

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**Szélrózsió-veszélyeztetettséget befolyásoló tényezők vizsgálata alföldi
mintaterületeken**

PhD thesis

**Examination of facts influencing potential wind erosion on sample areas
of the Hungarian Great Plain**

Négyesi Gábor

Témavezető: Dr. Lóki József



DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2009

Előzmények, célkitűzés

A szélerózió a Föld számos területén, így hazánkban is komoly problémákat és jelentős károkat okoz. Ez a jelenség elsősorban a homoktalajokat veszélyezteti, de kötöttebb talajokon is jelentős pusztulást okozhat. A károk egy része lehet mezőgazdasági (talajvesztés, termőképesség-csökkenés stb.), illetve közegészségügyi (poremisszió, kemikáliák levegőbe jutása). A folyamat veszélyességét fokozza, hogy – eltérően a vízeróziótól – a kártételnek gyakran nem maradnak szemmel látható, nyilvánvaló felszíni nyomai, hiszen a finomabb frakció, vagy a szerves anyag eltávozását csak laboratóriumi vizsgálatokkal lehet kimutatni. Napjainkban a klimatológiai elemzések arra utalnak, hogy hazánkban a mediterrán hatások fognak felerősödni, így az éghajlat további szárazodása várható, amely a szélerózió felerősödését vonja maga után.

A kutatásaim során, a már meglévő korábbi eredményekre támaszkodva – azokat kibővítve – folytattam a széleróziós vizsgálatokat. A vizsgálataim során néhány, a széleróziót befolyásoló tényezőnek a minőségi és mennyiségi értékelését kívántam elvégezni úgy, hogy a széleróziót a talajtani adottságok, az éghajlat és a területhasználat összefüggésrendszerben vizsgáltam.

Mivel a szélerózió jelensége hazánkban a jelenlegi éghajlati körülmények között főként antropogén eredetű, ezért a kutatás mintaterületül olyan területeket választottam, ahol a felszín az év jelentős részében bolygatott. A három, különböző táji adottságokkal rendelkező területen (Nyírség, Hajdúhát, Szolnok-Túri sík egy-egy részén) a különbségekből adódó potenciális szélerózió-veszélyeztetettség eltérései jól definiálhatóak.

A kutatás során az alábbi célokat tűztem ki:

1. A mintaterületek potenciális szélerózió-veszélyeztetettségi térképének az elkészítése.

- Az egyes fizikai talajféleségek mechanikai összetételének, humusz és CaCO_3 -tartalmának, valamint az erodálhatóság kapcsolatrendszerének feltárása.
- A szántóföldekről begyűjtött, különböző fizikai talajféleségek kritikus kezdősebességének, erodálhatóságának meghatározása.
- A kapott mérési eredmények és adatbázisok térinformatikai szoftveres feldolgozásával digitális térképállományok elkészítése.

- A szélcsatornában végzett vizsgálatok alapján a mintaterületek potenciális (talajszerkezeten és területhasználaton alapuló) szélerózió veszélyeztetettségi térképének elkészítése.

2. A defláció elleni védekezés módszereinek a továbbfejlesztése

a. A talajnedvesség és a szélerózió kapcsolatrendszerének feltárása

Mivel a szélerózió elleni egyik leghatékonyabb védekezési módszer a talaj megfelelő nedvességtartalmának megtartása, így vizsgálataink is részben erre irányultak.

- A talajok nedvességtartalma nemcsak a talaj-növény rendszerben fontos, hanem a talajok széllel szembeni ellenállását is nagymértékben meghatározza. Különböző szélesebségeknél vizsgáltam az egyes talajtípusok nedvességtartalmának a változását.
- A nedves felszín száradása után a felszínen kialakult kérgék rövidebb-hosszabb ideig védelmet jelentenek az alattuk elhelyezkedő talajnak. Az öntözési kísérleteink eredményeinek tanulmányozását kiterjesztettem a különböző talajmintákon kialakult kérgekre is.

b. Mezővédő erdősávok vizsgálata távérzékelési módszerekkel

Általánosan ismert, hogy a mezővédő erdősávok hatékonyan csökkentik a széleróziót és jelentősen javítják a terület mikroklímáját is. Az utóbbi néhány évtizedben a mezőgazdasági földtulajdonban jelentős változások következtek be, melynek során a mezővédő erdősávok rendszere is átalakult. Napjainkban a geoinformatikai, távérzékelési módszerek lehetőséget nyújtanak az erdősávok felmérésére.

- A légi és űrfelvételekről bedigitalizált mezővédő erdősávok és a hozzájuk rendelt attribútum táblázatok segítségével ezek tipizálása és pontrendszerrel történő minősítése, valamint az erdősávok és erdőfoltok időbeli és térbeli változásának a felmérése is a célkitűzéseim része volt.
- A topográfiai térképeken és légifelvételeken azonosított mezővédő erdősávok tulajdonságainak terepi felmérésével a távérzékelési eredmények pontosítását is terveztem.

Anyag és módszer

A kutatás során terepi, laboratóriumi és geoinformatikai módszereket alkalmaztam.

- *Terepen*, egyrészt a szedimentológiai, másrészt a szélcsatorna-vizsgálatokhoz a különböző talajtípusokból mindig a felső szántott rétegből vettünk mintát. A talajokból akkora mennyiséget gyűjtöttünk, hogy tervezett vizsgálatokhoz (erodálhatósági vizsgálatok, öntözéses mérések, növényzettel végzett kísérletek) elegendő mennyiségben álljon rendelkezésre. A terepen - a geoinformatikai feldolgozáshoz -, a mezővédő erdősávokról is kiegészítő felméréseket végeztem.
- A begyűjtött talajminták, valamint az öntözés hatására a talajfelszínen képződött kérgek szedimentológiai elemzésére az egyetem Fizikai Földrajzi Laboratóriumában került sor. A szedimentológiai tulajdonságok közül azokat vizsgáltam, amelyek a szélerózió folyamatának nagyságrendjét befolyásolják (mechanikai összetétel, CaCO_3 - és humusztartalom).
- *Szélcsatornában* meghatároztam a különböző talajok feletti szélesebbesség változásait (a szélprofil-függvényeket), a három mintaterület talajainak kritikus indítósebesség értékeit, valamint azok erodálhatóságát is. A mért adatokat összevettem az ország más részéről gyűjtött hasonló textúrájú talajok erodálhatósági értékeivel. Szélcsatornában vizsgáltam az egyes talajtextúra-osztályok víztartó képességét, valamint a szélesebbesség és a száradáshoz szükséges idő kapcsolatrendszerét. Az öntözés hatására a talajfelszínen képződött kérgek ellenállását egy Karuczka-Szóllósi féle egyedi gyártású mikropenetrométerrel határoztam meg.
- A mezővédő erdősávok és fásítások felmérését alapvetően a *geoinformatika* eszközeivel végeztem el, a II. világháború alatt elvégzett magyar katonai térképezés (1: 50 000), az 1970-es évekbeli topográfiai térképek (1: 10 000) és a 2005-ös ürfelvételek (1: 10 000) raszteres térképállományának vektorizálásával. A különböző időpontokban elvégzett térképészeti felmérések jó lehetőséget nyújtottak a mezővédő fásítások és erdősávok területi kiterjedésének időbeli követésére. Az elkészített digitális térképállományokat adatbázisokkal töltöttem fel, amelyek a mezővédő erdősávok néhány főbb tulajdonságát tartalmazzák (sorok száma, porozitás, irány, funkcionális típus).
- A kapott nagyszámú adat feldolgozását Microsoft Excel, a térképi adatbázisok létrehozását pedig ArcView 3.2 programmal, illetve kiegészítőikkel végeztem el.

Eredmények

1. Az erodálhatósági vizsgálatok eredményei

a., A kísérletek során meghatároztam a mintaterület talajainak kritikus indítósebességét (1. táblázat).

- A különböző textúrájú talajmintákon elvégzett kísérletekkel igazoltam, hogy az egyes textúra-osztályok kritikus indítósebessége és erodálhatósága elsősorban a talajok mechanikai összetételétől függ, de az azonos textúra-osztályon belüli eltérésekben a talajok CaCO_3 és humusztartalmának is szerepe van, mivel azok a talajok aggregátumainak képződésében fontos szerepet játszanak.
- A kritikus indítósebesség értékeinek a változását a 0,02-0,01 és a 0,01-0,005 mm átmérőjű iszap és az apró homok határozza meg. A minta agyagtartalmának a hatása elhanyagolható. Megállapítottam, hogy a homok és az iszaptartalom eltérően befolyásolja a kritikus indítósebesség értékeinek alakulását. A homoktartalom növekedése a kritikus indítósebesség csökkenését, az iszaptartalomé pedig annak növekedését eredményezi.

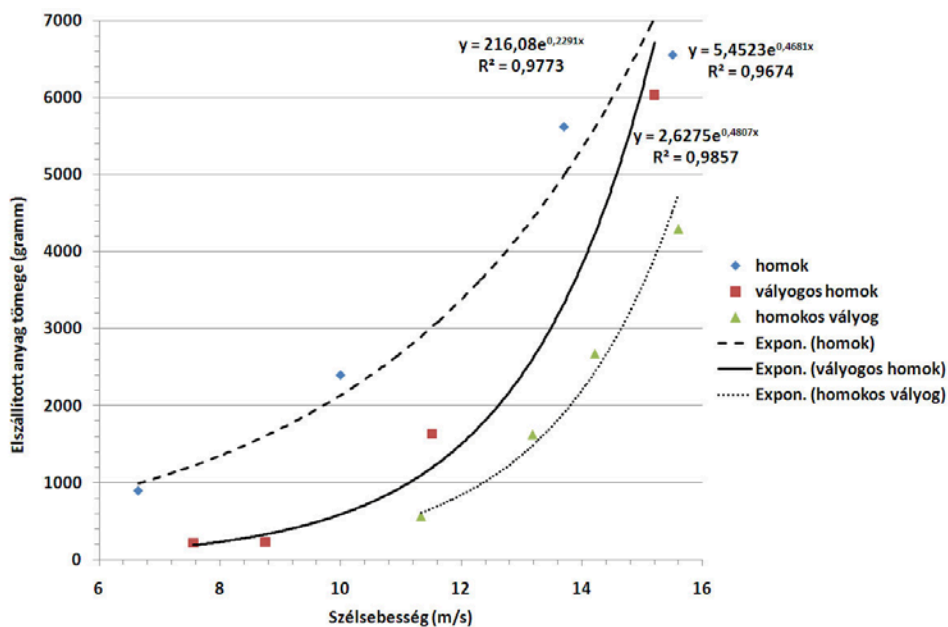
1. táblázat A talajok kritikus indítósebességének átlagértékei

Table 1. Average values of critical starting velocity of soils

	Talajtextúra-osztályok						
	homok	vályogos homok	homokos vályog	vályog	iszapos vályog	iszapos agyagos vályog	iszapos agyag
nyírségi mintaterület	6,20	7,34	8,45				
nyírségi mintaterületen kívül	6,39	6,58	8,68				
hajdúhádi mintaterület			8,66	8,90	10,32		
hajdúhádi mintaterületen kívül			8,80		10,03		
karcagi mintaterület					9,25	10,02	
karcagi mintaterületen kívül					10,08	10,25	11,50

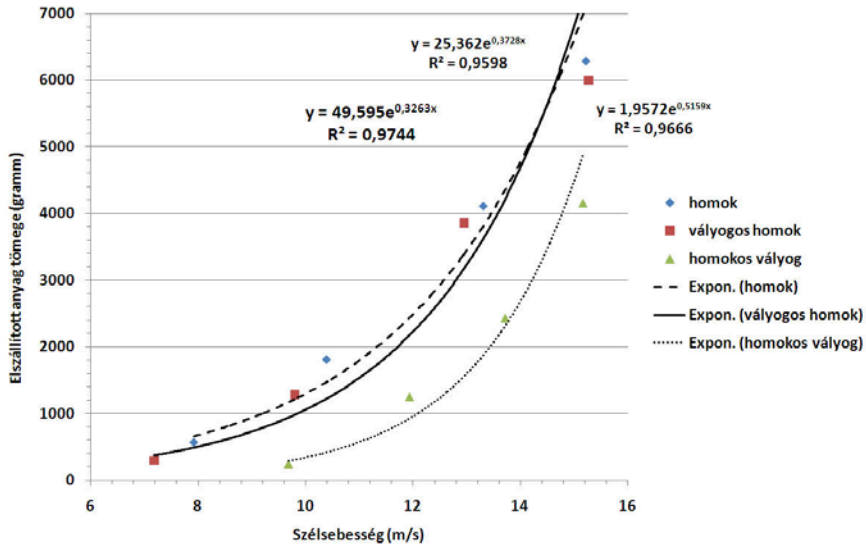
b., Az erodálhatósági vizsgálatok során az elszállított anyag tömege és a szélesség közötti függvénykapcsolat exponenciálisnak bizonyult (1., 2., 3., 4., 5., 6., ábra).

- A talajerózió (a kritikus szélesebbesség elérése után) a sebesség növelésével ugrásszerűen nő. Az összes talajminta mechanikai összetételét és az erodált anyag mennyiségét tartalmazó adatbázis összehasonlító elemzésével megállapítottam, hogy a talajok homoktartalma és az erodált anyag mennyisége között pozitív lineáris kapcsolat van, továbbá az iszapfrakció növekedésével az erózió lineárisan, ugyanakkor az agyagtartalom növekedésével az erodált talaj mennyisége exponenciálisan csökken.
- Az egyes talajtextúra-osztályok erodálhatóságának elemzésekor az erodált talaj mennyisége és mechanikai összetétele között csak a homok textúrájú talajoknál tudtam kapcsolatot kimutatni.

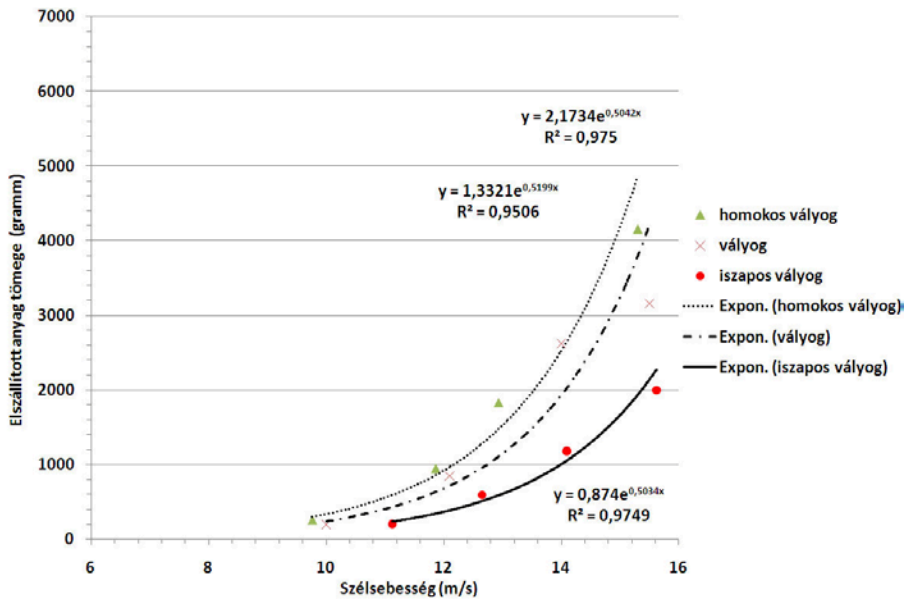


1. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélesebbesség közötti összefüggés a nyírségi mintaterület talajmintái esetén

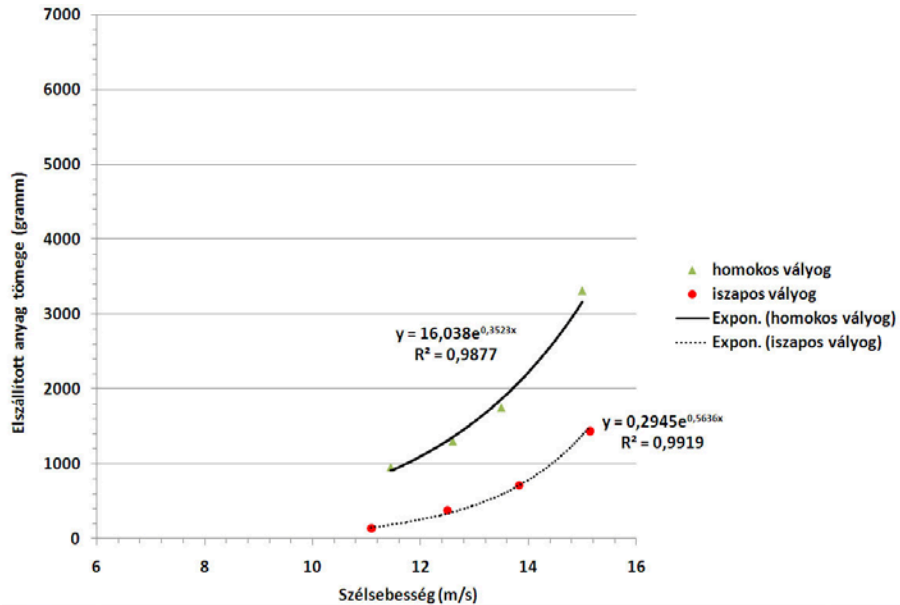
Figure 1. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples of Nyírség sample area



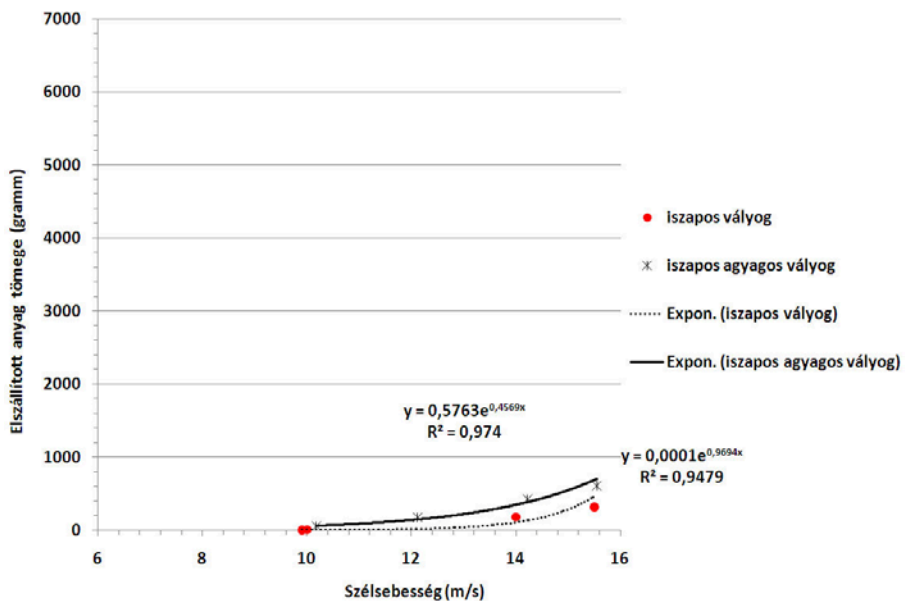
2. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélsebesség közötti összefüggés a nyírségi mintaterületen kívülről begyűjtött talajminták esetén
 Figure 2. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples of other sand areas



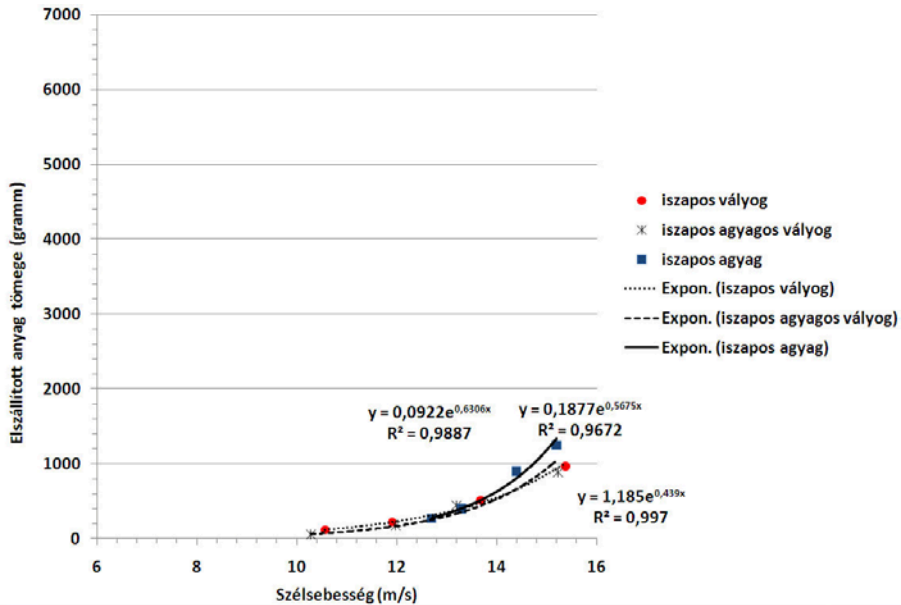
3. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélsebesség közötti összefüggés a hajdúhát mintaterület talajmintái esetén
 Figure 3. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples of Hajdúhát sample area



4. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélsebesség közötti összefüggés a hajdúhátai mintaterületen kívülről begyűjtött talajminták esetén
 Figure 4. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples of outside Hajdúhát sample area



5. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélsebesség közötti összefüggés a karcagi mintaterület talajmintái esetén
 Figure 5. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples of Karcag sample area



6. ábra Az erodálódott anyag tömege és a szélesebbesség közötti összefüggés a karcagi mintaterületen kívülről begyűjtött talajminták esetén

Figure 6. Erodibility functions of relationship among wind-eroded material and wind velocity in the case of soil samples outside Karcag sample area

c., Az egyes talajtextúra-osztályok erodálhatósága és a humusztartalom közötti kapcsolat elemzése alapján az látszik valószínűnek, hogy a humusztartalom csak közvetett szerepet játszik az egyes talajok erodálhatóságában.

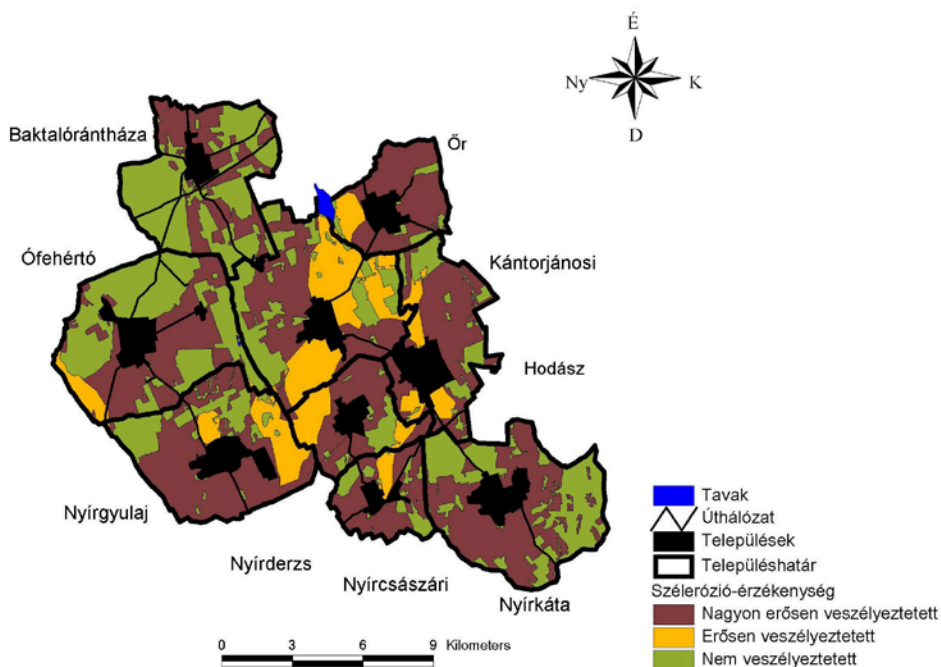
- A homok és vályogos homok textúrájú talajoknál nem találtam kapcsolatot a humusztartalom változása és az erodált anyag tömege között. A homokos vályog textúrájú talajoknál a humusztartalom növekedése az erodált anyag tömegének csökkenését eredményezte. Az iszapos vályog textúrájú talajoknál a humusztartalom és az erodált anyag tömege közötti viszony alapján a talajmintákat két csoportra bontottam: a minták egy részénél a humusztartalom növekedésével az erodált anyag tömege is növekedett, a másik csoportnál ennek fordítottja játszódott le. Iszapos agyagos vályog textúrájú talajoknál a humusztartalom növekedése az erodált anyag tömegének csökkenését okozta.

d., Elkészítettem a mintaterületek potenciális szélerózió-veszélyeztetettségi térképét (7., 8., 9. ábra), valamint meghatároztam az egyes kategóriák területi kiterjedését is (2. táblázat).

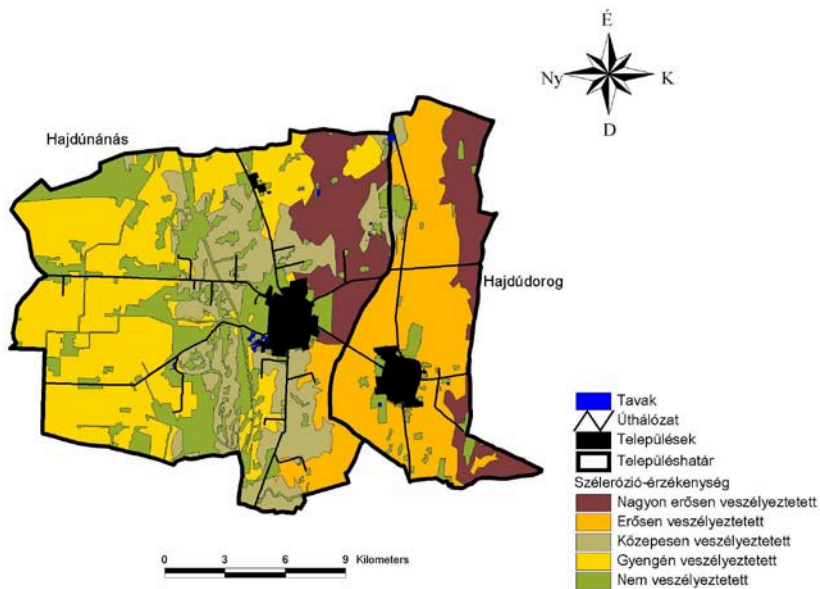
2. táblázat A három mintaterület mezőgazdasági területeinek szélerosztó-veszélyeztetettségi kategóriának megoszlása (Zárójelben az egyes kategóriák előfordulásának százalékos aránya)

Table 2. Distribution of wind erosion risk categories in the agricultural areas of the three study areas (percent ratio of the categories are in brackets)

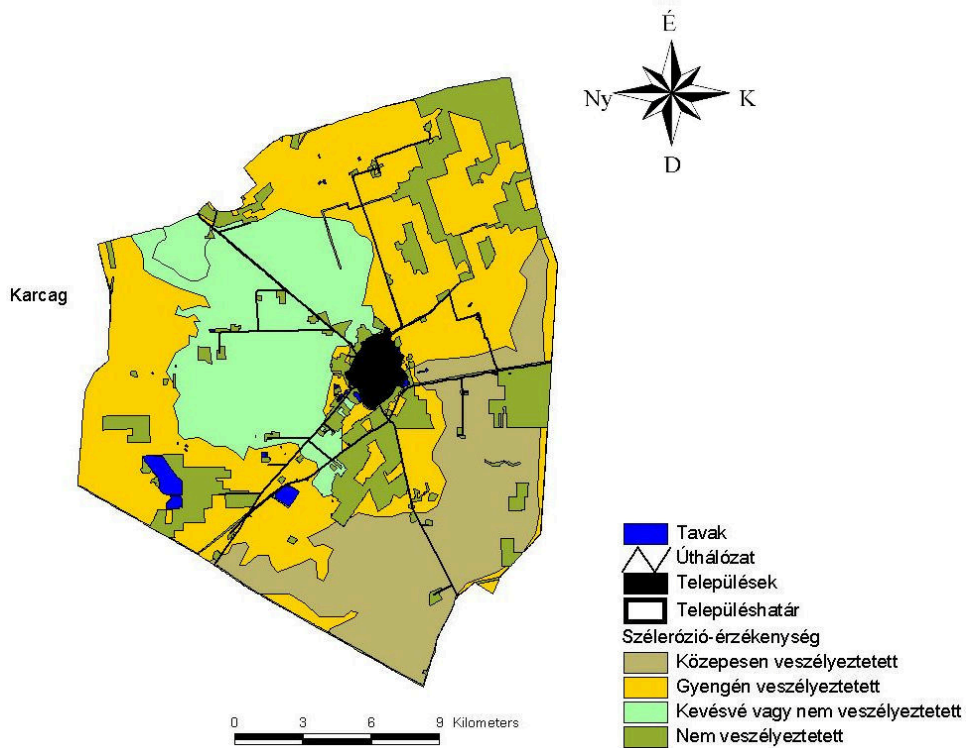
	Nyírségi mintaterület (km ²)	Hajdúhádi mintaterület (km ²)	Karcagi mintaterület (km ²)
Nagyon erősen veszélyeztetett	136,46 (50%)	48,83 (13,6%)	
Erősen veszélyeztetett	32,76 (12.2%)	76,99 (21.4%)	
Közepesen veszélyeztetett		53,90 (15%)	79,22 20,6%)
Gyengén veszélyeztetett		100,66 (28%)	161,68 (42,04%)
Kevésbé vagy nem veszélyeztetett			73,09 (19%)
Nem veszélyeztetett	99,70 (37.8%)	79,83 (22%)	70,50 (18,33%)



7. ábra A nyírségi mintaterület potenciális szélerosztó-veszélyeztetettségi térképe
Figure 7. Potential wind erosion map of Nyírség sample area



8. ábra A hajdúhádi mintaterület potenciális szélrózsió-veszélyeztetettségi térképe
 Figure 8. Potential wind erosion map of Hajdúhát sample area



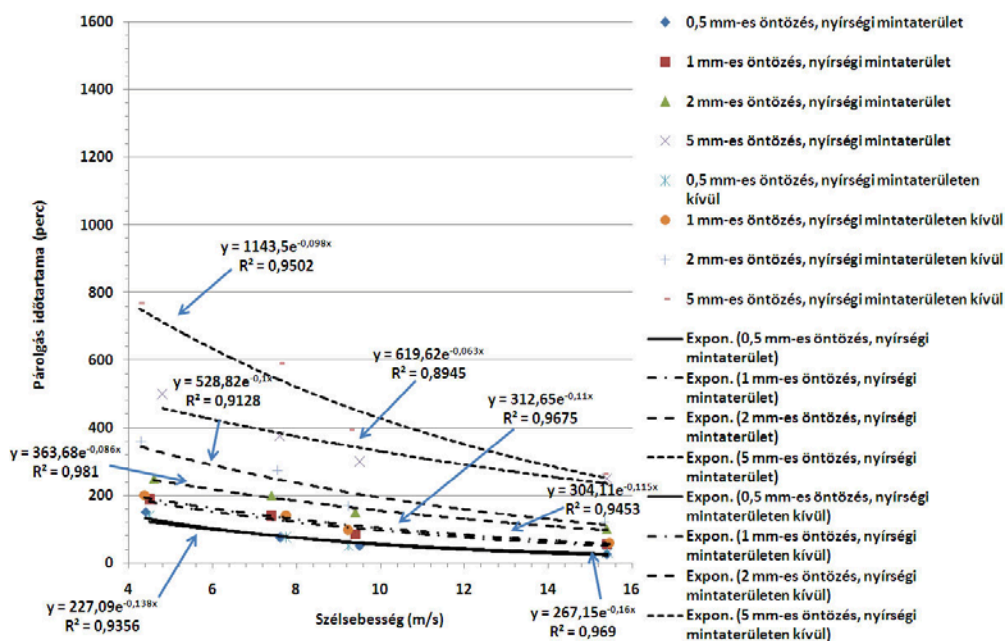
9. ábra A karcagi mintaterület potenciális szélrózsió-veszélyeztetettségi térképe
 Figure 9. Potential wind erosion map of Karcag sample area

2. A talajok víztartó képességének vizsgálata

a., Kísérleteim alapján kimutattam a szélesség és az elpárolgott vízmennyiség közötti függvénykapcsolatot (10., 11, 12., 13., 14., 15., 16. ábra).

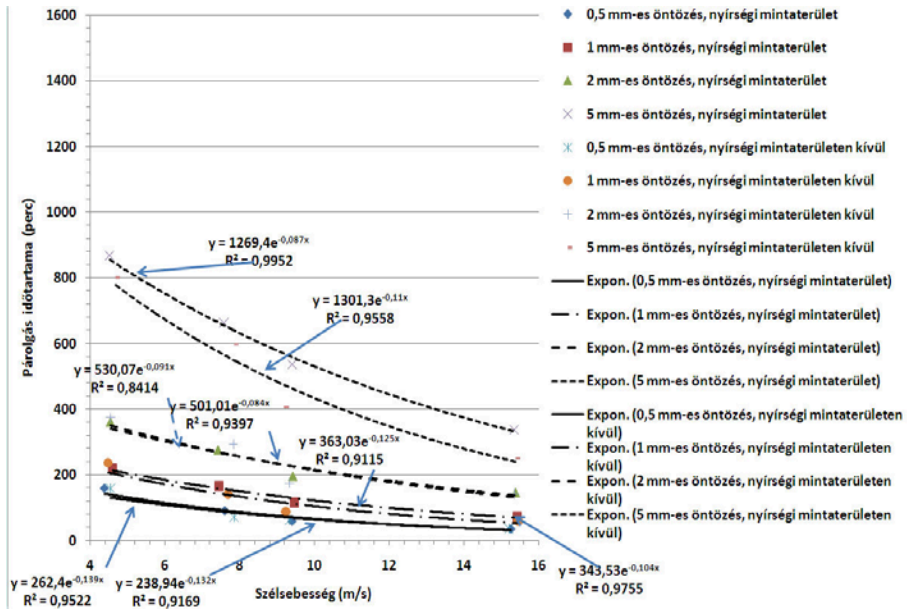
b., Öntözési kísérleteim több részeredményt hoztak.

- Az egyes talajminták víztartó képessége elsősorban azok mechanikai összetételétől, CaCO_3 - és humusztartalmától függ. Az iszap és agyagszemcsék felszínén a vírzecskék erősebben kötődnek, ezért a finomabb textúrájú talajok tovább képesek a vizet adszorbeálni.
- Kimutattam, hogy a talajnedvesség időbeli változásában 8-10 m/s sebességű szelek elérése esetén a száradás üteme felgyorsul.



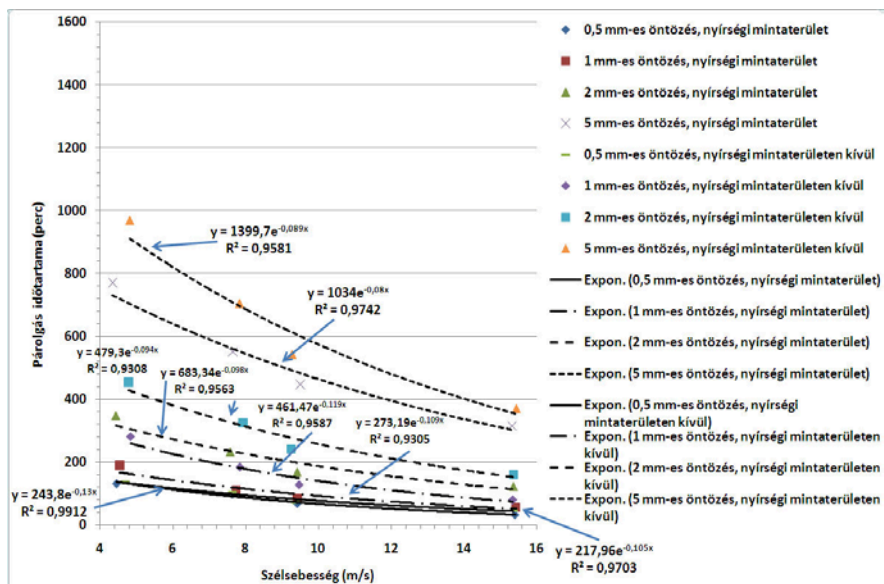
10. ábra A szélesség és a párolgás időtartamának összefüggései homok textúrájú talajok esetén

Figure 10. Changing in the water-holding capacity of sand texture soil in the function of wind velocity speed and time



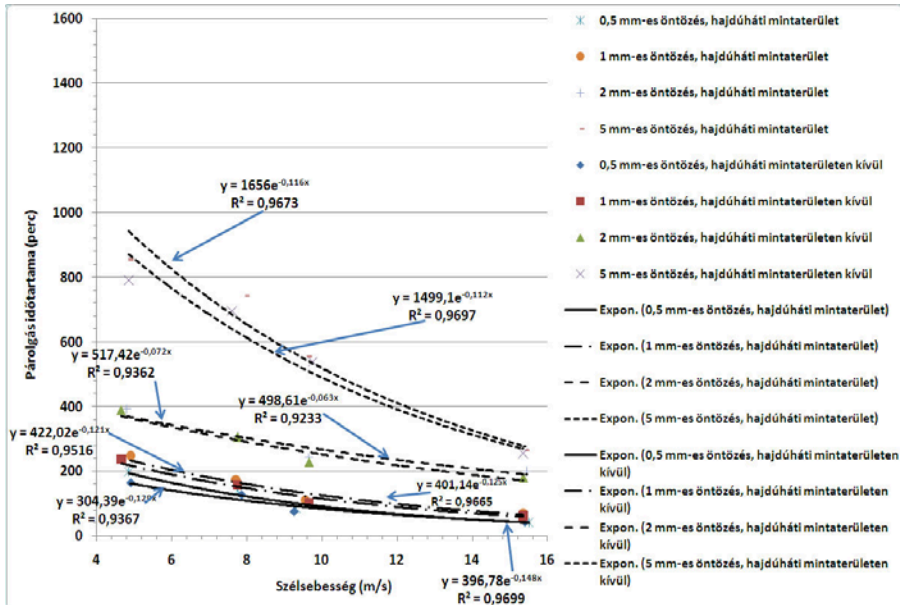
11. ábra A szélesség és a párolgás időtartamának összefüggései vályogos homok textúrájú talajok esetén

Figure 11. Changing in the water-holding capacity of loamy sand texture soil in the function of wind velocity and time



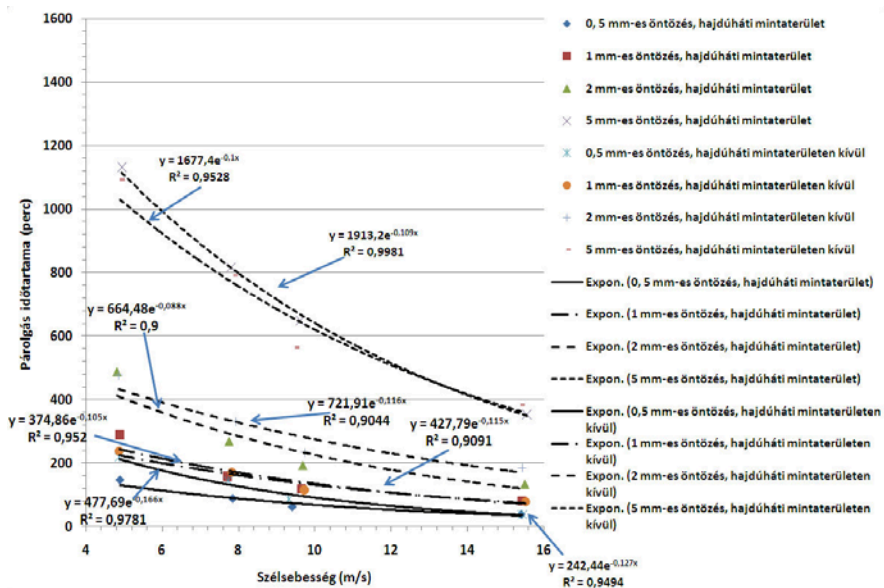
12. ábra A szélesség és a párolgás időtartamának összefüggései homokos vályog textúrájú talajok esetén

Figure 12. Changing in the water-holding capacity of sandy loam texture soil in the function of wind velocity and time



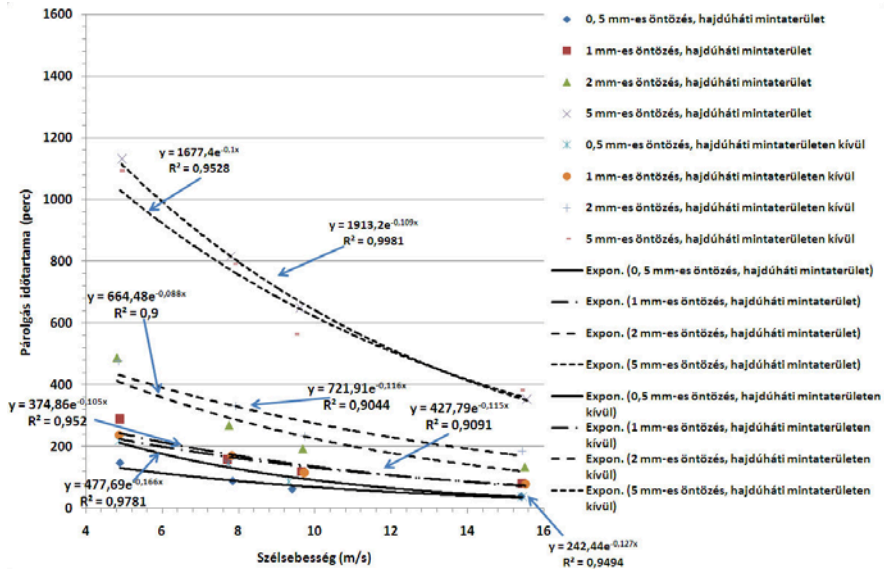
13. ábra A szélesség és a párolgás időtartamának összefüggései homokos vályog textúrájú talajok esetén

Figure 13. Changing in the water-holding capacity of sandy loam texture soil in the function of wind velocity and time



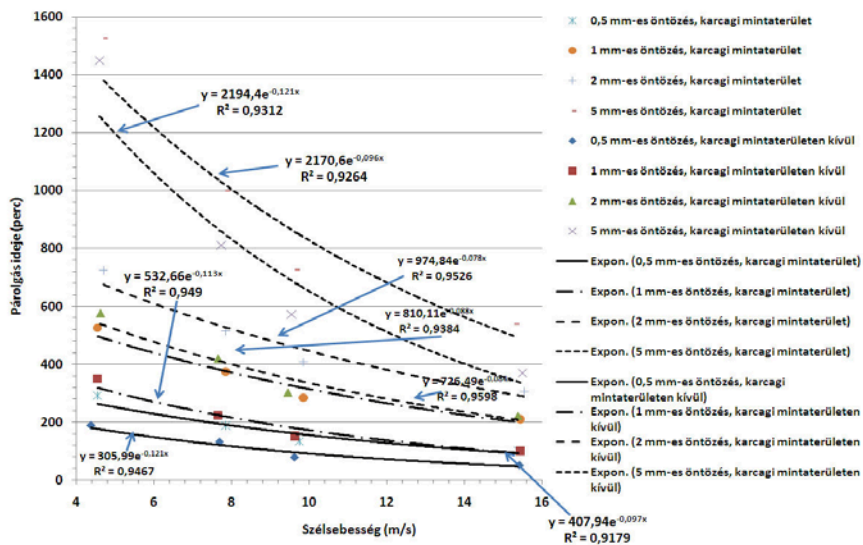
14. ábra A szélesség és a párolgás időtartamának összefüggései iszapos vályog textúrájú talajok esetén

Figure 14. Changing in the water-holding capacity of silt loam texture soil in the function of wind velocity and time



15. ábra A szélesebbesség és a párolgás időtartamának összefüggései iszapos vályog textúrájú talajok esetén

Figure 15. Changing in the water-holding capacity of silt loam texture soil in the function of wind velocity and time



16. ábra A szélesebbesség és a párolgás időtartamának összefüggései iszapos agyagos vályog textúrájú talajok esetén

Figure 16. Changing in the water-holding capacity of silty clay loam texture soil in the function of wind velocity and time

c. Meghatároztam az egyes talajtextúra-osztályokon öntözés/csapadék hatására keletkezett kérgék mechanikai összetételét, valamint a képződött kérgék ellenállását.

- A talaj felszínén kialakult kérgék szemcseösszetétele mindig finomabb, mint azé a talajé amin létrejöttek, mivel a nedvesség hatására a talajszemcsék szétesnek, majd a nedves talajban átrendeződnek és száradáskor más-más szemcseméretet alkotva összetapadnak.
- A különböző textúrájú talajok között a kéregképződés során bizonyos szemcseösszetételi eltolódás figyelhető meg:
 - A dominánsan homokból álló talajoknál a kéregben az aprószemű homoknál finomabb por, valamint a legdurvább szemcséjű iszapfrakció aránya növekszik meg.
 - A finomabb összetételű talajoknál (iszapos vályog, iszapos agyagos vályog) pedig a fő alkotóiknál, a pornál és az iszapnál kisebb frakciójú 0,005-0,002 mm átmérőjű iszap és agyagfrakció arányának növekedése mérhető; iszapos agyagos vályogoknál pedig a legfinomabb frakciójú agyagé.
- A humusztartalomnak elsősorban nem a kéreg keménységében van jelentősége, hanem inkább a kialakulásában játszik fontos szerepet: a víz hatására átnedvesedő humusz a finomabb frakciókat magához adszorbeálja, ezáltal a kialakuló kéreg vastagságát növeli.
- A talaj felszínén kialakult kérgéken a mérhető kéregellenállás értékeit nagymértékben meghatározza a kiindulási talaj mechanikai összetétele, valamint a CaCO_3 -tartalma. A finomabb textúrájú talajokon kialakult kérgekben az iszap és agyagszemcsék erősebben tapadnak egymáshoz, egyrészt mivel ezek felülete nagyobb, mint a durvább szemcséké, másrészt pedig nagyobb mennyiségű humuszt és vizet képesek megkötni, ami szintén a szemcsék közötti tapadóerőt növeli. Ennek következményeként az áttörésükhöz is nagyobb energia szükséges, ami növényélettani szempontból nagyon kedvezőtlen, mivel a növények fejlődését a kéreg áttörése jelentősen lelassítja, így a növekedésre kevesebb erőforrás marad.

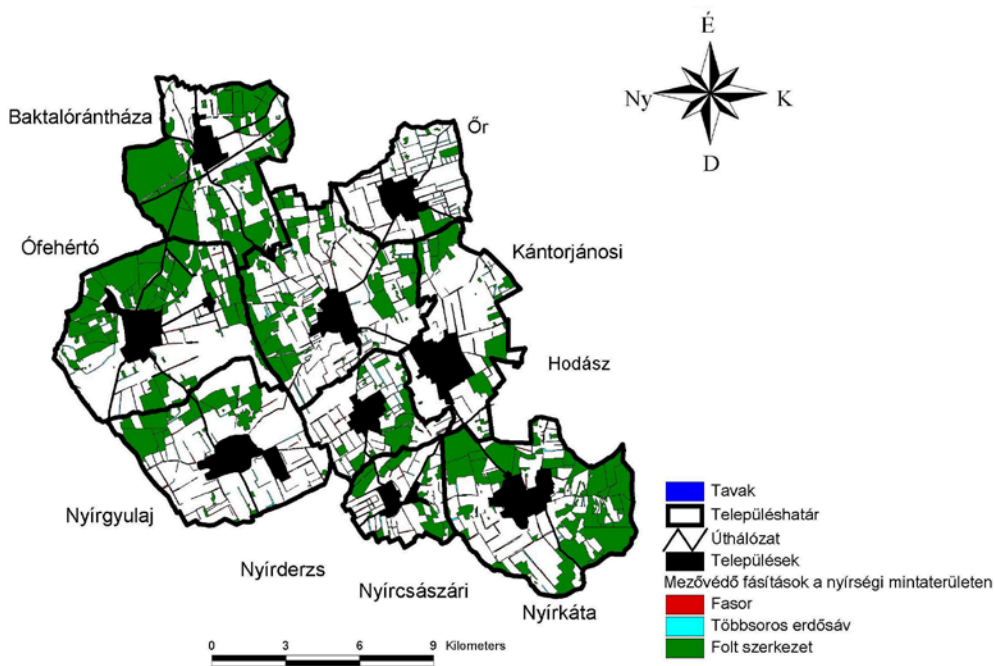
A mezővédő erdősávok felmérésének eredményei

a., Elkészítettem a mintaterületek mezővédő erdősáv rendszereinek és fásításainak digitális térképét (17., 18., 19. ábra).

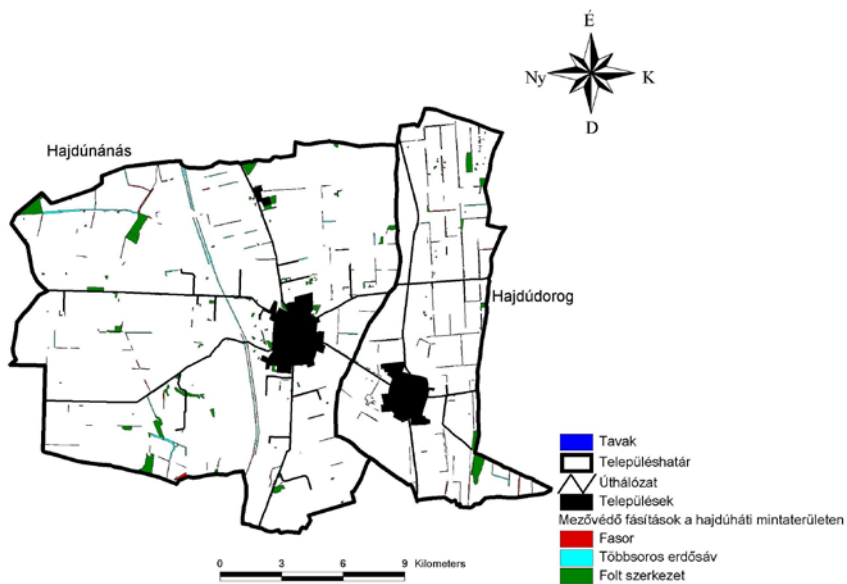
- A térképek és űrfelvételek feldolgozásával kimutattam, hogy az egyes mintaterületek erdőborítottságában és a mezővédő erdősávrendszerek hosszában jelentős különbségek mutathatók ki.
- Az erdőborítottság aránya a nyírségi mintaterületen a legmagasabb (33%), míg a hajdúhádi (3,5%) és a karcagi mintaterületen (2,7%) elenyészően kicsi. Ugyanez mondható el hasonló sorrendiséggel a mezővédő fasorok és erdősávok hosszáról is. Az egyes területek között meglévő erdősültségi különbségeknek talajtani és ebből eredően területhasználati okai vannak. A Nyírségben, ahol általában a különféle homoktalajok fordulnak elő, a talaj termőképessége és a fellépő deflációs veszély miatt a mezőgazdasági termelés a löszterületekhez viszonyítva nem annyira kifizetődő. Emiatt a földterületek nagyobb hányadát erdősítették be, mivel így egyrészt a növényborította felszínen nem érvényesül a szél tevékenysége, másrészt pedig az erdőnek gazdasági haszna is van a benne rejlő, értékesíthető faanyag miatt. A hajdúhádi mintaterület, talajtani szempontból összetettebb, ez a mezővédő erdősávok megoszlásában is látszik. A mintaterület hajdúhát felé eső, középső részén (főként Hajdúnánás-Hajdúdorog között) több mezővédő erdősáv van, mint a Hortobágy felé eső területeken. Ennek oka, hogy amíg a jó termőképességű csernozjom talajú szántóföldeket védtek erdősávokkal, addig a Hortobágy kötöttebb talajú talajait már nem.
- Az erdőterületek és erdősávok hosszának változásában a három mintaterületen hasonló tendenciák játszódtak le. Az 1940-es és 1970-es évek között mind az erdőterületek területe, mind a mezővédő erdősávok hossza nőtt. 1970 és 2005 között az erdőterületek aránya a nyírségi mintaterületen tovább növekedett, a másik két mintaterületen viszont kismértékben csökkent. A mezővédő erdősávok hossza 1970 és 2005 között a földtulajdonban bekövetkezett változások miatt mindhárom mintaterületen csökkent.
- A mezővédő erdősávok szerkezetére és irányára vonatkozóan 0-5 közötti pontszámokból álló pontozásos minősítési rendszert dolgoztam ki, melyben az erdősávot alkotó sorok számát, porozitását és irányát vettem figyelembe (3. táblázat).
- A mezővédő erdősávok szerkezetét tekintve elmondható, hogy azoknak csak 14-21%-a megfelelően telepített, 13-40%-a csak részben, 42-71%-a pedig egyáltalán nem felel meg az erdősávok telepítési szabályainak. Ez egyrészt a mezővédő fasorok magas előfordulási arányával, másrészt a mezővédő fasorok és erdősávok diszkontinuitásával, harmadrészt pedig a telepítés helytelen irányával magyarázható.

3. táblázat A mezővédő erdősávok tulajdonságaira adott pontszámok
 Table 3. Qualification system proposed for properties of shelterbelts

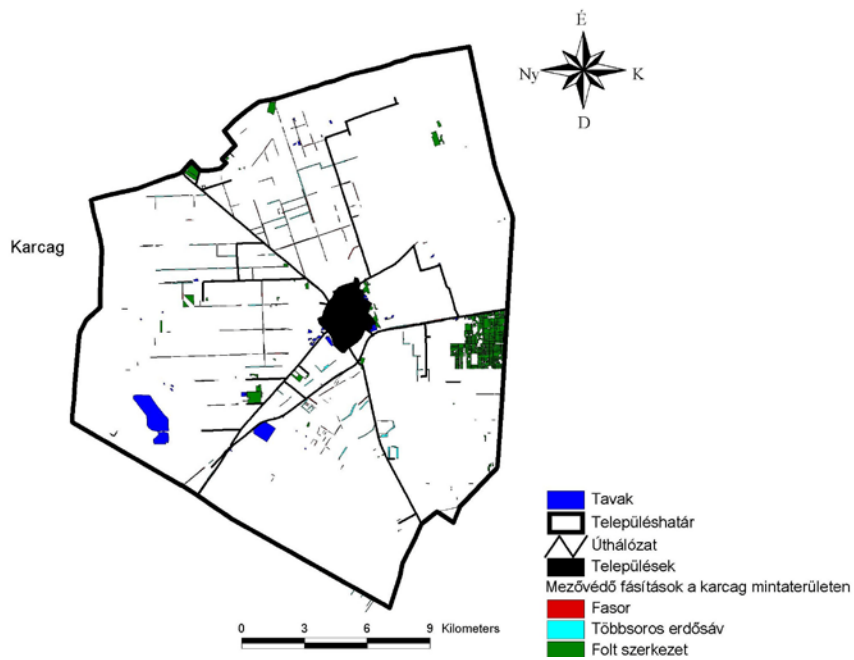
	Pontszámok
Áttörtség (porozitás)	
zárt	5
áteresztő	1
Szerkezet	
Folt	5
Többsoros	4
Egysoros	1
Irány	
északnyugati-délkeleti	5
nyugati-keleti	4
északi-déli	3
északkeleti-délnyugati	0



17. ábra A nyírségi mintaterület fásításainak szerkezet szerinti megoszlása
 Figure 17. Distribution of afforestation on the Nyírség sample area according to structure



18. ábra A hajdúhát mintaterület fásításainak szerkezet szerinti megoszlása
 Figure 18. Distribution of aforestation on the Hajdúhát sample area according to structure



19. ábra A karcagi mintaterület fásításainak szerkezet szerinti megoszlása
 Figure 19. Distribution of aforestation on the Karcag sample area according to structure

Antecedents, aims

Wind erosion causes serious problems and significant damage in Hungary like in many parts of the World. This phenomena endangers primarily sandy soils, however, may cause significant damage in areas of more bond soils. A part of the damage can be agricultural (soil denudation, fertility reduction, etc.) and public health (dust emission, chemicals entering the air). Threat of the process is enhanced by that – different from water erosion – there are no apparent, visible surface traces of the damage as removal of the fine fraction or the organic content of the soil can be detected only by laboratory examinations. Nowadays climatic analyses show that Mediterranean effects will become stronger in Hungary in the future resulting in the fact that our climate will become arid further more.

My research continues earlier wind erosion examinations based on their results and adding to their conclusions. The aim was to evaluate the quality and quantity of factors influencing wind erosion so that it was studied in the framework of soil conditions, climate and land-use relationships.

Since wind erosion is of anthropic origin in the present climatic conditions in Hungary I have chosen a study area where the surface is disturbed in the most part of the year. In the three areas having different landscape conditions (Nyírség, Hajdúhát, certain parts of the Szolnok-Túr plain) differences in potential wind erosion threat resulting from the differences can be defined clearly.

The following targets were set during the research:

1. Prepare the potential wind erosion threat map of the study areas

- Determining the relationship among the mechanical composition, humus and CaCO₃ content of the physical soil types.
- Determining the critical starting velocity and erodibility of different physical soil types sampled from arable lands.
- Preparing of digital maps applying GIS analysis of measurement results and datasets.
- Preparing the potential wind erosion threat map (based on soil structure and land-use) of the study areas based on the studies carried out in wind tunnel.

2. Further improve the methods of protection against deflation

a. Exploring the relationship between soil moisture and wind erosion

As one of the most effective way of fighting against wind erosion is to retain the appropriate moisture content of the soil, our investigations aimed partly this problem.

- Moisture content of soils is important not only regarding soil and vegetation relationships, it also influences greatly resistance of soils against wind. Moisture content changes of the given soil types was investigated at different wind speeds.
- Following the drying of the wet surface the developing crust provided protection to the soil under it for a shorter or longer time period. Studying the results of irrigation experiments was extended over the crusts developed on different soil samples.

b. Investigating shelterbelts by remote sensing methods

It is generally known that shelterbelts reduce wind erosion effectively and improve the micro-climate of the area significantly. Major changes took place in the ownership of agricultural lands in the last few decades in the course of which field protecting forest belt network was changed as well. Nowadays GIS and remote sensing methods make it possible to survey these forest belts.

- Shelterbelts and their typifying and evaluation with the help of attribute tables associated to them were among my aims together with surveying the change of forest belts and patches in time and space.
- Making remote sensing results more accurate by field surveying the conditions of shelterbelts identified on topographic maps and aerial photos was also planned.

Material and methods

Field, laboratory and geoinformatic methods were applied in the research.

- *In the field* samples from the upper cultivated layer of different soil types were taken for sedimentological and wind tunnel measurements. Samples were taken in quantities enough for the measurements (erodibility, irrigation, vegetation experiments). Additional field survey was carried out regarding the shelterbelts for geoinformatic analyses.

- Sedimentological analysis of soil samples and crusts developed on the surface due to irrigation was carried out in the Physical Geographical Laboratory of the University of Debrecen. Among sedimentological conditions those were studied that influence the magnitude of wind erosion (mechanical composition, CaCO₃ and humus content).
- Variation of wind speeds above different soils, critical starting velocity values of the soils of the three study areas and their erodibility were determined by *wind tunnel* measurements. Water retaining capacity of the given soil texture classes together with the relationship between wind speed and drying time were also studied in the wind tunnel. Resistivity of crusts developed on the soil due to irrigation was determined by a special product Karuczka-Szóllósi micro-penetrometer.
- Shelterbelts and woodlands were surveyed primarily applying *geoinformatic* methods by vectorising the raster maps of the Hungarian military mapping during World War II (1:50 000), the topographic maps of the 1970s (1:10 000) and that of the space images of 2005 (1:10 000). Map surveys carried out in different time periods provided excellent bases for following the areal extent of field protecting forests in time. Constructed maps were complemented by datasets including some of the primary characteristics of shelterbelts (number of rows, porosity, orientation, functional type).
- Analysis of the large number of data obtained was performed by Microsoft Excel while map databases were established by the software ArcView 3.2 and its supplement softwares.

Results

1. Results of erodibility investigations

a., In the course of the experiments the critical starting velocity of the soils in the study areas were determined (*Table 1.*).

- By experiments performed on soil samples of different textures it was justified that critical starting velocity and erodibility of the given texture classes depend primarily on the mechanical composition of the soils, however, differences within the same texture class are the result of differences in the CaCO₃ and humus content of the soils as the latter two play an important role in the development of soil aggregates.

- Variation of the value of critical starting velocity is determined by the silt with diameters of 0.02-0.01 and 0.01-0.005 mm and the fine sand content. Clay content of samples is irrelevant. I have determined that sand and silt contents influence the values of critical starting velocity differently. Increasing sand content results in decreasing critical starting velocity while increasing silt content increases the velocity value.

b., During erodibility studies exponential function was found between the mass of material carried away and the wind speed. (*Figures 1., 2., 3., 4., 5., 6.*).

- Soil erosion (after reaching the critical wind velocity) increases rapidly with wind speed. Based on the comparative analysis of the datasets containing the mechanical composition of all of the samples and the volume of material carried away, I have stated that there is a positive linear connection between the sand content of the soils and the volume of eroded material. Furthermore, increasing silt content decreases erosion linearly while increasing the clay content results in exponential reduction of eroded soil.
- Analysing the erodibility of the given soil texture classes, connection between the volume of eroded soil and the mechanical composition was shown only in the case of sand textured soils.

c., Based on analysing the relationship between the erodibility of the given soil texture classes and the humus content, it seems to be likely that, humus plays an indirect role in the erodibility of the given soils.

- No connection was found between humus content and mass of eroded material in the case of sand and loamy sand textured soils. In the case of sandy loam textured soils, increasing humus content resulted in decreasing mass of eroded material. Considering silty loam textured soils, on the basis of relationship between humus content and eroded material, soil samples were grouped in two: one part of the samples showed increasing mass of eroded material with increasing humus content, while the second group showed the opposite. In the case of silty clayey loam textured soils, increasing humus content resulted in decreasing mass of eroded material.

d. I have constructed the potential wind erosion risk map of the study areas (*Figure 7., 8., 9.*) together with the areal extent of the given categories (*Table 2.*).

2. Investigation of the water-holding capacity of soils

a. Based on my experiments the functional connection between wind speed and evaporated water was determined (*Figures 10., 11., 12.,13., 14., 15., 16.*).

b. Several partial results were obtained from my irrigation experiments.

- The water retaining capacity of the given soil samples depends primarily on their mechanical composition, CaCO₃ and humus content. Water is bond stronger to the surface of silt and clay particles therefore soils of finer texture can adsorb water for longer time periods.
- I have pointed out that the rate of drying intensifies regarding soil moisture content variation in time when wind speeds of 8-10 m/s are reached.

c. I have determined the mechanical composition and resistivity of crusts developed on the different soil texture classes as a result of irrigation/precipitation.

- Grain-size of crusts is always finer than that of the soil on which they developed as due to moisture soil particles disintegrate and they are restructured in the wet soil and they adhere forming different sizes when drying.
- A certain grain-size shift can be detected during crust development in the soils of different texture:
 - In the case of dominantly sandy soils, ratio of dust finer than fine sand together with the coarsest fraction increases in the crust.
 - In the case of finer soils (silty loam, silty clayey loam), ratio of silt and clay fraction with the diameter of 0.005-0.002 mm finer than the main components of the soil increases in the crust of the soil. In the case of silty-clayey loam the ratio of finest clay increases in the crust.

- Humus content influences not the hardness primarily but it plays an important role in the formation of the crust: wet humus adsorbs finer grains increasing in this way the thickness of the developing crust.
- Crust resistivity values are greatly determined by the mechanical composition and the CaCO₃ content of the original soil. In crusts developed on fine textured soils silt and clay particles adhere to each other stronger partly because their relative surface is greater than that of the coarser grains and partly because they can bound more humus and water increasing adherence between the particles. Therefore greater energy is required for the breaking of them and this is very disadvantageous for the plants as breaking through the crust reduces significantly the development of the plant as less resource can be used for growing.

Results of surveying shelterbelts

a., I have prepared the digital maps of shelterbelt networks and afforestation (*Figure 17., 18., 19.*).

- Analysing maps and space images I have pointed out that significant differences can be detected in the forest cover and in the length of field protecting forest belt networks in the given study areas.
- Greatest ratio of forest cover is found in the Nyírség study area (33%) while it is very small in the Hajdúhát (3.5%) and Karcag (2.7%) study areas. The same is true with similar orders for the length of tree rows and shelterbelts as well. Differences in forest cover in the given areas can be explained by soil and thus land-use differences. In the Nyírség where different sandy soils are found agricultural cultivation is not so profitable as in the loess areas due to the productivity of the soil and deflation risks. Therefore greater ratio of the land was forested in order on the one hand to protect land from wind by the vegetation cover and on the other hand to obtain economic use of the forest via its valuable wood material. The study area in the Hajdúhát is more complex from the soil point of view and this is reflected in the distribution of shelterbelts as well. More shelterbelts can be found in the Hajdúhát part (mainly between Hajdúnánás and Hajdúdorog) than in the areas towards the Hortobágy. This is caused by that while the productive cernozem arable lands were protected by forest belts, the boulder, less valuable soils of the Hortobágy were not.
- Similar tendencies occurred in the changing of the length of forests and forest belts. Both forested areas and the length of shelterbelts

increased between the 1940s and the 1970s. Between 1970 and 2005 area of forests increased in the Nyírség study area while it slightly decreased in the other two study areas. Length of shelterbelts decreased in all of the three study areas between 1970 and 2005 as a result of changes in the ownership conditions.

- Regarding the structure and orientation of shelterbelts, a qualification system ranging from 0 up to 5 is proposed, in which the number of tree rows, porosity and orientation are considered (*Table 3.*).
- Regarding the structure of shelterbelts it can be stated that only 14-21% of them are planted properly, around 13-40% of them meet only partly while 42-71% of them do not meet at all the regulation conditions of planting forest belts. This is caused by the high ratio of shelterbelts, their discontinuity and the inappropriate orientation of the plantation.

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Kiemelt folyóirat

Négyesi Gábor 2007. Formation of soil crusts and measuring crust resistance by penetrometer. In.: Acta Geographica Silesiana 1. pp. 35-39. (*Referált, lektorált nemzetközi folyóirat*)

Négyesi Gábor 2009. Typifying shelterbelts in Hungary. Acta Geographica Silesiana 5. pp.43-52. (*Referált, lektorált nemzetközi folyóirat*)

Idegen nyelvű kiadvány

Tóth Csaba – Sümegi Pál – Magyari Enikő - Négyesi Gábor 2005. Geoarcheological study of a Northern Hungarian tell site. Landscapes – Nature and Man. Vilnius, pp. 141-151. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Lóki József-Négyesi Gábor 2004. Wind Erosion protection effect of the vegetation – based on wind-tunnel experiments-. Anthropogenic aspects of landscape transformations 3. pp. 61-69.

Lóki József-Négyesi Gábor 2006. The effect of plot size on wind erosion. Anthropogenic aspects of landscape transformations 4. pp. 48-54.

Lóki József-Négyesi Gábor 2006. Wind erosion protection effect of shelterbelts in Hungary. Morfologiczne i sedymentologiczne skutki dzialalnosci wiatru. Sosnowiec, pp. 40-47.

Négyesi Gábor 2008. Studying the wind erosion reducing effect of irrigation on soils of the Hajdúhát. Anthropogenic aspects of landscape transformations 5. pp. 71-79.

Négyesi Gábor-Szabó Gergely 2008. Wind erosion mapping with GIS methods in Hungary. GISDATA konferencia, Opatija, Horvátország

Négyesi Gábor-Szabó Gergely 2009. Classifying shelterbelts in Hungary. GISDATA felhasználói konferencia, Opatija, Horvátország

Egyéb kiadványok

Lóki József-Négyesi Gábor 2003. A talajfelszíni kéreg képződése és hatása a szélrózióra. Acta Geographica Debrecina 2001/2002. Tomus XXXVI Debrecen, 2003. pp 55-64. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Lóki József-Négyesi Gábor 2003. Adalékok a Nyírség talajainak erodálhatóságához, szélcsatorna vizsgálatok alapján. Természettudományi Közlemények Nyíregyháza, pp. 185-194. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Négyesi Gábor-Pálfi Aletta 2008. Szélrózió veszélyeztetettség vizsgálata hajdúhádi mintaterületen. In.: Geographia generalis et specialis. Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára. pp. 107-114. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Négyesi Gábor 2008. Porviharok a Marson. In: Tanulmányok a Geológia tárgyköréből. Debrecen, pp. 123-133. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Lóki József-Demeter Gábor-Négyesi Gábor-Vass Róbert 2008. Holocén korú homokmozgások a Nyírségben. In: Tanulmányok a Geológia tárgyköréből. Debrecen, pp. 111-122. (*Lektorált tanulmánykötet*)

Négyesi Gábor 2006. Karcag talajvízszintjének időbeli változása. Földrajzi tanulmányok Dr. Lóki József tiszteletére. Debrecen, pp. 156-170.