López, M.V., Garcia, R., Arrúe, J.L. (2000): Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragon, *European Journal of Agronomy* 12 (2000) 191-199.
39. M. V. López, R. Gracia, J. L. Arrúe (1999): Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragón, *European Journal of Agronomy* 12 (2000) 191-199.
40. Marosi S. (1967): Megjegyzések a magyarországi futóhomokterületek genetikájához és morfológiájához. *Földrajzi Közlemények*, pp. 231-252
41. Martonné Erdős Katalin (2007): Magyarország Természeti Földrajza1, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
42. Négyesi G. (2009): Szélerózió-veszélyeztetettséget befolyásoló tényezők vizsgálata alföldi mintaterületeken, DEBRECENI EGYETEM, Természettudományi Doktori Tanács,
43. Nyíri L. (1993): Földműveléstan, Mezőgazda Kiadó, Bp.
44. Nyíri L. és munkatársai (1993) Az alföldi talajok felgyorsult degradációjának és széleróziójának megállítást és a táj védelmét szolgáló komplex talajvédő rendszerek kidolgozása. Zárójelentés. DATE Kutatóintézet, Karcag
45. Rakonczai J. (2005): A globális változások hatásai a Duna-Tisza köze vízháztartására
46. Rakonczai J.(2008): Globális Környezeti Kihívásaink, Universitas Szeged Kiadó, Szeged.
47. Skidmore E. L. (1986): Wind-erosion climatic erosivity. *Climatic Change* 9: pp. 195-208.
48. Skidmore, E.L. – Hagen, L. J. (1970). Evapotranspiration and the aerial environment as influenced by windbreaks. In : *Proc. Of Great Plains Evapotr. Sem.*, Bushland, Texas. Great Plains Agr. Council, Pub. No. 50, 339-368.
49. Stefanovits P. (1977): Talajvédelem, környezetvédelem, Mezőgazdasági Kiadó, Bp.
50. Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy., (1996; 1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Bp., I-II. kiadás

51. Szobolev, Sz. Sz. (1959): Borba sz eroziej pocsv. Izv. An. Sz. Sz. Sz. R. Biol. Moszkva pp. 55-67.
52. Várallyay Gy. (2009): Magyarország talajainak állapota, Evidéa Kft., Bp.
53. Várallyay Gy. (2010): A talaj, mint víztározó; talajszárazodás. „Klíma-21” Füzetek 3-25.
54. www.geogis.detek.unideb.hu
55. www.omsz.hu