Szent István Egyetem

Az általános talajveszteség becslési egyenlet (USLE) K tényezőjének vizsgálata

Centeri Csaba

Gödöllő

2001

A doktori program	
címe:	
tudományága:	Környezettudományi
vezetője:	Dr. Füleky György tanszékvezető, egyetemi tanár Szent István Egyetem, Talajtani és Agrokémiai Tanszék
témavezető:	Dr. Stefanovits Pál professzor emeritus Szent István Egyetem, Talajtani és Agrokémiai Tanszék

…… ……

A programvezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

TARTALOMJEGYZÉK 1

1. BEVEZETÉS 6

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 8

2.1. FOGALMAK 8
2.1.1. AZ ERÓZIÓ FOGALMA 8
2.1.2. AZ ERODÁLHATÓSÁG FOGALMA 8
2.1.3. A TOLERÁLHATÓ TALAJVESZTESÉG FOGALMA 9
2.2. AZ ERÓZIÓ KÁRTÉTELE AZ EGYES KONTINENSEKEN 9
2.2.1. AFRIKA 10
2.2.2. AMERIKA 10
2.2.3. AUSZTRÁLIA 10
2.2.4. ÁZSIA 11
2.2.5. EURÓPA 12
2.3. AZ EGYETEMES TALAJVESZTÉSI EGYENLET (USLE) 12
2.3.1. AZ USLE MEGALKOTÁSÁNAK ELŐZMÉNYEI 12
2.3.2. AZ USLE EGYENLET 13
2.3.3. AZ USLE SZÉLES KÖRBEN VALÓ HASZNÁLATA 14
2.3.4. A MODELLEK TOVÁBBFEJLESZTÉSE 14
2.4. A K TÉNYEZŐ KUTATÁSÁNAK HELYZETE 18
2.4.1. AFRIKA 18
2.4.2. AMERIKA 19
2.4.3. AUSZTRÁLIA 21
2.4.4. ÁZSIA 21
2.4.5. EURÓPA 22
2.4.6. MAGYARORSZÁG 22
2.4.7. KIEMELT FONTOSSÁGÚ EREDMÉNYEK 25
2.5. ESŐZTETÉS 27
2.5.1. TERMÉSZETES VAGY MESTERSÉGES CSAPADÉK? 27
2.5.2. MESTERSÉGES ESŐZTETÉS: LABORATÓRIUMBAN VAGY TEREPEN? 28
2.5.3. MESTERSÉGES ESŐZTETÉSI VIZSGÁLATOK 29

2.6. A TALAJKÉPZŐDÉS ÜTEME ÉS A TOLERÁLHATÓ TALAJVESZTESÉG 32
2.6.1. A TALAJKÉPZŐDÉS ÜTEME 32
2.6.2. A TOLERÁLHATÓ TALAJVESZTESÉG 35

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 38

3.1. A MINTATERÜLETEK 38
3.1.1. A MINTATERÜLET KIVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI 38
3.1.2. A MINTATERÜLETEK KIVÁLASZTÁSA 39
3.1.3. A MINTATERÜLET ELŐKÉSZÍTÉSE A MESTERSÉGES ESŐZTETÉSHEZ 39
3.2. A MESTERSÉGES ESŐZTETÉS 39
3.2.1. A PANNON R-02 ESŐ-SZIMULÁTOR LEÍRÁSA ÉS MŰKÖDÉSE 40
3.3. A TALAJTÍPUSOK TEREPI VIZSGÁLATA 43
3.4. A LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK 43
3.4.1. A BESZÁLLÍTOTT HORDALÉK KEZELÉSE 43
3.4.2. A VIZSGÁLT TALAJOK LABORATÓRIUMI ELEMZÉSE 43
3.5. A K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA 44
3.5.1. A K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA AZ ESŐZTETÉS ALAPJÁN 44
3.5.2. A K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA TALAJTULAJDONSÁGOK ALAPJÁN 45
3.6. AZ ALKALMAZOTT STATISZTIKAI ELEMZÉSEK 46
3.7. A TALAJVESZTESÉGET BECSLŐ TÉRKÉPEK KÉSZÍTÉSE 47
3.7.1. A FELHASZNÁLT ALAPTÉRKÉPEK 47
3.7.1. AZ USLE TÉNYEZŐINEK TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSA 47

4. EREDMÉNYEK 51

4.1. A VIZSGÁLT TALAJTÍPUSOK ELEMZÉSÉNEK TEREPI- ÉS LABORATÓRIUMI EREDMÉNYEI 51
4.1.1. A TALAJSZELVÉNYEK HELYSZÍNI VIZSGÁLATÁNAK FONTOSSÁGA 51
4.1.2. SOMOGYVÁR, CSERNOZJOM BARNA ERDŐTALAJ 51
4.1.3. SOMOGYVÁR, HUMUSZKARBONÁT TALAJ 52
4.1.4. SOMOGYVÁR, ROZSDABARNA ERDŐTALAJ 52
4.1.5. BALATONSZABADI, MÉSZLEPEDÉKES CSERNOZJOM TALAJ 53
4.1.6. TIHANY, FEKETE NYIROKTALAJ 53
4.1.7. NEMESSÁNDORHÁZA, AGYAGBEMOSÓDÁSOS BARNA ERDŐTALAJ 54
4.1.8. NEMESSÁNDORHÁZA, RAMANN-FÉLE BARNA ERDŐTALAJ 54
4.1.9. A TALAJSZELVÉNYEK LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA 54
4.2. AZ USLE TÉNYEZŐINEK MÉRTÉKEGYSÉGE 56
4.2.1. AZ R ÉS EI TÉNYEZŐK MÉRTÉKEGYSÉGE 56
4.2.2. A K TÉNYEZŐ MÉRTÉKEGYSÉGE 58
4.3. AZ USLE EGYSÉGPARCELLÁN TÖRTÉNŐ MÉRÉS TAPASZTALATAI 60
4.4. K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA AZ ESŐZTETÉS ALAPJÁN 62
4.5. AZ USLE EGYENLET ALAPJÁN SZÁMÍTOTT K TÉNYEZŐK ELEMZÉSE 65

4.5.2. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS A KÜLÖNBSÉGEK ELEMZÉSÉRE 66
4.6. K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSÁNAK MÓDSZEREI 68
4.6.1. K TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA A NOMOGRAM EGYENLETÉVEL 68
4.6.2. K TÉNYEZŐK A NOMOGRAM ALAPJÁN 69
4.6.2. A HÁROMFÉLE MÓDSZER ÖSSZEHASONLÍTÁSA 70
4.7. A SAJÁT MÉRÉSEK ALAPJÁN MEGHATÁROZOTT K TÉNYEZŐK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ IRODALMI ADATOKKAL 71
4.7.1. A MÉRT K TÉNYEZŐK ÖSSZEHASONLÍTÁSA KÜLFÖLDI ÉRTÉKEKKEL 71
4.7.2. ÖSSZEHASONLÍTÁS A KORÁBBI HAZAI MÉRT ÉRTÉKEKKEL 72
4.7.3. ÖSSZEHASONLÍTÁS A KORÁBBI HAZAI BECSÜLT ÉRTÉKEKKEL 74
4.8. AZ ESŐZTETÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ MÉRÉSEK 75
4.8.1. AZ INTENZITÁS HATÁSA A SZEMCSEFRAKCIÓK LEPUSZTULÁSÁRA 75
4.8.2. A TALAJ TÖMŐDÖTTSÉGI ÁLLAPOTÁNAK HATÁSA AZ ERODÁLHATÓSÁGRA 78
4.8.3. A PÓRUSVISZONYOK ÉS HATÁSUK A TALAJ ERODÁLHATÓSÁGÁRA 85
4.8.4. A CSAPADÉK INTENZITÁSÁNAK HATÁSA A TALAJLEPUSZTULÁS INTENZITÁSÁRA ÉS A K TÉNYEZŐRE 86
4.9. TALAJVESZTESÉG BECSLÉS AZ USLE EGYENLETTEL ÉS A SZÁMOLT K TÉNYEZŐKKEL 87
4.9.1. AZ ERÓZIÓS KATEGÓRIÁK SZÍNEI 87
4.9.2. SOMOGYVÁRI TÉRKÉPLAP 88
4.9.3. NEMESSÁNDORHÁZI TÉRKÉPLAP 88
4.9.4. TIHANYI TÉRKÉPLAP 89
4.9.5. BALATONSZABADI TÉRKÉPLAP 89
4.10. TALAJVESZTESÉG BECSLÉSE AZ USLE EGYENLETTEL ÉS A BECSÜLT K TÉNYEZŐKKEL 90
4.10.1. SOMOGYVÁRI TÉRKÉPLAP 90
4.10.2. NEMESSÁNDORHÁZI TÉRKÉPLAP 90
4.10.3. TIHANYI TÉRKÉPLAP 90
4.10.4. BALATONSZABADI TÉRKÉPLAP 90
4.11. KÜLÖNBSÉGEK A BECSÜLT ÉS A MÉRT ÉRTÉKEK ALAPJÁN KÉSZÍTETT TALAJVESZTESÉG BECSLÉSEK KÖZÖTT 91
4.11.1. SOMOGYVÁRI TÉRKÉPLAP 91
4.11.2. NEMESSÁNDORHÁZI TÉRKÉPLAP 91
4.11.3. TIHANYI TÉRKÉPLAP 92
4.11.4. BALATONSZABADI TÉRKÉPLAP 93
4.11.5. ÖSSZEFOGLALÁS A TÉRKÉPI ÁBRÁZOLÁS EREDMÉNYEIRŐL 94
4.12. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 95

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 96

5.1. KÖVETKEZTETÉSEK A K TÉNYEZŐRE VONATKOZÓAN 96
5.1.1. KÖVETKEZTETÉSEK A K TÉNYEZŐRE VONATKOZÓAN 96
5.1.2. KÖVETKEZTETÉSEK A T ÉRTÉKRE VONATKOZÓAN 97
5.1.3. KÖVETKEZTETÉSEK A TÉRKÉPEZÉSRE VONATKOZÓAN 98

5.2. JAVASLATOK **99**
5.2.1. A K TÉNYEZŐK FELHASZNÁLÁSÁRA VONATKOZÓAN 99
5.2.2. A K TÉNYEZŐ MÉRTÉKEGYSÉGÉVEL KAPCSOLATBAN 99
5.2.3. INFORMÁCIÓS RENDSZER FEJLESZTÉSÉVEL KAPCSOLATBAN 100
5.2.4. AZ ALAPADATBÁZISOK FEJLESZTÉSÉVEL KAPCSOLATBAN 100

6. ÖSSZEFOGLALÁS **101**

SUMMARY **103**

7. MELLÉKLETEK **105**

M1. IRODALOMJEGYZÉK **105**
M2. TÁBLÁZATOK **1**
M3. ÁBRÁK **1**
M4. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYVEK **1**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS **20**

1. Bevezetés

A talajvédelmi tervezés csak akkor nyugszik reális alapokon, ha a talajviszonyok lehető legmélyebb ismeretére épül (STEFANOVITS 1966/a). Talajviszonyok ismeretének tekintetében hazánk szerencsés helyzetben van, hiszen nem csak a világon, de az Európai Unióban is egyedülálló az egész ország területére elkészült talajtérkép. Sajnos a rendszerváltás utáni években mind a talajtani, mind a talajvédelmi kutatások száma lecsökkent.

Megfigyelve a természet jelenségeit, láthatjuk, hogy a földfelszín állandóan változik. A hegyek és a dombok elkopnak, a völgyek és az állóvizek feltöltődnek. Amennyiben a talaj felszínét természetes növénytakaró (erdő vagy gyep) fedi, a talaj építő és lepusztuló folyamatai – a bomló növénymaradványok és egyéb talajépítő tényezők folytán – bizonyos egyensúlyban vannak. Az ember ebbe az egyensúlyba avatkozik bele. Az erdőket kiirtja, a gyeptakarót ekével megbontja, s az így védtelenné vált talajt kiteszi az eső és szél pusztító hatásának.

Az évente lepusztult néhány milliméter talajt nem is vesszük észre, de ha szem előtt tartjuk, hogy talajaink termőréteg–vastagsága nem végtelen (a legtöbb talajé nem több 50–60 cm–nél, és alatta az alapkőzet található), akkor tudjuk csak értékelni, hogy milyen nagy károkat okoz az elfolyó víz a termőtalaj elhordásában. A termőtalaj pusztulása következtében folyamatosan csökken a mezőgazdasági területek termőereje, majd e területek termésmennyisége.

LÁNG és munkatársai (1983) szerkesztésében készült el a magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciáljának az ezredfordulóra jósolt értékelése. A megállapítások között szerepel az is, hogy a meteorológiai és hidrológiai viszonyokon túlmenően a termesztést elsősorban a talaj termékenysége és a felhasználható terület kiterjedése határozza meg. A produktivitás alapvetően a termőföld védelmén és a racionális földhasználaton múlik. LÁNG (1994) összefoglalja a fenntarthatóság definícióját. A XX. sz. második felének talajhasználata és a fenntarthatóság közötti ellentmondást a talajok kedvezőtlen irányú változásaiban: az erózió felgyorsulásában, a talajszerkezet romlásában és a tömörödésben, a talajsavanyodásban és a másodlagos szikesedésben látja.

A fenntartható mezőgazdaság tervezéséhez elengedhetetlen az erózióval szemben védendő területek pontos feltárása, a talajtani információk gyűjtése, mind a mezőgazdaságilag nem hasznosított, mind a különböző mezőgazdasági hasznosítási ágak (szántó, szőlő, legelő stb.) esetében. A természetvédelmi területek pufferzónáit és a művelt területeket határoló környezetet is vizsgálni kell.

A termőtalaj védelméhez, így a különböző, termékenységet csökkentő esemény előrejelzéséhez nélkülözhetetlen a talajra vonatkozó információk folyamatos mérése és rögzítése. Az eróziós kártétel nagyságát szemlélteti az alábbi táblázat (**1. táblázat**).

1. táblázat. Talajerózió Magyarországon (STEFANOVITS és VÁRALLYAY 1992)

	1000 ha	Az egész terület százalékában	A mg-i területek százalékában	Az erodált területek százalékában
Az ország területe	9303	100	–	–
A mezőgazdasági területek	6484	69,7	100	–
Szántóföld	4712	50,7	73,0	–
Összes erodált terület	2297	24,7	35,3	100
Erősen erodált	554	6,0	8,5	24,1
Közepesen erodált	885	9,5	13,6	38,5
Gyengén erodált	852	9,2	13,2	37,4

Sem az Európai Unió (továbbiakban EU), sem Magyarország talajvédelmi politikája nem foglalkozik magával a talajnak, mint közegnek a védelmével. Ugyanakkor mindenhol hangsúlyozzuk eme természeti erőforrásunk védelmének fontosságát. 2001. október 26–án azonban olyan tervezet jelent meg az EU talajvédelmi politikájával kapcsolatosan, amely részletesen foglalkozik a talajjal és annak fenntarthatóságát befolyásoló tényezőkkel. A végleges szabályozások és törvények megjelenésével drasztikus változások várhatók a talajvédelem szabályozása terén.

Az alábbi dolgozat célja, hogy a talajvédelemmel kapcsolatos tudomány egy kis szelete, az erózió elleni küzdelem ügye előrehaladjon. A talaj erodálhatóságát (K tényező) kifejező tényező hazai vizsgálatához a következő célokat tűztem ki:

1. a hazai, lejtős mezőgazdasági területeken jellemző talajtípusok kiválasztása a vizsgálatokhoz,
2. a talajtípusok részletes jellemzése (terepi és laboratóriumi),
3. a K tényező méréséhez alkalmas talajállapot előkészítése,
4. mesterséges esőztetési vizsgálatokat végezni, hogy az így kapott adatok alapján a talajnak a csapadék pusztító hatásával szembeni ellenállását számszerűen ki lehessen fejezni,
5. az Egyetemes Talajvesztési Egyenlet használati útmutatója és a legfrissebb kutatási eredmények alapján kiszámolni az egyenlet K tényezőjét,
6. összehasonlítani a K tényező mérésére alkalmas módszereket,
7. összehasonlítani a kapott eredményeket az eddigi, szakirodalomban publikált mért és becsült értékekkel,
8. elemezni az esőztetés és a hozzá kapcsolódó laboratóriumi és terepi mérések erodálhatósághoz fűződő viszonyát,
9. elkészíteni és elemezni a vizsgált területek talajveszteség-becslés térképét az egyenlet segítségével,
10. következtetéseket levonni és javaslatokat tenni a K tényező alkalmazásával, az eróziós térképek készítésével, az információs rendszer és az adatbázisok fejlesztésével kapcsolatban, felhívni a figyelmet az esőztetési vizsgálatok fontosságára.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Fogalmak

2.1.1. Az erózió fogalma

Az **erózió** latin eredetű szó: „…valamilyen élő vagy élettelen anyagnak rongálódását, más anyagnak, erőnek, vagy közegnek a hatására bekövetkezett szétrágását, esetenként pusztulását jelenti.” (STEFANOVITS 1977).

Az erózió tágabb értelemben jelentheti a domborzat kivájását, feltagolását a folyó, a szél, a hó, a gleccser és a tenger hullámverésének tevékenysége révén. A talajpusztulással foglalkozó szakirodalom ezt a természetes körülmények között lejátszódó felszínpusztulást geológiai eróziónak nevezi (HUDSON 1973, STEFANOVITS 1964), szemben az emberi beavatkozás hatására felgyorsult eróziós folyamattal, melyet gyorsított talajeróziónak nevez. A szűkebb értelemben vett erózió jelentheti a mederben folyó víz, illetve a szél erodáló tevékenységét.

A leggyakoribb szóhasználat szerint a talajpusztulás a víz és a szél által okozott eróziót, a talajszemcsék túlnyomórészt mechanikai hatásra történő elszállítását jelenti. Talajtani értelemben STEFANOVITS (1977) szerint az erózió „...azon pusztító jellegű folyamatok összegzése, amelyek hatására a talaj felső rétege vagy fokozatosan elvékonyodik, vagy gyorsan pusztul, ezáltal termékenysége leromlik, esetleg mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válik.”.

A hazai nevezéktan szerint a víz által okozott talajpusztulást eróziónak, a szél által okozott talajpusztulást deflációnak nevezzük. A továbbiakban az eróziót ilyen értelemben használom.

2.1.2. Az erodálhatóság fogalma

A talajok erózióra való hajlamát erodálhatóságnak hívjuk. Az erodálhatóság a talajnak összetett tulajdonsága, hanem több tényező által befolyásolt, mint a szemcseösszetétel, szerkezet, vízáteresztés, szerves anyag, agyagásványok és a szeszkvioxidok mennyisége. Néhány éghajlati tényező szintén befolyásolja az erodálhatóságot, mint a levegő-, a hő- és vízgazdálkodás. Az extrém hő- és vízgazdálkodású talajok érzékenyebbek ez erózióra.

2.1.3. A tolerálható talajveszteség fogalma

Az eróziós hatások elfogadható szint alatt való tartásához meg kell határozni a tolerálható erózió mértékét. Az értéket „T” betűvel jelölik.

A mezőgazdaságban a megengedhető talajveszteség fogalma alatt azt a mennyiséget értjük, amely még lehetővé teszi az új talajképződést, és nem csökkenti az adott talaj termékenységét. (HOLÝ 1980).

A definíció összhangban áll a legszigorúbb talajvédelmi eljárásokkal, ugyanakkor nem tükrözi a társadalmi és gazdasági viszonyokat. A definíció esetleges betartatása egyes esetekben azt jelentené, hogy az adott területen a bevétel alatta marad a definíció szerinti termeléshez szükséges beavatkozások költségének. Ez a továbbiakban azt eredményezi, hogy mivel az adott területen nem lehet a talajvédelem szigorú elvárásainak megfelelni, ezért a területet a termelésből ki kell vonni, a gazdától fel kell vásárolni és más hasznosítás alá kell helyezni. Ez erős központi szabályozással rendelkező jóléti társadalmat feltételez.

A tolerálható talajveszteség értékeiről, az ezzel kapcsolatos teóriákról és szabályozásokról a 2.9. fejezetben lesz bővebben szó. A tolerálható talajveszteség értéke fontos alapja lesz a dolgozatban bemutatott, talajveszteséget becslő térképek készítésekor.

2.2. Az erózió kártétele az egyes kontinenseken

Az erózió által okozott károkról számos becslés készült. Ahhoz, hogy tisztában legyünk a hazai helyzettel, szükség van egy kis nemzetközi kitekintésre.

Az eróziónak köszönhető potenciális termelékenység romlását világszerte 20 millió tonna szemesterményre, a teljes termelés 1 %-ára becslik. 20 milliárd tonna feltalaj távozik a vízerózió segítségével az óceánokba, ami megfelel 5–7 millió hektár szántóterület elvesztésének. A 20 milliárd tonna 45 %–a D- és DK-Ázsiában, 7,5 %-a pedig az Amazon-medencében mosódik le (DOWDESWELL 1998).

Az UNEP által készített Emberi Hatásra Kialakult Talajpusztulás Állapotának Világtérképe (GLASOD) és a Nemzetközi Talaj Referencia és Információs Központ (ISRIC) szerint a világ összesen 13,4 milliárd hektár szárazföldi területéből 2 milliárd hektár pusztult le valamilyen mértékben (DOWDESWELL 1998).

Az USA fővárosában, Washington D. C.-ben székelő „Board on Science and Technology for International Development (BOSTID)” szerint az erózió évente 22 milliárd tonna talajt hord el (HANYONA 2001).

1911–es becslések szerint (MCGEE) a folyók 70 billiárd köbláb vizet szállítanak az óceánokba, ami oldatok és szuszpenzió alakjában legalább 783 millió tonna hordalékot jelent. A hordalék zöme a szántóföldekről származik és 7-10 százalékkal csökkenti a termésmennyiséget a dombvidéki területeken.

2.2.1. Afrika

Afrikában a legnagyobb a terméketlen területek aránya: 25 %. A kontinens 12 %-a gyengén, 4 %-a pedig erősen ki van téve a talajpusztulásnak. A lepusztult területek nagysága is Afrikában a legnagyobb. A talajpusztulás elsősorban a feltalaj elvesztésében mutatkozik meg (76 %-a a lepusztult területeknek).

Dél-Afrika területére 300-400 millió tonna talajvesztést jósolnak, ami átlagosan kb. 3 $t*ha^{-1}$. Zambia területén az elmúlt 40 évben az erdők 30-szor olyan gyorsan tűnnek el, mint ahogyan ültetik őket. A Szahara alatti afrikai területeken az elmúlt 30 évben 20-szorosára nőtt az erózió üteme. A kontinens egyes részein az erózió üteme akár 200-300 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ is lehet (HANYONA 2001).

Egy 1991-es tanulmány szerint a Kék Nílus Etióp-felföldről eredeztethető üledék koncentrációja ötszörösére nőtt az 1930-as szinthez képest. Egy évszázaddal ezelőtt Etiópia területének 40 %-át fedte erdő. Ez mára 3 %-ra csökkent. Ennek eredményeként az Etióp–felföld feltalaj veszteségét évi 1-3 milliárd tonnára becsülik, ami 1,5 millió tonna szemesterménynek felel meg. 1981-es adatok szerint DK Nigéria 78,612 km^2-es területének 70%-át érinti a lepel- és az árkos erózió.

LEWIS et. al. (1988) ruandai mérései alapján (USLE modell) az évszakos talajvesztés 1 és 143 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között változott. Az átlagos évi talajveszteség 10 $t*ha^{-1}$ volt.

2.2.2. Amerika

Észak- és Dél-Amerika területének 6%-a terméketlen, 6% gyengén, 1% erősen ki van téve a talajpusztulásnak. A talajpusztulás fő típusa a feltalaj pusztulása, amely 75%-a az összes talajpusztulásnak.

A World Development Report (IBRD 1992) felhívja a figyelmet a csökkenő hozamok és a talaj, mint erőforrás csökkenő minősége között fennálló kapcsolatra a trópusi országokban. A jelentés Costa Ricában, Malawiban, Maliban és Mexikóban készült jelentéseket idéz, amelyek szerint a GDP 0,5 és 1,5 % közötti értéke veszett el a mezőgazdasági termelésben a talajerózió miatt.

CLARK et. al. (1985) számításokat végeztek a farmon kívül történő eróziós károkról az USA-ban. Megállapítják, hogy csak a szedimentációnak köszönhetői áradások miatt 0,77 milliárd USA dollár (2001-es árfolyam szerint kb. 230 milliárd forint) veszteség keletkezik évente.

2.2.3. Ausztrália

Ausztrál–Ázsia területének 11 %-a terméketlen, 11% gyengén, elhanyagolható mennyiség pedig erősen ki van téve a talajpusztulásnak. A talajpusztulás 95%-a feltalaj lepusztulásának eredménye.

A sekély földcsuszamlások a legfőbb talajvédelmi probléma okozói és gyakoriak az új–zélandi legelőkön. BLYTH és MCCALLUM (1987) becslést végeztek a búzatermesztő

területeken okozott eróziós károk pénzbeli kifejezésére. Szerintük 1984-85-ben az elveszített bevétel 13 és 155 ausztrál dollár közötti volt.

Az OECD (1987) felhívja a figyelmet az eróziós veszteségekre Új-Zéland területén. Az eredeti növényzet kiirtása és a farmgazdálkodás bevezetése az erózió mértékének növekedéséhez, a folyók eliszapolódásához és az árvízvédelem költségeinek megnövekedéséhez vezetett.

SALMON (1975) szerint a legnagyobb ökológiai változásokat a vegyes erdők kiirtása és az erdős területek legelővé változtatása okozta. Az eredeti 68 %-os erdőborítás ma 14 %-ra csökkent.

SINDEN et. al. (1990) számítása szerint Ausztráliában Új Dél Wales területén a búzából származó összes bevétel 1,079 millió ausztrál dollár volt az 1984-85-ös évben. 1985-ben az eróziós károk elhárítása 780 millió ausztrál dollárba került. A szerzők szerint egész Ausztráliára becsült bevételcsökkenés 962 millió USA dollár.

2.2.4. Ázsia

Ázsia területének 11 %-a terméketlen, 15 % gyengén, 3 % erősen ki van téve a talajpusztulásnak. Itt is a feltalaj vesztesége okozza a legnagyobb problémát (71 %-a a lepusztult területeknek).

A volt Szovjetunió területén az eróziótól károsított területek nagysága mintegy 22 millió hektár (KOZMENKO 1954).

Kínában a vízerózió nagy kiterjedésű területeket sújt. Az erózió fő oka, hogy sok az erdő nélküli lejtő. Kínában a becslések szerint az erózió 1,5 millió km^2-t, a terület 1/6-od részét sújtja. A Jangce vízgyűjtőjéből évente 25 millió tonna földmennyiség távozik (KOZLIK 1961).

Indiában a nagyarányú fakitermelés, a bányászat, az emberek és tenyészállataik nyomása, a meredek lejtőkön való mezőgazdasági termelés, a nem megfelelő mezőgazdasági gyakorlat, az örökösen növekvő kommunikációs hálózat, az elégtelen politikai támogatás és a döntéshozók részvételének hiánya miatt fellépő erózió felelős 123 millió hektár (az egész földrajzi terület 37,5 %-a) talaj lepusztulásáért (SAMRA és SIKKA 1988).

BAO ZHONGMO és ZHANG PO (1984) szerint a Kínai Lösz Platón 430 000 km^2-t érint az erózió. FU (1989) 20-200 $t*ha^{-1}$ között becsüli az eróziót a Kínai Lösz Platón. Az éves talajveszteség szerinte 2,4-2,5 milliárd tonna.

Egy, az 1990-es évek elején megjelent ENSZ tanulmány szerint Dél-Ázsiában (India, Pakisztán, Banglades, Irán, Afganisztán, Nepál, Sri Lanka és Bhután) a talajveszteség miatti terméskiesés mintegy évi 10 milliárd dollárra tehető, ami a régió nemzeti össztermékének 2%-a (KHOR 1996).

A Shivalik hegyek a Himalája alatt helyezkednek el 1,9 millió hektár területen. Itt a túllegeltetés és fakivágás nagyfokú eróziót eredményezett. Becslések szerint a hegyes vidékekről 100-150 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ hordalék érkezik a vízbefogadókba. Az 1950-es években épített Sukhna-tó 60%-a iszapolódott el 1976-ra. A szerzők szerint 74 millió hektár

vízerózió sújtotta terület van Indiában (SOCIETY FOR THE PROMOTION OF WASTELANDS DEVELOPMENT 1990).

2.2.5. Európa

Európa területének elhanyagolható mennyisége terméketlen, 22 %-a gyengén, 1 %-a pedig erősen kitett a talajpusztulásnak. A talajpusztulás fő okai a vízerózió okozta feltalaj pusztulása (a talajpusztulás által érintett terület 61 %-a) és a talajtömörödés (15 %).

A közép-szlovákiai kerületben a 12-17 %-os lejtésű szántóknak 77,5 %-án, Kelet-Szlovákiában 75,8 %-án pusztítja az erózió a termőtalajt (CABLIK 1963).

A volt Jugoszlávia területén az erózió és defláció az összterületből 36 %-ot, mintegy 80 ezer km^2-t károsít, az évi talajveszteséget pedig 73 millió m^3-re becslik (DJOROVIC 1992).

Közép- és Nyugat-Európában mintegy 25 millió hektár veszélyeztetett az erózió által (DE PLOEY et al. 1991)

Az orosz sztyeppén először 1700 körül figyeltek meg eróziós talajpusztulást. A szántók 60 %-át érinti az erózió. Kiemelt fontosságot élvez, hogy a csernozjom talajok 25 %-a erodált (18 % gyengén, 5 % közepesen, 2 % erősen) (KARAVAYEVA et al. 1991).

2.3. Az Egyetemes Talajvesztési Egyenlet (USLE)

2.3.1. Az USLE megalkotásának előzményei

Habár a talajpusztulással kapcsolatos problémákat korán felfedezték, a konkrét, eróziót befolyásoló tényezők mérése 1914-ben kezdődött (BROWNING). Az eróziót becslő technikák története számos publikációban megjelent (MITCHELL és BUBENEZER 1980, KNISEL et al. 1980, LANE et al. 1992, RENARD et al. 1994/a, 1994/b).

A parcellás eróziós kísérletek 1915-ben kezdődtek a Missouri Egyetemen (NICKS 1996). Ezek a kezdeti próbálkozások képezték az alapját a későbbi parellás kísérletek összeállításának. A Mezőgazdasági Mérnökök Amerikai Szövetsége (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS) 1963-ban elkészített egy bibliográfiát. Ez 732 cikket sorol fel, amelyek 1900-tól 1962-ig eróziókutatással kapcsolatosan jelentek meg (elsősorban az USA-ban). A bibliográfia szerint eróziós kutatóállomásról 1923-ban jelent meg először cikk DULEY és MILLER tollából. Az eredmények alakulását növekvő tudományos érdeklődés kísérte.

A későbbiekben felállított parcellákkal az Egyesült Államok Mezőgazdasági Osztályán (United States Department of Agriculture, későbbiekben USDA) 1928-ra 10

kutatóállomásból álló hálózatot alakítottak ki (BATES és HENRY 1928). 1930-tól 1960-ig az Osztály kutatási programjainak hatására több helyen állítottak be eróziós parcellákat és vízgyűjtő szintű kísérleteket.

Ezekről az állomásokról, az állomások saját kiadványaiban folyamatosan jelentek meg az eredményekről szóló cikkek (BATES és ZEASMAN 1936, DISEKER és YODER 1936, REED és FALCONER 1937, NEAL 1938, DICKSON et al. 1940, KRUSEKOPF 1943, WHITFIELD et al. 1949) és az USDA „Bulletin"-ekben (DANIEL et al. 1943, COPLEY et al. 1944, HILL et al. 1944, HORNER et al. 1944, BORST et al. 1945).

2.3.2. Az USLE egyenlet

A parcellás eróziós kísérleteket több államban is alkalmazták, összesen 46 állomás épült ki. Az állomásokon mért adatok adták az alapot az Egyetemes Talajvesztési Egyenlet (**U**niversal **S**oil **L**oss **E**quation, továbbiakban USLE) kifejlesztéséhez. Az egyenlet megalkotásáról szóló első tanulmány 1958-ban jelent meg (WISCHMEIER et al. 1958). Az elkövetkező években számos, az egyenlettel, annak továbbfejlesztésével és egyéb, erózió elleni védekezéssel kapcsolatos publikáció látott napvilágot (WISCHMEIER 1959, U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE 1969, USDA SOIL CONSERVATION SERVICE 1974, WISCHMEIER 1974 és 1975, USDA SOIL CONSERVATION SERVICE 1977).

A mai formájában ismert egyenlet WISCHMEIER és SMITH (1978) nevéhez fűződik:

$$A = R * K * L * S * C * P, \text{ ahol:}$$

A= az egységnyi területre számított évi átlagos talajveszteség ($t*ha^{-1}*év^{-1}$);

R= esőtényező, a helyileg várható záporok erózió-potenciálja, megművelt, de bevetetlen talajon ($MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}*év^{-1}$);

K= a talaj erodálhatóságát kifejező tényező ($t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$);

L= a lejtőhosszúság tényezője, a talajveszteség aránya a 22,13 m hosszúságú lejtőhöz viszonyítva (viszonyszám);

S= a lejtőhatás tényezője, a talajveszteség aránya 9%-os lejtőhöz viszonyítva, azonos talaj és egyéb körülmények között (viszonyszám);

C= a növénytermesztés és gazdálkodás tényezője, a talajveszteség aránya különböző talajfedettség és gazdálkodásmód esetén a fekete ugaréhoz viszonyítva (viszonyszám);

P= a talajvédelmi eljárások tényezője, a talajveszteség aránya vízszintes, sávos vagy teraszos művelés esetén a lejtőirányú műveléshez viszonyítva (viszonyszám).

Az egyenlet egy tapasztalati úton levezetett talajveszteség-becslő módszer, ún. szürke doboz. Létrejöttét a National Runoff and Soil Data Centre (USA) és a Purdue Egyetem (USA) együttműködésének köszönheti.

2.3.3. Az USLE széles körben való használata

Az USLE a leggyakrabban, a legszélesebb körben és a legtöbb országban használt talajveszteséget becslő egyenlet. Erre mutatok be néhány példát az M2. mellékletben található **2. táblázat**ban. Látható, hogy - bár az USLE mezőgazdasági területeken való táblaszintű tervezésre készült - az egyenletet nem csak szigorúan mezőgazdasági alkalmazásokra használták, hanem meddőhányók, útépítések, szeméttelepek, erdők és legelők esetében, sőt vízgyűjtő-szintű tervezéshez is.

FOSTER (1982) a következő erősségeit sorolja fel a modellnek:

1. egyszerűség,
2. nagy adatbázis,
3. készen elérhető paraméter értékek,
4. kormányhivatalok által széleskörűen használt,
5. alkalmazható a nem-egységes területekre, ahol nincs hordaléklerakás.

Ugyanakkor a korlátokról is beszámol:

1. alkalmatlan a szedimentáció, hordalékhozam, vonalas és árkos erózió becslésére,
2. pontatlanság a talajvesztés egyszeri csapadékesemény alapján való számítása esetén.

1998-ban elkészült az egyetemes talajvesztési egyenlet hazai szabványtervezete (MSZ 20133:1998). Jelenleg ez a magyar eróziós szabvány. Ugyanakkor a szerzők beszámolnak a modell használatával és validálásával kapcsolatos problémákról is (MORGAN és MORGAN 1981, RISSE et al. 1993). TRIESTE és GIFFORD (1980) támadják az USLE-t. Számos parcellás mérést végeznek legelőn. Statisztikai vizsgálatokat végeznek és az USLE-t alkalmatlannak találják a legelőterületeken fellépő erózió becslésére. Doktori dolgozatában LOMBARDI (1979) egyéni csapadékesemények, a lejtőhajlás és lejtőhossz hatását vizsgálja a lefolyás erozivitására az USLE tükrében.

2.3.4. A modellek továbbfejlesztése

Az USLE továbbfejlesztése nem sokat váratott magára. A módosított verzió Modified USLE (MUSLE), ennek revizionált változata pedig Revised USLE (RUSLE) néven vált közismertté. A fejlesztések elsősorban a Purdue Egyetem és az USA Mezőgazdasági Kutató Központ nevéhez fűződnek. Szintén ők fejlesztették ki a WEPP modellt. Bemutatok néhány modellt annak érzékeltetésére, hogy milyen irányban folytak a kutatások és milyen területre terjednek ki. A modellek egy részét (EPIC, EUROSEM, MEDRUSH, WEPP) itthon is használják a kutatók, illetve kalibrálás alatt vannak a modellek. A modellek nagy része valamilyen módon az USLE-n alapszik, így

az alapadatok gyűjtése és a részletek (pl. mértékegység) tisztázása a többi modell esetében is fontos.

AGNPS (**AG**ricultural **N**onpoint **S**ource **P**ollution Model): az USA Mezőgazdasági Kutató Központ által nem pontszerű szennyező-források értékelésére, mezőgazdasági vízgyűjtőkre kifejlesztett számítógépes modell. A kimenő adatok a felszíni vizek foszfor-, valamint oldékony nitrogén tartalmára és az infiltrációra vonatkozóan szolgáltatnak adatokat. A hordalékhozamot és a lefolyást számolja a modell, majd meghatározza a hordalék által szállított foszfor és nitrogén mennyiségét (HTTP 1, HTTP 2, YOUNG et al. 1987).

ANSWERS (**A**real **N**onpoint **S**ource **W**atershed **E**nvironment **R**esponse **S**imulation): US – Environmental Protection Agency egyedi eseményekre kidolgozott grid modellje, amely legfeljebb 4050 ha-os vízgyűjtőkön alkalmazható. A modell adatokat szolgáltat a hordalékhozamról, a hordalék és a víz tápanyag tartalmáról és a lefolyási értékekről (BEASLEY et al. 1977, BEASLEY és HUGGINS 1982).

CMLS (**C**hemical **M**ovement through **L**ayered **S**oils): a modell a gazdálkodás megsegítésére íródott szerves vegyszerek alkalmazása esetén. Becsli a nem poláros szerves vegyszerek vonulási frontjának középpontját a víz lefelé történő mozgásának tükrében, valamint a talajban maradó vegyszer mennyiségét. Kifejlesztésére elődje miatt volt szükség, amely **CMIS** néven ismert és csak homogén talajban képes becsülni a vegyszer mozgását (NOFZIGER és HORNSBY 1985, 1986, 1987).

CREAMS (**C**hemicals, **R**unoff, and **E**rosion from **A**gricultural **M**anagement **S**ystems): a modell három részből áll: hidrológia, erózió/hordalékhozam és kemikáliák. Becsli a lefolyás, hordalékhozam, peszticidek és tápanyagok hatását a nem pontszerű vízszennyezésre. Felhasználható a különböző gazdálkodási rendszerek besorolására. (KNISEL 1980)

DRAINMOD: a program a talajvízszint szabályozó rendszerek teljesítését szimulálja. Speciálisan a magas talajvízzel bíró talajokra dolgozták ki. Mennyiségi elemzést végez a vízgazdálkodási összetevők, mint a felszín alatti vízvezetés, öntözés, evapotranszpiráció, felszíni lefolyás esetében. A modell kiszámítja a talajvízszint mélységét, a vízbefogadás ütemét, a felszíni lefolyást, evapotranszpirációt, a szükséges öntözővíz és a termés mennyiségét. Alternatív művelő rendszerek értékelhetők a többlet víz által szállított tápanyagok, peszticidek, sók és nehézfémek szempontjából. (DRAINMOD USER'S MANUAL 1989).

EGEM (**E**phemeral **G**ully **E**rosion **M**odel): a rövidtávon jelentkező árkos erózió mértékének kiszámítására alkalmas a modell szántóföldi művelés esetén átlagos évi csapadék vagy egyedi csapadékok alkalmával. A modell 0,1-45 ha-os vízgyűjtő területeken képződött árkok esetében működik. A kimeneti adatok kombinálhatók a hordalék-szállítás ütemével, hogy a vízfolyásokba szállított hordalék mennyiségét is ki lehessen számítani (NACHTERGAELE et al. 2001).

EPIC (**E**rosion/**P**roductivity **I**mpact **C**alculator): a termelékenységet vizsgálja az erózió tükrében. WILLIAMS et al. közlik a modell használati útmutatóját (1982 és 1990)

és beszámolnak alkalmazásáról (1983). Hazai használatának tapasztalatairól HUSZÁR (1999) ír.

EUROSEM (**EURO**pean **S**oil **E**rosion **M**odel): európai talajvédelmi szakemberek által európai viszonyokra kidolgozott talajveszteség becslési modell (FOLLY et al. 2000, MORGAN et al. 1997, 1998, 1999).

GLEAMS (**G**round water **L**oading **E**ffects of **A**gricultural **M**anagement **S**ystems): táblaszintű modell, a CREAMS kiegészítésére hozták létre. Becsli a peszticid kimosódás potenciális mértékét a gyökérzóna alól és a felszíni lefolyással, valamint a szedimentációt (KNISEL et al. 1993).

HSPF (**H**ydrology **S**imulation **P**rocedure – **F**ORTRAN): vízgyűjtő szimulációs modell. Részletes vízgazdálkodási információt szolgáltat a vízhozamról és a hordalékról (HTTP 1.).

HUWQ (**H**ydrologic **U**nit **W**ater **Q**uality): felületet szolgáltat az AGNPS, SWRRBWQ, EPIC és a GLEAMS modellek Földrajzi Információs Rendszerben történő használatához (HTTP 1).

IMPEL (**I**ntegrated **M**odel to **P**redict **E**uropean **L**and use): az Európa Tanács által támogatott kutatás célja az volt, hogy tudományos ismereteket szerezzenek az európai klimatikus és környezeti politika megalkotásához. Az IMPEL létező modelleket integrál egy európai szintű, mezőgazdasági tájhasználat változást előrejelző modell alkalmazására és fejlesztésére (HTTP 4.). A modell részét képezi vízgazdálkodási, növénytermesztési, gazdasági szintű döntéshozó és egy eróziós modell.

LEACHM (**LEA**ching Estimation and **CHeM**istry): az USD-ARS által kifejlesztett számítógépes program a vízgyűjtők nem pontszerű szennyezéseinek előrejelzésére. Oldékony nitrogén, foszfor és szedimentáció becslésére is alkalmas a modell (CLOSE et al. 1999).

LISEM (**LI**mburg **S**oil **E**rosion **M**odel): egyike az első, fizikai alapokon nyugvó modelleknek, amely teljesen képes a Földrajzi Információs Rendszer raszteres állományainak kezelésére (TAKKEN et al. 1999).

MUSLE (**M**odified **U**niversal **S**oil **L**oss **E**quation): alkalmas a hordalék hozam kiszámítására egyszeri csapadék esemény esetében is. A lefolyás-erozivitás faktor helyettesíti az USLE eső-lefolyás faktorát (WILLIAMS 1975, ONSTAD és FOSTER 1975).

NTRM (**N**itrogen, **T**illage, **R**esidue **M**anagement **M**odel): az USA Mezőgazdasági Kutató Központ által kifejlesztett modell az alternatív mezőgazdasági gyakorlat talajerózióra, termékenységre, nitrogéntrágyázásra és öntözésre hatásának becslésére (HTTP. 3)

PERFECT (Productivity, Erosion and Runoff Functions to Evaluate Conservation Techniques): célja a lefolyás, talajveszteség, talajvíz, beszivárgás, termésnövekedés és hozam becslése mezőgazdasági rendszerekben (LITTLEBOY et al. 1989a, 1989b).

RUSLE (**R**evised **U**niversal **S**oil **L**oss **E**quation): bár a RUSLE modellben ugyanazon jelzéssel ellátott hat tényező van, mint amit az USLE érvényesített, a tényezők kiszámítása eltérő. Felismerve az USLE széleskörű felhasználásának

jelentőségét, a RUSLE modellt úgy módosították, hogy még szélesebb, mind mezőgazdasági, mind nem-mezőgazdasági körben is lehessen alkalmazni (BUSACCA et al. 1983, LANE et. al. 1992, RENARD et. al. 1994a és 1994b, TOY és OSTERKAMP 1995, WELTZ et al. 1987, HTTP 3.).

Az USA Talaj és Vízvédelmi Társasága a talajveszteség becslési eljárásokat a következő területeken írta le:

1. részlegesen fagyott talajokon lefolyó víz okozta erózió,
2. lapos, rövid és szabálytalan lejtők, vagy kőzetdarabokkal borítottak,
3. barázdás erózió által különböző mértékben érintett talajok eróziója vagy átmeneti zavarás után a régi állapotba visszaalakuló talajok,
4. építkezési-, erdő-, öntözött vagy legelőterületek.

SPISP (**S**oil - **P**esticide **I**nteraction **S**creening **P**rocedure): a modell módszert ajánl a legtöbb peszticid lemosódásának becslésére a legtöbb rendelkezésre álló amerikai (USA) adtabázis felhasználásával. A modell becsli a gyökérzónából és a területhatároknál történő lemosódást, de nem nyújt információt a peszticidek talajban való kiterjedéséről vagy felszíni vizekben való eloszlásáról (HTTP 3.).

SPUR (**S**imulation of **P**roduction and **U**tilization of **R**angelands): az ARS által a legelők ökoszisztémájára kifejlesztett modell, amely táblaszinten és vízgyűjtő szinten működik. A növények növekedése és a vízgazdálkodás típusának megfelelően határozza meg a lefolyást és a szedimentációt (HTTP 3.).

SWRRB (**S**imulator for **W**ater **R**esources in **R**ural **B**asins): számítógépes modell, amely a víz, a szedimentáció, a tápanyagok és a peszticidek hozamával foglalkozik részvízgyűjtők esetén vagy vízgyűjtő kimeneteknél. Követi a foszfor és a peszticidek sorsát a felszíntől a vízkészletig (HTTP 3.).

WEPP (**W**ater **E**rosion **P**rediction **P**roject): a modell akkor is használható, amikor kevés adatunk van egy adott helyen, vagy egyáltalán nincsenek adataink. Segítségével becsülhetjük a napi talajveszteség adatokat, amelyből sűrűség eloszlást is számolhatunk (FLANAGAN és NEARING 1995, CHAVES és NEARING 1991, LAFLEN et al. 1991/a, 1991/b).

A hivatkozásokból látható, hogy a modellek fejlesztése folyamatos volt, hiszen már az USLE 1978-as, 537-es számú használati útmutatója előtt, 1977-ben beszámolnak az ANSWERS modell használatáról, a MUSLE modellről való beszámoló pedig 1975-ös. A modellek fejlesztése soha nem áll meg. Egyre könnyebben kezelhető verzióban kerülnek a felhasználókhoz, azaz ma már legtöbbjük személyi számítógépen, Windows operációs rendszerrel is használható. A modellezés egyik központi tényezője a talaj. A következőkben a talajra vonatkozó talajerodálhatósági tényező kutatásának helyzetéről számolok be.

2.4. A K tényező kutatásának helyzete

Az USLE megjelenésével számos ország végzett mesterséges és természetes esőztetési vizsgálatokat az egyenlet helyi viszonyok között való validáláshoz, mint az M2. mellékletben **2. táblázat**ában látható. Ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a K tényező nagyságáról más országokban, más éghajlati viszonyok és művelés alatt, ismernünk kell a K tényező kutatás nemzetközi helyzetét. Az alábbi, kontinensekre lebontott K tényező kutatások bemutatása során kiemelem azokat az eredményeket, ahol SI mértékegységekben van a végeredmény. Ahol külön nincs feltüntetve mértékegység, az azért van, mert az eredeti hivatkozásban sincs. Ezen értékek valószínűsíthetően angol mértékegységben értendők. A későbbiekben felhívom a figyelmet a K tényező mértékegységének fontosságára.

2.4.1. Afrika

Kenya Machako körzetében BARBER et al. (1981) terepi esőztető berendezéssel mért K tényezőt. Az értékek a 0,05 (humic nitosol) és 0,52 (ferral-chromic luvisol) között változtak.

ROOSE (1974, 1977a, 1977b) francia Nyugat-Afrika területén végzett K tényező méréseket. Az eredmények 0,02 és 0,32 között voltak (**3. táblázat**, M2. melléklet).

THOMAS és BARBER (1983) adatai szerint a nomogram alapján becsült és az esőztetés alapján számolt erodálhatósági értékek között lényeges különbség van. Afrika trópusi talajain történő mérések szerint a mért és becsült értékek közötti különbségek miatt módosításokra van szükség a nomogram elfogadásához.

VANELSLANDE et al. (1985) mérései szerint a nigériai talajok erodálhatósága 0 és 0,535 között változik. Szintén végeztek összehasonlításokat a nomogram alapján becsült és az esőztetés alapján számolt értékek alapján (**4. táblázat**, M2. melléklet). A táblázatban látható, hogy a terepi mérések alapján számolt értékek nagyobbak, mint a nomogram alapján számoltak.

VANELSLANDE et al. (1984) három olyan nigériai talajt vizsgált, amelyek fizikai és kémiai sajátságai eltérőek. Összehasonlította az esőztetés és a nomogram (WISCHMEIER et al., 1971) segítségével nyert adatokat (**5. táblázat**, M2. melléklet). Fontos, hogy SI mértékegységben közli az eredményeket. A mért értékek mindegyike 0,1 alatti. A mért és a becsült értékek között jelentős a különbség.

MTAKWA et al. (1987) nigériai alfisolok K tényezőjét hasonlították össze, szintén a mért értékek és a nomogram alapján. Vizsgálataik kimutatták, hogy a nomogram alulbecsli az erodálhatóságot.

Ezzel szemben WILKINSON (1975) nigériai megfigyelései szerint a nomogram túlbecsli a K tényezőt.

LAL (1984) megfigyelte, hogy Nyugat Nigéria egyes talajainak alacsony K tényezője az idő múlásával változott, valószínűleg a talajtulajdonságok változásának megfelelően. Egy erdőirtás után megfigyelt esetet grafikonon ábrázolt (**1. ábra**).

Az ábra a melléklet könyvtárban p_18.doc néven

1. ábra. A K tényező változása erdőirtás után (az egyes görbék különböző talajtípusokon végzett eseteket ábrázolnak) (LAL 1984)

Tanzániában NGATUNGA et al. (1984) Mlingano területén három talaj mért, és a nomogrammal becsült erodálhatóságát hasonlították össze. A talajok típusa „rhodic ferralsol" volt (FAO 1979). A 10, 19 és 22 %-os lejtőn történő mérések 0,16, 0,153 és 0,121, a nomogram alapján történő becslések pedig 0,09, 0,085 és 0,11 értékeket eredményeztek. Ebben az esetben a nomogram alábecsli a K tényezőt.

Ezzel ellentétben a szubtrópusi és a mérsékelt zónában történő vizsgálatok szerint a mért és a becsült K tényezők szoros hasonlóságot mutatnak. PLATFORD (1982) mérései szerint a kevésbé szerkezetes, nagy agyagtartalmú talajok mért K tényezői hasonlítanak, míg a szerkezetes talajoké különböznek a nomogram alapján számolt K tényezőktől. MCPHEE et al. (1983) szintén esőszimulátort használtak az erodálhatóság vizsgálatára ananászültetvényekben. A terepi mérések általában hasonlítottak a nomogramos becslésekhez.

2.4.2. Amerika

Brazíliában jelentős erőfeszítéseket tettek a talajok erodálhatóságának meghatározására. São Paolo régió hét talajsorozatának (köztük aridisol, ultisol, mollisol és entisol rendeknek) az erodálhatóságát vizsgálta MOTA és LIMA (1976).

Rio Grande régió déli részén oxisolok vizsgálatakor DEDECEK és CABEDA (1977) arra a következtetésre jutottak, hogy az oxisolok erodálhatósága általában alacsony (DEDECEK 1974). Erről LAL (1990) úgy vélekedik, hogy következtetéseik csak abban az esetben helytállóak, ha a csapadék erozivitása és a talaj erodibilitása egymástól független változók.

FREIRE és PESSOTTI (1978) Piracicaba talajainak K tényezőjét becsülték WISCHMEIER et al. (1969) nomogramjai alapján. A K faktor 0,06 és 0,57 között változott (angolszász mértékegységben mérve - a szerzők ritkán írják ki a mértékegységet, de itt sincs pontosan megjelölve, azon kívül, hogy angolszász).

Egy másik tanulmányban FREIRE és VASQUEZ (1982) a K tényezőket 0,02 és 0,03 körül becsli. RESCK et al. (1978) esőszimulátort használt a K tényező mérésre a Mato Grosso területén. Ők metrikus mértékegységekben dolgoznak, a K tényezőre 0,03 és 0,15 közötti értékeket kapnak.

Brazília Parana államában az oxisolok K tényezőjének természetes és mesterséges esőn való vizsgálata hasonló, 0,09-0,37 közötti eredményeket adott MONDARDO et al. (1978). Paranaban BISCAIA et al. (1981) jelentése szerint két latosol K tényezője 0,238 és 0,268 lett. Brazília Paraiba államában a talajerodálhatóság a következőképpen alakult: „vertic noncalcic" barna és „noncalcic" barna talaj 0,29, „red-yellow podzolic" talaj 0,26 és lithosol 0,18. Mértékegységet nem közölnek.

LAGO (1981) három módszerrel számolt K tényezőt Brazíliában. Míg Swanson esőztető berendezésével kapott értéke 0,022 volt, addig a nomogram alapján számolt K értéke 0,156, a természetes esőn és standard USLE parcellán kapott eredmény 0,0154 lett. A három eredmény láthatóan különbözik egymástól, bár a nomogram alapján számolt érték közel tízszerese a másik kettőnek.

PUENTES (1983) Uruguay Talajtérképén feltüntetett 99 egység főbb talajaira becsül K tényezőt.

Kolumbiában MACHADO (1978) K tényező becslései a talaj textúráján alapulnak.

Trinidadban LINDSAY és GUMBS (1982) kutatásai szerint WISCHMEIER et al. (1969) nomogramjai megfelelően becslik négy talaj rend erodálhatóságát.

YOUNG és MUTCHLER (1977) a minnesotai (USA) talajok erodálhatóságáról írnak. WISCHMEIER et al. (1971) a mezőgazdasági és építési területek erodálhatóságáról jelentetnek meg nomogramot. STEIN et al. (1983) indianai (USA) helyreállított bányaterületek erodálhatóságáról közöl adatokat. LANG et al. (1984) a barázdaközi eróziós vizsgálatait a rekultivált bányaterületek erodálhatóságának jellemzésére használta. Szintén bányaterületek talajainak erodálhatóságát kutatja RUBIO-MONTAYA és BROWN (1984), MITCHELL et al.(1983).

STONE és HILBORN (2000) a K faktor értékeit az egyes fizikai féleségekre vonatkozóan határozták meg. Ez alapján az értékek 0,01 (homok) és 0,46 (nagyon finom homok) között változtak.

KINELL és RISSE (1998) az USLE egységparcellának megfelelő hosszúságú parcellákon mérték a talajok erodálhatóságát (**6. táblázat**, M2. melléklet). A közölt értékek SI mértékegységben vannak feltüntetve ($t*h*MJ^{-1}*mm^{-1}$, ami megfelel a $t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha$-nak). A K tényezők 0,0162-0,0677 között változnak a parcellás mérések esetében és 0,0536-0,0933 között a nomogram alapján történő számítások esetében. A nomogram által számolt értékek kb. 2,5-szer nagyobbak a parcellás mérések eredményeinél.

DICKINSON et al. (1989) a kanadai talajok erodálhatóságát vizsgálták. Az eredményeket fizikai féleségekre vonatkozóan ismertetik, 0,04 és 0,52 közötti értéket közölnek (**7. táblázat**, M2. melléklet).

Hawaii trópusi talajainak erodibilitását határozták meg esőszimulátoros mérésekkel EL-SWAIFY (1977), EL-SWAIFY és DANGLER (1977), DANGLER et al. (1976), DANGLER és EL-SWAIFY (1976). A **8. táblázat**ban (M2. melléklet) látható 10 talaj K tényezője 0 és 0,6 [m*t * ha^{-1}*$R-^{1}$] között változik. A szerzők a mértékegységből csak az R-t magyarázzák (R = csapadék erozivitása). Az eredmények szerint a kevesebb csapadékkal ellátott vidéken kifejlődött talajok erodibilitása kisebb, mint a több csapadék mellett kifejlődötteké.

MILLER és DONAHUE (1990) amerikai méréseinél 0,03 és 0,69 között változik a K tényező nagysága (**9. táblázat,** M2. melléklet).

Uruguayi talajokon VICTORIA et al. (1998) végeztek esőztetési vizsgálatokat, amelyek 0,004 és 0,21 közötti K tényezőket eredményeztek. Ugyanezekre a talajokra a nomogram alapján számolt K tényezők átlagosan hatszorosan haladják meg az esőztetés során kapott értékeket (**10. táblázat**, M2. melléklet). A mérések fontos eredménye, hogy a „*”-gal jelölt, száraz állapotban esőztetett talaj K tényezője 2,5-szer kisebb, mint a legkisebb, nem száraz állapotú talajon mért érték, és a K tényezők átlaga 40-szer nagyobb, mint a száraz állapotban mért talaj K tényezője.

2.4.3. Ausztrália

LOCH (1984) és LOCH et al (1998) adatokat közölnek ausztrál K tényezőkről és a mérésükre vonatkozó módszer kidolgozására (**11/a, b, c. táblázat**, M2. melléklet). LOCH vállalkozott a K tényező mértékegysége körüli nézeteltérések tisztázására is (1998). 1992-ben LOCH és ROSEWELL (1992) írnak az USLE talajerodálhatósági tényezőjének laboratóriumi méréséről. Ebben elemzik a különböző laboratóriumi módszerekkel számított K tényező eredményeket. LOCH 1989-ben a felszíni kéreg kialakulásával kapcsolatban végzett méréseket az aggregátum stabilitás tükrében. Felhívja a figyelmet arra, hogy a korábbi kutatások során tapasztalt rossz korreláció az aggregátum stabilitás és a kéreg kialakulása között a durva szemcsefrakció magas arányának köszönhető. A CREAMS modell tapasztalatairól számolnak be SILBURN és LOCH (1989). A CREAMS modell elemzése során mestreséges esőztetési vizsgálatokat folytattak a talajerodálhatóság megállapítására LOCH et al. (1989). Mesterséges esőztetés tapasztalatairól és talajerodálhatóság számításáról számol be LOCH és DONNOLLAN (1982).

2.4.4. Ázsia

Dél- és Délkelet-Ázsiában szintén széleskörű vizsgálatok készültek a talajok erodálhatóságának vizsgálatára.

Malajziában MAENE et al. (1977) végeztek összehasonlítást a mérések és a nomogram alapján számolt értékek között. Tapasztalataik szerint a két érték közeli hasonlóságot mutat.

Kelet-Jáván UTOMO és MAHMUD (1984) humuszban gazdag andosolokon végeztek összehasonlítást (**12. táblázat**, M2. melléklet). Megfigyelték, hogy a nomogram által becsült értékek mindig alacsonyabbak, mint a terepi mérések, tehát a magas, 5-10 % szervesanyag tartalmú andosolok K tényezőjének becslésére módosítás nélkül nem alkalmazható a nomogram.

Az Indonéz szigetvilág szigetein is történtek K tényező mérések. SUDJADI (1984) és SUKMANA (1987) szumátrai és azon kívül elhelyezkedő szigeteken mértek (**13. és 14. táblázat**, M2. melléklet).

A nomogram segítségével SRIKHAJON et al. (1984) Tájföld különböző ökológiai régióinak talajaira számítottak K tényezőket, amelyek 0,04és 0,57 között változtak.

Jáva nyugati felén AMBAR és WIERSUM (1980) hét talaj vizsgálata során megállapították, hogy a K tényező az egyik legmegbízhatóbban becsülhető. Szintén Jáván folytattak vizsgálatokat KURNIA és SUWARDJO (1985). Oxisolokat, utisolokat, alfisolokat és inceptisolokat vizsgáltak. A talajok K tényezője 0,03 és 0,22 között változott.

Elsősorban vályog fizikai féleségű talajon indiai mérések (KUNWAR és KACHWAHA HTTP 5) azt mutatták, hogy a K tényező 0,19 és 0,25 között változik (**15. táblázat**, M2. melléklet).

2.4.5. Európa

Európai mérések esetében is tapasztaltak különbséget a terepi mérések és a nomogram alapján számolt K tényezők között. BOLLINE (1985) 17 % különbséget tapasztalt a két érték között (nomogram: 0,62; terep: 0,53).

AUERSWALD et al. (1996) Németországban vizsgálták a magas Na+ és szóda tartalom hatását a talajok erodálhatóságára vonatkozóan. Azt tapasztalták, hogy az USLE K tényezőjét 0,021 $t*h*N^{-1}*ha^{-1}$-val növeli a kicserélhető nátrium + szóda mennyiségének egy százalékos növekedése, amiből a szódának kisebb a jelentősége.

Spanyolországban LOZANO et al. (1998) 0,02 és 0,46 közötti K tényezőket mértek. Cikkükben közlik a vizsgált talajok részletes, K tényező számításához szükséges adatait.

SÁNCHEZ et al. (1998) a Kanári-szigeteken mértek entisol, inceptisol, alfisol, utisol, vertisol és ridisol talajokon. A K tényezők 0,15 és 0,62 között változtak.

2.4.6. Magyarország

Az USLE egyenletet hazánkban a talajvédelmi tervezés 1962 ősze óta alkalmazza (ERŐDI et al. 1965). Az USLE megjelenése után megjelent a hazai alkalmazásról egy OMMI kézirat (dátum nélkül), amelyben három csoportba sorolják hazai talajainkat:

1. jó ellenálló képességű talajok (K= 0,3), ide tartoznak az agyag, agyagos vályog talajok (Arany-féle kötöttség > 50);
2. közepes ellenálló képességű talajok (K= 0,5), ide tartoznak általában a vályogtalajok (Arany-féle kötöttség 35-50 között);

3. rossz ellenálló képességű talajok (K= 0,7), ide tartoznak a homok és homokos vályog talajok (Arany-féle kötöttség 35 alatt).

A **16. táblázat** tartalmazza azokat az amerikai talajtípusokat (és K tényezőiket), amelyeken a minimum szükséges 20 éves vizsgálatokat elvégezték a K tényező mérése érdekében.

16. táblázat. Az USLE megalkotásához felhasznált adatok (STEFANOVITS 1966)

Fizikai féleség	Helyszín	K	Fizikai féleség	Helyszín	K
Dunkirk silt L.*	Geneva, N. Y.	0,69	Honeoye silt L.*	Marcellus, N. Y.	0,28
Keene silt L.	Zanesville, Ohio	0,48	Cecil S-y L.*	Clemson, S. C.	0,28
Shelby L.	Betheny, Mo	0,41	Ontario L.*	Geneva, N. Y.	0,27
Lodi L.	Blacksburg, Va	0,39	Cecil clay L.	Watkinsville, Ga	0,26
Fayette silt L.*	LaCrosse, Wis	0,38	Boswell fine S-y L.	Tyler, Tex.	0,25
Cecil S-y clay L.	Watkinsville, Ga	0,36	Cecil sandy L.	Watkinsville, Ga	0,23
Marshall silt L.	Clarinda, Iowa	0,33	Zaneis fine S-y L.	Guthrie, Okla	0,22
Ida silt L.	Castana, Iowa	0,33	Tifton L.y S	Tifton, Ga	0,10
Mansic clay L.	Mays, Kans	0,32	Freehold L-y S	Marlboro, N. J.	0,08
Hagerstown silty clay L.*	State College, Pa	0,31	Bath flaggy silt L.*	Arnot, N. Y.**	0,05
Austin clay	Temple, Tex	0,29	Albia gravelly L.	Beemervilla, N.J.	0,03
Mexico silt L.	Mc Credie, Mo	0,28	*** a felszín köves, 5 cm vastag réteget eltávolítottak*		

** Fekete ugar állapotban történő mérések. L = vályog, S = homok*

Hazai talajtani és meliorációs szakembereink mind behatóbban foglalkoznak talajaink K értékének meghatározásával, bár ezirányú rendszeres kísérletekről és azok eredményeiről hazai kutatók még nem számoltak be, írja STEFANOVITS (1966/a). Később beszámol a K tényező meghatározásának módszereiről (STEFANOVITS 1971).

STEFANOVITS (1966/b) a Mezőgazdasági Mérnöktovábbképző Intézet talajvédelmi tanfolyamán javaslatot tett hazai talajtípusok K tényező értékének elfogadására (**17. táblázat**).

17. táblázat. Hazai talajtani K értékek STEFANOVITS szerint (1966)

Fizikai féleség	Genetikai talajtípus				
	Földes kopár	Humusz karbonát	Csernozjom	Barnaföld	ABET*
	K tényező				
Homok	0,45-0,55	0,40-0,50	0,35-0,45	0,35-0,45	0,40-0,50
Homokos vályog	0,50-0,60	0,40-0,50	0,35-0,45	0,30-0,40	0,30-0,40
Vályog	0,50-0,60	0,40-0,50	0,30-0,40	0,25-0,35	0,25-0,35
Agyagos vályog	0,45-0,53	0,35-0,45	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Agyag	0,40-0,50	0,30-0,40	0,25-0,35	0,25-0,35	0,30-0,35

* agyagbemosódásos barna erdőtalaj

HORVÁTH és KAMARÁS (ERŐDI et al. 1965) az egyes fizikai talajféleségekre vonatkozóan ad meg értékeket (**18. táblázat**). A táblázatoknál minden esetben megfigyelhető a mértékegységek hiánya. Ezek az eredeti táblázatokban sem szerepeltek. Az említett szerzők becslései nem hazai, hanem amerikai mérésekre hagyatkoznak.

18. táblázat. Hazai talajtani K értékek HORVÁTH és KAMARÁS javaslata szerint (ERŐDI et al. 1965)

Talajok megnevezése	**K** tényező
Savanyú kémhatású agyag	0,10
Meszes kémhatású agyag	0,19
Savanyú kémhatású vályog	0,27
Meszes kémhatású vályog	0,33
Savanyú kémhatású homok	0,43
Meszes kémhatású homok	0,50

Az 1998-as (MSZ 20133:1998) szabványtervezetben a bajorországi talajok K tényezőiről olvashatunk tájékoztatást, amelyből néhány, Magyarországon is található talajtípusról találunk példát (**19. táblázat**).

19. táblázat. Bajorországi talajok K tényezői (tájékoztatás) (MSZ 20133:1998)

Genetikai talajtípus	**Szemcse-összetétel**		**SOM** (%)**	**Kőzettör-melék (%)**	**K tényező**
	0,002-0,63	**0,63-2,00**			
ABET* löszön I.	79	4	1,8	0	0,78
ABET* löszön II.	78	2	1,3	0	0,49
Humuszkarbonát löszön	63	13	1,6	3	0,37
Barnaföld homokkövön I.	8	86	1,0	9	0,05
Barnaföld homokkövön II.	10	82	2,8	4	0,10
Barnaföld homokkövön III.	37	48	1,9	7	0,40
Barnaföld ranker agyagon	20	45	3,0	1	0,22
Regosol kagylós mészkövön	50	12	1,3	13	0,16

*Agyagbemosódásos barna erdőtalaj

**SOM = szerves anyag

A magyar szabványban található táblázatból is kitűnik, hogy ugyanazon talajtípus is rendelkezhet eltérő K tényezővel, attól függően, hogy milyen alapkőzeten alakult ki, mekkora a bázistelítettsége, mekkora a kőzettörmelék-tartalma, talajfizikai jellemzői és milyen az egyes szemcsefrakciók aránya.

2.4.7. Kiemelt fontosságú eredmények

Az USLE egyenlet felszínes ismerete azt eredményezheti, hogy téves kép alakul ki bennünk az egyes tényezőkről. Az irodalmi adatok többségénél a K tényező láthatóan egy adott talajtípusnál egy értéket vesz fel. Az erodálhatósággal kapcsolatos kutatások azonban felhívják a figyelmet a tényező változékonyságára.

RÖMKENS et al. (1975) munkájából megtudhatjuk a különbséget az ugyanazon talajtípus nomogram alapján számolt, erodált és művelt állapotú változatainak K tényezője között (**20. táblázat**). Ez mintegy alátámasztja WISCHMEIER (1971) adatait (**2. ábra**) a szintek erodálhatóságának különbségeiről. Később RÖMKENS et al. folytatják talajerodálhatósággal kapcsolatos kutatásaikat (RÖMKENS 1985, RÖMKENS et al. 1986).

20. táblázat. Különböző állapotú talajok K tényezője RÖMKENS et al. (1975)

Talaj sorozat	$K_{nomogram}$	$K_{erodált}$	$K_{művelt}$
Hayberry	0,37	0,67	0,04
St. Clair	0,34	0,48	0,31
Pawnee	0,29	0,45	0,24
McGarry	0,43	0,36	0,17
Wymore	0,34	0,49	0,03
Portageville	0,21	0,05	0,01

A művelt talaj K tényezője lényegesen alacsonyabb, mint a nomogram által megállapított érték. A nomogram alapján számolt értékek jelen esetben átlagosan 7-8-szorosan haladják meg a művelt talajon számolt értékeket. Ez azonban már nem a K tényező hatásköre, ezt a P faktor veszi figyelembe.

Ay erodált talaj elveszítette felső szintjét, így a közölt adatok nem az A, hanem a mélyebb rétegben elhelyezkedő B szintre vonatkoznak.

Szezonális változékonyság

WALL et al. (1988) K tényező szezonális változékonyságát „s" betűvel jelzik (Ks). Megfigyelésük szerint a Ks értéke a tél és tavasz határán, a hó olvadásakor (Kanadában március környékén) a legnagyobb (holott itt a csapadék erozivitása alacsony), tavasztól csökken és ősszel a legalacsonyabb.

MCCONKEY et al. (1997) kanadai vizsgálatai alátámasztják a WALL et al. (1988) által leírtakat. Vizsgálata szerint a részlegesen fagyott talaj erodálhatósága meghaladja mind a teljesen fagyott, mind pedig a teljesen kiolvadt talajét. Évtizedeken keresztül folytatott vizsgálatokat szerint az eső és az általa okozott lefolyás sokkal kisebb százalékban felelős a talaj lepusztulásáért, mint a hó- és jégolvadás.

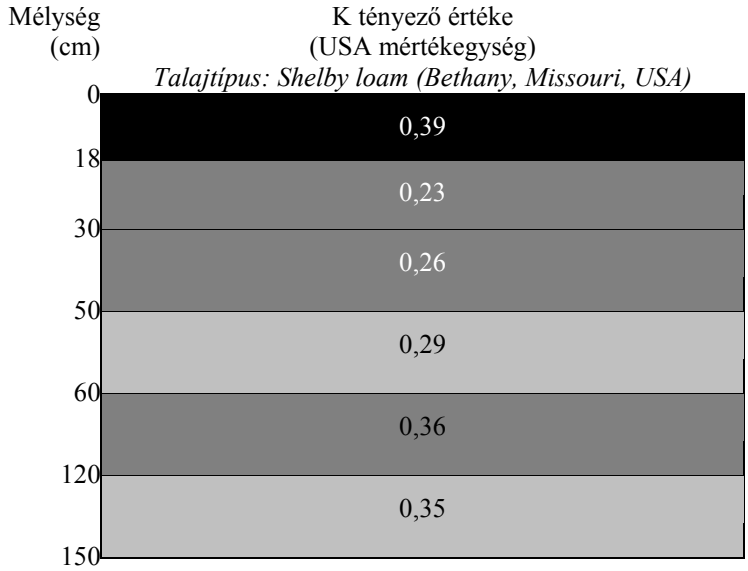
CHOW et al. (2000) összetettebb vizsgálatokat folytattak az erodálhatóság vizsgálatára. Egyrészt a művelés és a vetésforgó hatását mutatták ki az erodálhatóságra, másrészt alátámasztják WALL et al. (1988) és MCCONKEY et al. (1997) eredményeit a tavaszi kiugró erodálhatósági értékekre vonatkozóan.

Norvégiában ØYGARDEN (2000) doktori dolgozatában ír arról, hogy az erodálhatóság függ a nyírófeszültségtől és az aggregátum stabilitástól. Ehhez kapcsolódóan arról is beszámol, hogy ez a két tényező évszaktól függően változik, tehát értelemszerűen az erodálhatóságra is hatással van.

Bár a K tényező évszakoktól függő változatosságát elsősorban a hosszabb ideig fagyos területeken figyelték meg, számos más országban is tettek megfigyeléseket. MUTCHLER és MCGREGOR (1979) a csapadék földrajzi különbségeiről közölnek adatokat. ZANCHI (1988) Olaszországban két különböző textúrájú talaj erodálhatóságának változásáról ír. BRYAN (2000) a domboldalak, a barázdás és barázdaközi erózió fontosságára hívja fel a figyelmet. Véleménye szerint a lejtő talajerodálhatóságra való hatásának vizsgálatakor a sztohasztikus modellek sokkal jobban közelítenek a valósághoz, mint a fizikai alapúak. IMESON és VIS (1984) Luxemburgban és Hollandiában, MUTCHLER and CARTER (1983) Mississippiben és Minnesotában, BAJRACHARYA és LAL (1992) Ohioban, BROWN et al. (1995) Idahoban történő mérései alapján a K tényező szezonális változékonysága a talajszerkezet, aggregátum stabilitás és a vízáteresztő képesség miatt alakult ki.

Változatosság genetikai szintenként

WISCHMEIER (1971) vizsgálatai szerint az egyes genetikai talajszintek eltérő K tényezőkkel bírhatnak. Ez különösen fontos a gyors ütemben pusztuló szántóföldeken.



2. ábra. A K tényező értékének változása genetikai szintenként (WISCHMEIER 1971)

A **2. ábrán** bemutatott „Shelby loam” talaj K tényezőjének szintenként való változása értelemszerűen a korábban kialakult talajtulajdonságok függvényében változik. A 0-18 cm-es szint magas K tényezőjét magyarázhatja a művelés hatására kialakult kedvezőtlen szerkezet, vagy egyszerűen a szemcsefrakció eloszlásban rejlő különbségek.

Ehhez kapcsolódóan meg kell jegyezni, hogy a K tényező talajtípusonként való közlése nem informatív. Nem nyújt elegendő ismeretet ahhoz, hogy ezt a K tényezőt máshol is fel lehessen használni, vagy össze lehessen hasonlítani más mérésekkel. Az erodáltság foka, azaz, hogy a művelt rétegként felvételezett A_{sz} szint az a klasszikus értelemben vett, magas humusztartalmú (esetleg még morzsás szerkezetű is) felszíni genetikus talajszint vagy esetleg a B szintet jelzi, meghatározó fontosságú a K tényező, és így a talajerózió mértékének becsléséhez vagy számításához.

2.5. Esőztetés

2.5.1. Természetes vagy mesterséges csapadék?

1932-ben DULEY és HAYS szimulált esőt használt a talajveszteség meghatározására. Azóta gyakran használtak esőztető szimulátort az eróziós kutatásokhoz, köztük MEYER és MCCUNE (1958), valamint SWANSON (1965) által tervezett figyelemreméltó berendezéseit.

A parcellás kísérletek egyik eredménye, hogy kimutatta a talajok erodálhatóságának időbeli változatosságát. A kutatók megállapították, hogy minimum 20 év folyamatos mérésre van szükség természetes eső alatt a kapott adatok megbízható statisztikai elemzéséhez (LOCH és ROSEWELL 1992).

A kutatások során a tudósoknak alkalmuk nyílt a természetes és mesterséges csapadék hatásának összehasonlítására is, amit grafikonon is ábrázoltak (**3. ábra**).

Ábra a mellékletben p_26 néven

3. ábra: A Wischmeier-Smith-féle E_i index és a lepusztult talaj tömege (m) közötti kapcsolat természetes és mesterséges eső esetében BARNETT - DOOLEY (1972) szerint

Az esőztető berendezések fejlődésével lehetőség nyílt azok összehasonlítására (AUERSWALD és EICHER 1992, AUERSWALD et al. 1992a és 1992b, SMITH 1979) és a részletek minél pontosabb kidolgozására is (MUTCHLER 1965). 1979-ben találkozót rendeztek, amelynek témája kizárólag az esőztető berendezés, valamint azok működésének és használatának bemutatása volt (FOSTER et al. 1979).

A mesterséges esőztetés előnyei:

- sok és gyors mérésre van lehetőség anélkül, hogy az esőre kellene várni,
- állandó, kontrollált esővel tudunk dolgozni, így elkerülhetjük a természetes eső előre nem látható és hibákat okozó variabilitását,
- általában gyorsabb egy beállt növényállomány fölé felállítani az esőztető berendezést, mint létrehozni ezt az állományt.

A mesterséges esőztetés hátrányai:

- a hátrányok zöme a méretaránynak köszönhető,
- egyszerű egy pár négyzetmétert lefedő esőztető berendezést létrehozni, de pl. 100 méteres hossz öntözése drága és nehézkes,
- a kis méretű, mesterségesen kialakított parcellákon végzett lefolyás és talajpusztulás vizsgálatok nem terjeszthetők ki az egész környezetre,
- a vizsgálatok eredményeit leginkább összehasonlításra lehet használni,
- a berendezésekre a szél is hatással lehet, de ez szélfogóval kiküszöbölhető,
- a cseppenergia és cseppméret különbözik a természetes esőétől.

2.5.2. Mesterséges esőztetés: laboratóriumban vagy terepen?

A mesterséges esőztetés történhet laboratóriumban (LOCH és ROSEWELL 1992, LOCH és DONOLLAN 1983; ld. még az M2. mellékletben a **21. táblázat**ban) és terepen (CSEPINSZKY et al. 1999, MEYER és MCCUNE 1958, STEIHARDT és HILLEL 1966). Mindkettőnek megvannak az előnyei és hátrányai. Talajtani szempontból minden olyan vizsgálat, ahol a talaj bolygatása folyik, elkerülendő, hiszen a bolygatás után már nem az eredeti állapotú talajjal dolgozunk. Megszűnnek az eredeti porozitás-viszonyok; a kapillárisok folytatásait elszakítjuk és az új helyen már nem azok a viszonyok fognak uralkodni; a szerkezetet szétromboljuk; a tömődöttség, a nedvességtartalom megváltozik, stb.

A laboratóriumi kísérleteknél teherautón szállítják a talajt a laborba. Ott mesterségesen alakítják ki az eredeti állapotúnak tekintett talajt. Az itt alkalmazott egyik alapelv, hogy a felső 20 cm az, ami lényeges a kutatás szempontjából, az alatta lévő rétegek már nem befolyásolják komolyan a folyamatot. Ugyanakkor, ha csak a tömörödést vesszük figyelembe, akkor láthatjuk, hogy szántóföldi művelés esetén a talajtömörödés 20 cm-nél mélyebben is elhelyezkedhet helytelen művelés esetén, ami

erősen befolyásolhatja a víznyelés és vízáteresztés folyamatát, és ebből következően a lefolyó víz és a szállított hordalék mennyiségét. De ez csak egyike a felmerülő problémáknak.

Előfordul, hogy a talajt olyan parcella falai közé töltik, amely azután természetes esőn üzemel. Itt is a felső 20 cm-t hordják be. Ekkor az is megtörténhet, hogy az eredetileg savanyú erdőtalaj **"A"** szintje, rákerülve egy meszes területen kialakított kutatóállomás talajára, visszameszeződik. Az így kapott adatok már nem tekinthetők igaznak a savanyú kémhatású erdőtalajokra, pedig esetleg az lehet az eredeti célunk a méréssel, hogy erre kapjunk információt.

A **22. táblázatban** láthatjuk összefoglalva a laboratóriumi és a terepi esőztetés előnyeit és hátrányait.

22. táblázat: A laboratóriumi és a terepi mérések előnyei és hátrányai

Laboratóriumi mérések		Terepi mérések	
Előnyök	Hátrányok	Előnyök	Hátrányok
- nem időjárásfüggő, - alacsony kiszállási költség, - terepre nem szállítható eszközökkel is lehetséges mérés, - ismételhető, - a tényezők tetszés szerint változtathatók	- magas rezsi, - a talajtulajdonságok szállítás közben változnak, - drága a kutatóbázis felépítése és az eszközök beszerzése	- a talaj eredeti állapotában vizsgálható, - sok növényborítás vizsgálható egyidejűleg - gyorsan, sok talajtípust lehet megvizsgálni	- időjárásfüggő - drága a kiszállási költség - nehéz az eredeti állapotok rekonstruálása

Összegezve az eddigieket, a mesterséges esőztetést lehetőség szerint érdemes terepen, az „in situ" talajt vizsgálva elvégezni a korrekt adatgyűjtés érdekében.

2.5.3. Mesterséges esőztetési vizsgálatok

A legintenzívebb esőztetési vizsgálatok az Amerikai Egyesült Államokban folynak. Számos eróziós laboratórium épült fel a különböző oktató- és kutatóhelyeken, ahol komoly kutatási eredmények születtek.

Szintén komoly kutatások folynak mesterséges esőztetéssel Ausztráliában, Németországban, Belgiumban és Angliában. Ezen kívül sok kormány tesz erőfeszítéseket, hogy az esőztetés módszerével adatokat szerezzen a környezet állapotáról és terhelhetőségéről, bár a kutatások költségvetése néha jóval szerényebb.

Az egyik törekvés az esőztetés során, hogy a berendezés könnyen kezelhető, kis súlyú, kevés ember által üzemeltethető legyen. Ezek a berendezések általában ¼ - 2 m^2

területű talajt képesek lefedni a vizsgálat során (BYARS et. al. 1997, BINGHAM et al. 1994, SIMANTON et al. 1990, HUTTEN és GIFFORD 1988, CHOW és HARBAUGH 1965).

Hazánkban Kazó Béla végzett mesterséges esőztetési vizsgálatokat a Tihanyi-félsziget területén (KAZÓ 1966, KAZÓ 1967, KAZÓ és KLIMES-SZMIK 1964). Az esőztetés célja nem a talajerodálhatóság meghatározása volt.

Az esőztetési vizsgálatok során a következő általános érvényű megállapításokat tették a szerzők:

- az esőcseppek maximális átmérője 6-7 mm, ez a fizikai határa a cseppképződésnek, e fölött darabjaira esik a csepp, míg az átlagos cseppméret 2-3 mm (**4. ábra**),
- a cseppek mérete függ az intenzitástól (**4. ábra**),

p_29.doc néven a mellékletekben

4. ábra. A csapadék intenzitása és az átlagos cseppátmérő kapcsolata (HUDSON 1973)

- a kinetikus energia a mozgó testek energiája, az eső kinetikus energiája az egyes cseppek kinetikus energiájának az összege (**5. ábra**),
- a cseppek végsebessége függ a méretüktől, a legnagyobb végsebesség 9 $m*s^{-1}$ (**6. ábra)**,
- mérsékelt égövben az átlagos méretű cseppek a jellemzőek (záporoknál nem),
- a kinetikus energia a cseppméret és a sebesség függvénye, ez van a legszorosabb összefüggésben az erózióval, így ez az esőztető berendezések egyik legfontosabb ismérve,

5. ábra. A csapadék intenzitása és kinetikus energiája közötti kapcsolat különböző országok példáján HUDSON (1973) szerint (A: Kelkar, India; B: Wischmeier, USA; C: Hudson, Rhodesia; D: Ker, Trinidad; E: Mihata, Japán)

- az eső kinetikus energiája az előzőeknek megfelelően csak egy bizonyos határig növekedhet, amely határt 76 mm*h^{-1} intenzitásnál éri el,

Mellékletben p_30.doc néven

6. ábra. A cseppek átmérője és a végsebessége közötti összefüggés (LAWS 1941)

- természetesen nemcsak a cseppek mérete nőhet egy bizonyos határig, hanem az egy másodperc alatt lehulló cseppek száma is, azaz az intenzitás,

- bár a természetes esőre jellemző az intenzitás váltakozása a folyamat során, azonban ezt nem érdemes beépíteni a berendezésbe,
- ugyancsak kívánatos az eső egyenletes parcellaborítása,
- 15 méter hosszúságig egy motor elég az esőztetéshez, hosszabb lejtőnél két motort érdemes használni (SWANSON 1965, HINKLE 1990).

Az esőztetési vizsgálatok segítségével adatokat gyűjthetünk a talajveszteséget becslő modellek használatához. A talajképződés ütemének becslése ennél részletesebb és hosszabb távú kutatásokat igényel.

2.6. A talajképződés üteme és a tolerálható talajveszteség

2.6.1. A talajképződés üteme

A talajképződés ütemének mérése igen bonyolult, erre vonatkozóan csak becslések történtek. Az egyik legmegbízhatóbb módszer, ha ismerjük a jégkorszak végének vagy az utolsó löszhullásnak a körülbelüli időpontját.

23. táblázat. A kurszki csernozjom egyes rétegeiben található szerves anyag kora (ARSZLAMOV és GERASZIMOV szerint)

Mélység (cm)	Kor (év)
10-20	1860±80
50-60	2970±110
70-80	4020±90
120-130	6100±200
140-150	6700±100

A **23. táblázat**ban található mérések szerint 5 cm-enként 150-620 év különbség van a szerves anyag korában. Ha elfogadjuk azt a feltételezést, hogy az egyes rétegekben található szerves anyag akkor képződött, amikorra a kormeghatározás teszi keletkezésének idejét, illetve azóta az adott rétegben helyezkedik el (nem máshonnan került oda), akkor elfogadhatónak tűnik az a becslés, miszerint a talaj vastagsága ebben a kurszki csernozjomban 150-620 évenként 5 cm-rel gyarapodott. Ha a szélső értékeket nem vesszük figyelembe, akkor átlagosan 230-240 évenként 5 cm-rel vastagodott a talaj kb. 2000-6000 évvel ezelőtti időintervallum során.

Általában a sík területeken, ahol feltételezhetően nem volt növénymentes felszín a jégkorszak után közel 10-20000 évig, csak a képződött talajréteg vastagságát kell lemérni és elosztani az eltelt évek számával. Sajnos ez számítás gyakran szinte

kivitelezhetetlen. A lejtős területeken (ahol a legfontosabb lenne) sem tudunk megbízhatóan becsülni, hiszen nem ismerjük sem a talajképződéssel egyidőben lepusztuló talaj mennyiségét, sem a talajtakarás mértékének éves lebontását. Ettől függetlenül történnek becslések, amelyek 0,04 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ (kb. 0,003-0,7 $mm*év^{-1}$) között változnak. Minek köszönhető ez a tág intervallum? Számos kutató idéz becsléseket, természetesen néha egymást idézik, gyakran az elsőként feltüntetve azt a forrást, ahonnan veszik az adatokat. Gyakori azonban, hogy ez az elsőnek feltüntetett forrás már olyan szerzőtől származik, aki már más szerzőtől vesz adatokat, aki szintén másvalakinek a forrását vagy becslését idézi, tehát körkörös hivatkozás jöhet létre.

A szakirodalom részletes vizsgálata alapján úgy tűnik, hogy a talajképződés ütemére vonatkozó becslések két forráshoz vezetnek vissza: T. C. Chamberlin nevű geológus spekulatív becslésére és Hugh Hammond Bennett találgató levezetéseire. Bár egy generáció választotta el a két kutatót egymástól, mindketten széleskörű érdeklődést mutattak az erózió által okozott károk és azok megfékezése iránt. Chamberlin, a Chicagoi Egyetem Geológia Tanszékének a vezetőjeként felszólalt a természeti erőforrások védelméről rendezett Fehér Házi konferencián 1908-ban: „Nincsenek pontos méréseink a talajképződés üteméről. Azt is alig tudjuk, hogy ez egy lassú folyamat.... A közelítő becslés reménye nélkül nem állítanám, hogy a talaj képződésének a folyamata gyorsabb lenne, mint egy lábnyi 10000 év alatt, a jégkorszak óta eltelt idő során tehető megfigyelésekre alapozva. Gyanítom, hogyha ténylegesen megvizsgálhatnám egy jelenleg négy láb vastag talaj képződésének ütemét, akkor ezt inkább 40000 évnél többre becsülném, mint kevesebbre.” (CHAMBERLIN 1909).

BENNETT (1939) egy sorozat rövidtávú tanulmány eredményeit elemzi. Megfigyelései szerint az erdő és a fű takarása a talaj számára hathatós védelmet és stabilitást nyújt az erózióval szemben. Ezek alapján a következő spekulatív következtetésekre jut: „Az erózió ilyen lassú (0,002 $t*acre^{-1}*y^{-1}$) üteme mellett, „Cecil sandy clay loam” talaj és erdőtakaró borítása mellett a talaj valószínűleg elég gyorsan épül fel alulról, hogy egyensúlyba kerüljön a lemosódó talajjal. Amennyire biztosak lehetünk benne, a természet a legoptimálisabb körülmények között - mint amilyen az erdő vagy gyep borítás - 300-1000 év alatt képes egy inch feltalajt létrehozni.” (BENNETT 1939). BENNETT megismétli ezeket a becsléseit az 1947-es és 1955-ös kiadású, kevésbé tecnikai jellegű, inkább populáris könyveiben (BENNETT 1955). 1955-ben a következőt írja: „2-3 cm talaj közel 200-1000 év alatt képződik megfelelő növénytakaró és talajvédelem mellett. Az adott feltételek mellett ez 0,026-0,13 mm vastag talajréteg évente, ami megfelel 324-1620 kg/ha talajképződésnek. BENETT nem idéz egyetlen kutatási eredményt és nem nevez meg forrást sem, amire alapozná becslését.

PIMENTEL et al. (1976) idézik a HUDSON (1971) által leírtakat: „Ideális talajművelési viszonyok mellett a talajképződés üteme elérheti az 1 inch (=2,54 cm) vastagságot 30 év alatt”. BENNETT (1939), GUSTAFSON (1937) és OLIVER OWEN (1971) (itt PIMENTEL et al. egy elírás miatt nem OWEN, O.-t, hanem OLIVER, O.-t idézik) eredményeit citálva PIMENTEL et. al. (1976) kijelentik: „... és természetes körülmények között 1 inch talaj 300-1000 év alatt keletkezik”.

Később SCHERTZ (1983), PIMENTEL et al. (1976) munkájára támaszkodva kijelenti: „Számos tudós szerint természetes körümények között a talajképződés üteme 1 inch 300-1000 év alatt.”.

SCHUMM és HARVEY (1982) szintén PIMENTEL et al. (1976) cikkét idézik: „.... figyelembe véve, hogy ideális talajművelés mellett 25 mm talaj képződhet 30 év alatt (0,8 mm * $év^{-1}$)” és „szokványos mezőgazdasági művelés során 25 mm talaj 100 év alatt képződik (0,25 mm * $év^{-1}$)”.

Az idézések vizsgálata során kiderül, hogy HUDSON (1971) idézi BENNETT (1939) munkáját: „A talajképződés üteme nem mérhető pontosan, de a talajtant kutatók legközelebbi becslése szerint 300 év kell 25 mm feltalaj képződéséhez...”. Könyvének második kiadásában HUDSON (1981) megismétli az előzőeket és hozzáteszi, hogy a művelés tizedére csökkentheti a talajképződés ütemét a levegőzöttség és a lemosódás növelésével. Ebben a későbbi kiadással körbeértek az idézetek, mivel már HUDSON (1981) is PIMENTEL et al. (1976) munkáját idézi BENNETT (1939) helyett a talajképződés ütemének becslésére vonatkozóan.

Egy kicsit tovább bontva ezt a vonalat kiderül, hogy a talajképződés ütemének fontos kérdését boncolgatva GUSTAFSON (1937) egyszerűen leírja CHAMBERLIN (1909) által közölteket, miszerint: „a talajképződés üteme különösen lassú folyamat”.

OWEN (1971) hozzájárulása a talajképződés ütemének témájához különböző szerzők külön nem részletezett idézésén alapul. Ezek valószínűsíthetően a következők: BENNETT (1939), JENNY (1959) és KELLOG (1941), akiket a harmadik, „Nature of Soils” fejezetének végén lévő bibliográfiában sorol fel.

JOHNSON (1987) részletesen elemzi a talajképződés ütemével kapcsolatos hivatkozásokat, elsősorban az USA-beli irodalmak alapján. Ettől függetlenül is történtek azonban becslések, amelyek néha megtévesztésig hasonlítanak, máskor azonban egyértelműen különböznek a fentiektől.

HÄBERLI et al. (1991) szerint a talajképződés hosszú folyamat - 30 cm-es talajréteg képződéséhez 1000 - 10000 év szükséges.

FOSTER és MEYER (1972) az eltérő feltételek melletti talajpusztulási intenzitásra vonatkozó irodalmi adatok alapján a talajképződést Földünk felszínén 1000 évenként 10 cm-re becsüli, ami 0,1 mm*$év^{-1}$, azaz 1 m^3*ha^{-1}.

A „**M**usokotwane **E**nvironment **R**esource **C**entre for **S**outhern **A**frica” szerint a talajképződés üteme 1 t*ha^{-1}*$év^{-1}$ alatt marad. Ennek megfelelően 100 és 1000 év közé teszik egy cm feltalaj képződéséhez szükséges idő mennyiségét (HTTP 6). Indoklással nem szolgálnak.

Az Oregoni Állami Egyetem 2000 évi őszi kurzusán az „Emberi hatások az ökoszisztémára” című óráján 2,5 cm talaj képződéséhez szükséges időt 200-1000 évre becslik (ami megegyezik BENNETT (1939) becslésével), de megjegyzik, hogy az átlagos érték a Föld bolygón 1 t*ha^{-1}*$év^{-1}$ körül lehet (tehát megegyezik a dél-afrikai becsléssel) (HTTP 7).

Alaszkai megfigyelések szerint (DAVIS 1982) egy moréna képződése után kb. 15 évvel alakul ki felismerhető talajképződés. További 250 év szükséges egy vékony, felszíni réteg kialakulásához. Összesen 2000 év alatt alakulhat ki egy teljes talajszelvény (itt a „soil profile” valószínűleg inkább genetikai szintnek felel meg, mint

egy egész szelvénynek). NEIL (1938) szerint a talajképződést befolyásoló tényezők elemzése alapján Alaszka területén 80-100 év alatt képződik 2,5 cm, mezőgazdasági művelésre alkalmas talaj. Ez megfelel 2< $t*acre^{-1}*év^{-1}$ (azaz 5< $t*ha^{-1}*év^{-1}$) talajképződésnek.

Egyes geológusok becslése szerint 30 méter mészkőnek kell felaprózódni és mállani ahhoz, hogy 30 cm talajanyag keletkezzen és kb. 1000 évnek kell eltelnie a folyamat lezajlásához.

HALL et. al. (1985) szerint **optimális körülmények** között 11 $t*ha^{-1*}év^{-1}$ a potenciálisan elérhető maximális talajképződés.

Ausztrál becslések szerint Új Dél Wales-ben a „Viktória-alföldön" a talajképződés üteme 0,03 $mm*év^{-1}$, azaz 0,45 $t*év^{-1}$ (HTTP 8). Ez jóval alatta marad a fenti becsléseknek.

DAZZI et al. (1998) közlik HUDSON (1977) adatait, miszerint mezőgazdasági területen, átlagos művelési viszonyok mellett kb. 30 év alatt képződik 25 mm talaj, ami megfelel 12,5 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ talajképződési ütemnek.

Magyar becslések is történtek a talajképződés ütemére vonatkozóan. Itthon az átlagértékek 1,5 és 3,5 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között változnak. STEFANOVITS (1966/b) becslése szerint a talajképződés üteme 1,5-2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$.

Az irodalmi adatok alapján 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$-ben határoztam meg a megengedhető talajveszteség mértékét a térképezés során.

Egyes szerzők közlésétől eltérően BENNETT (1939) nem állapított meg saját megfigyelései alapján konkrét, a talajképződés ütemére vonatkozó mérőszámot. Ezzel ellentétben csak annyit jelent ki, hogy megfelelő vegetáció borítása mellett léthatóan elég anyag alakul át az alapkőzetből azon tényezők ellensúlyozására, amely a feltalaj elvékonyodásához vezetnek. BENNETT (1939) ebben a témakörben publikált véleményei nem nyújtanak alapot a mai, amerikai talajvédelmi tervezésben és politikában rögzült 5 $t*acre^{-1}*év^{-1}$, azaz 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ talajveszteség tolerancia érték kialakításához. Ennek ellenére az USLE által javasolt értékek is e körül az érték körül találhatók.

2.6.2. A tolerálható talajveszteség

A mezőgazdaságban a megengedhető talajveszteség fogalma alatt (továbbiakban T érték) azt a mennyiséget kell értenünk, amely lehetővé teszi az új talajképződést és nem csökkenti az adott talajtermékenységet (HOLÝ 1980).

1909-ben az USA Mezőgazdasági Minisztériumának Talajtani Osztályának vezetője a következőket mondta a nemzet erőforrásai közül a talajnak a jövőjéről és állapotáról: „A talaj a Nemzet által birtokolt egyik vagyon, amely elpusztíthatatlan és megváltoztathatatlan. Ez egy olyan erőforrás, amit nem szabad kimeríteni, nem szabad elhasználni". Valószerűtlen, hogy bármely mai talajtanos szakember hasonló derűlátással tudna nyilatkozni. Ugyanígy nem nyújt alapot a talajok gondozásához és

hosszútávú védelméhez a megengedhető talajveszteség mértéke, ahogy azt jelenleg megfogalmazzuk és alkalmazzuk.

Az eróziós hatásokat elfogadható szint alatt történő tartásához a tolerálható erózió mértékét meg kell határozni. Előremutató lépésként értékelhetjük STAMEY és SMITH (1964) munkáját, amely a T értékének koncepcióját kívánja kiépíteni, hangsúlyozva a talajnak, mint természeti erőforrásnak a megőrzését és javítását.

FOSTER és WISCHMEIER (1974) az eróziós folyamat intenzitását vizsgálták természetes körülmények között, növénytakaróval. Az USA különböző részein végzett vizsgálataik alapján megállapították, hogy a normál erózió az ilyen területeken 0,25-1,48 t/ha, ami egyensúlyban van a természetes talajképződéssel.

Ugyanebben az évben az AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (1985) tanulmánya leírja, hogy a döntéshozók és program adminisztrátorok korábban 5 $t*acre^{-1}*év^{-1}$, azaz 11 $t*ha^{-1*}év^{-1}$ T értéket fogadtak el a mezőgazdasági tervezésben és ez a legalacsonyabb T érték (ennél nagyobb T értéket is meghatároztak, amely kevésbé szigorú talajvédelem mellett is engedélyezett talajhasználatot). Ugyanakkor hozzáteszik, hogy a legalacsonyabb T érték is sokszorosan meghaladja a természetes növénytakaró alatt képződő talaj mennyiségét. Éppen ezért a T értékre alapozott talajvédelmi célok csak rövidtávúnak tekinthetők. Ilyen átlagértékek évszázadonként 12,5-15 cm talaj lemosódását engedélyezik. Ennek megfelelően a hosszútávú cél az, hogy a T érték egyezzen meg a természetes körülmények között képződő talaj képződésének ütemével.

A rövidtávú tervezés igénye és a hosszútávú fenntarthatóság közötti dilemmát tárgyalva (miszerint nincs rá bizonyíték, hogy az erózió által okozott termékenységcsökkenést meg lehet állítani és meg lehet fordítani folyamatos művelés alatt) MCCORMACK és LARSON (1981) a következő következtetésre jutottak: „Végeredményben szembesülnünk kell a ténnyel, hogy a termékenység közvetlenül kötődik a gyökérzóna vastagságához, amely lassabban fejlődik, mint a művelés alatt lévő A szint. A hosszútávú talajvédelmi tervezés tudatában kell hogy legyen ennek a ténynek. Nincsenek alternatívák”.

WILLIAMS (1981) arra a következtetésre jutott, hogy nincsen semmilyen kutatási alap, amely támogatná a T értékek koncepcióját; azok a talajtant kutatók együttes bírálatán és revízióján alapulnak. Ennek ellenére HALL et. al. (1985) egy korábbi konferencia eredményeire hivatkozva 11 $t*ha^{-1*}év^{-1}$ értéket fogadnak el a T érték felső határaként, mivel optimális körülmények között ennyi a potenciálisan elérhető maximális talajképződés. Meg kell azonban jegyezni, hogy mezőgazdasági művelés alatti területeken közel sem alakulnak ki optimális körülmények a szerves anyag felhalmozódásához. Éppen ellenkezőleg, annak lebomlását, mennyiségének csökkenését sietteti. Itt vissza kell kanyarodnunk MCCORMACK és LARSON (1981) konklúziójához, miszerint mezőgazdasági termelés esetén nincsenek alternatívák.

LARSON (1981) a T érték meghatározását két szinten javasolja: a T_1 érték a talajok helyszíni termékenységének fenntartását célozná, a T_2 értéket pedig szélesebb szociális céllal határozná meg és az nem a helyszínen ható érdekeket fejezné ki (pl. a vízszennyezést és a víztározók feltöltődését). A T_1 értékeket a talajtanban és mezőgazdaságban jártas szakemberek, a T_2 értéket pedig közgazdászok, környezettudósok és környezettervezők, valamint általános törvényalkotók állapítanák

meg. LARSON (1981) nem tett mennyiségi javaslatot a T_1 és T_2 értékek egymáshoz való viszonyára. NOWAK et al. (1985) azonban javasolják, hogy amennyiben az ökonómiai, szociális és politikai viszonyok alapján a talajtermékenység fenntartásának költsége túlságosan magas, akkor a T_2 érték lehessen átmenetileg magasabb, mint a T_1 érték.
JOHNSON (1987) cikkében keményen bírálja a T_1 és T_2 értékek koncepcióját. Szerinte annak eldöntése, hogy milyen magasak a költségek, minden esetben a prioritások lefektetéséhez kapcsolódik. Így egy ilyen átmeneti megkönnyebbülés (miszerint nem kerül bevezetésre a szigorúbb T_1 érték közgazdasági és egyéb okokra hivatkozva) könnyen állandóvá válhat, és a T1/T2 megközelítés megkérdőjelezheti a tényt, miszerint a mezőgazdasági termékek termékeny talajon és nem a pillanatnyi szociális, politikai vagy ökonómiai kényszeren teremnek.

DAZZI et al. (1998) a 12,5 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ talajveszteség fölötti értékeket tekintették veszélyesnek és nem tolerálható mértékűnek, mivel szerintük HUDSON (1977) ennyiben állapította meg a szántóföldi művelés alatti talajképződés ütemének felső határát. Ebben az esetben ismét a körkörös idézettség esete áll fenn, Dazzi is Hudsont idézi.

SPAROVEK et al. (1998) olyan tervet dolgoztak ki a tolerálható talajveszteség becslésére, amely hosszútávú fenntarthatóságot eredményez. Az elemzések során az 1 méter vastag talajtakaró esetében 0,2 $mm*év^{-1}$ talajképződés mellett húzták meg az erózió megengedhető mértékének határát.

SCHWERTMANN et al. (1987) a talajréteg vastagságától tették függővé a tolerálható talajveszteség mértékét (**24. táblázat**).

24. táblázat. Talajveszteség tolerancia (SCHWERTMANN et al. 1987)

Talaj mélysége	Talajveszteség tolerancia
< 30 cm	1 $t*ha^{-1}*év^{-1}$
30-60 cm	3 $t*ha^{-1}*év^{-1}$
60-100 cm	7 $t*ha^{-1}*év^{-1}$
> 100 cm	10 $t*ha^{-1}*év^{-1}$

Az előzőekben arra mutattam példát, hogy milyen eredmények és becslések történtek a talajveszteség tolerancia érték meghatározása érdekében. Bár zömében becsléseken és megegyezéseken alapulnak a T értékek, láthatóan körvonalazódik valamilyen koncepció a probléma megoldására. A talajveszteség becslés eredményének kategorizálásához és a talajvédelmi tervezéshez elengedhetetlen a T értékek meghatározása.

3. Anyag és módszer

3.1. A mintaterületek

Mintaterületeim a Balaton-vízgyűjtőjén helyezkedtek el. Hét különböző talajtípust vizsgáltam öt helyszínen. A helyszínek a következő településekhez tartoznak: Balatonszabadi, Somogyvár, Pamuk, Nemessándorháza és Tihany. Balatonszabadiban, Pamukon és Tihanyban egy-egy, Somogyváron kettő, Nemessándorházán kettő mintaterületet választottam ki. Minden mintaterület egy-egy külön talajtípust képviselt.

3.1.1. A mintaterület kiválasztásának szempontjai

A mintaterület kijelölése során a következő szempontokat kellett szem előtt tartani:

1. Az USLE egyenlet kidolgozása szántó művelés alatt álló talajokon történt az USA-ban, így az első kritérium, hogy a mintaterületek álljanak szántó művelés alatt.
2. A kiválasztott talajtípusok olyan talajtípusokba tartozzanak, amelyeken a vízgyűjtőn és hazánk dombos területein is szántó művelés folyik.
3. A K tényezőt egyik leginkább befolyásoló talajjellemző a szemcseösszetétel. A talajok kiválasztása során fontos, hogy legyen homok-, por- és agyagfrakcióban gazdag feltalajú talajtípus is a kiválasztottak között.
4. Az egyenlet kidolgozásakor a parcellák többségét 9 %-os lejtőn vizsgálták. Ezt a meredekséget azonban nehéz mindig pontosan beállítani, így az eredeti mérések sem folytak minden esetben 9 %-os lejtőn. Fontosnak tartottam, hogy hasonlóan az amerikai mérésekhez, a lejtőhajlás 5 és 12 % között legyen. Az S tényezőt, azaz a lejtőhajlás tényezőjét korrigálni lehet a használati útmutatóban közölt képlet alapján.
5. A parcellát olyan földút mellett kellett elhelyezni, ahol az esőztető berendezést szállító utánfutó gond nélkül be tud állni a parcella mellé és az esőztetéshez szükséges víz szállítása is megoldható.
6. A szántóföldön elhelyezett parcellák ne akadályozzák a szántón végrehajtandó szokásos műveleteket, tehát a parcellákat a táblák szélénél kellett kijelölni.
7. Találni kellett hét talajtípust, amely azon kívül, hogy jellemzően szántóföldi művelés alatt áll, minden egyéb kritériumot kielégít.

3.1.2. A mintaterületek kiválasztása

A mintaterületek kiválasztása többszöri terepbejárás után történt, a környéken tett talajtani szakmérnöki és egyéb terepi bejárások során szerzett tapasztalatok alapján. A fekete nyiroktalaj kiválasztásánál segítségemre volt BARCZI (1996) doktori értekezése és a digitális formában megjelentetett talajtérképei. A nemessándorházi mintaterület kiválasztásánál Bozzay Balázs és Bozzayné Andrási Erika segédkeztek, akik éppen biogazdálkodási kutatást végeztek a területen. A balatonszabadi terület kiválasztásában Barczi Attila és Barczi Imre volt segítségemre. A déli parton több földhivatalban is jártam (Kaposvár, Balatonboglár, Marcali), ahol talajtérképekkel segítettek a talajtípus kiválasztásában. A talajtérképek és a terepi bejárás mellett a Pürckhauer-féle szúróbotot használtam, amelynek segítségével gyorsan és nagy területet tudtam vizsgálni.

3.1.3. A mintaterület előkészítése a mesterséges esőztetéshez

Az USLE használati útmutatója és az amerikai mérések szerint a K tényező mérése előtt a mintaterületeket két évig fekete ugar állapotban kell tartani. A kiválasztott hazai mintaterületek hosszú évek óta szántó művelés alatt álltak. A tihanyi mintaterület szőlőben volt, de a talajt évek óta lejtőirányban szántották.

A kijelölt területekről legkésőbb 1998 őszén lekerült a vetemény. 1999 folyamán Wischmeier-Smith-féle egységparcellákat állítottam be (22,13*1,83 m) a mintaterületeken három ismétlésben. Az egységparcellákat az esőztetés előtt folyamatos fekete ugar állapotban tartottam. Többször kézi kapálással és gyomirtóval kezeltem, a növénymaradványokat, gyökereket eltávolítottam. Célom az volt, hogy a kapott eredmények a lehető legjobb közelítéssel csak a talajra és ne a benne lévő növények, növénymaradványok és állatjáratok hatására vonatkozzanak.

A Wischmeier-Smith-féle egységparcellákon történő mérési eredmények nem voltak alkalmasak statisztikai elemzésre, azonban ezek területén történt az előkészítés, amely lehetővé tette a K tényező mérését mesterséges esőztetés módszerével. A mesterséges esőztetési vizsgálatok 2000 tavaszán kezdődtek, így az esőztetés megkezdése előtt másfél évig fekete ugar állapotban volt a terület.

3.2. A mesterséges esőztetés

A mesterséges esőztetés végrehajtására hazai körülmények között négy módszer jöhetett szóba:

- mérés a Szent István Egyetem Gödöllői Területi Irodájának liziméter telepén,
- mérés a Földrajztudományi Kutató Intézet Csákvári Eróziós Kísérleti Állomásán,
- mérés a Műszaki Egyetem mesterséges esőztető berendezésével laborban,

- helyszíni mérés kihelyezhető esőztető berendezéssel.

Az első három módszer fő problémája, hogy a méréshez a talajt be kell szállítani a mérés helyszínére. Ennek során nagymértékű zavarás történik, megváltoznak a talaj azon paraméterei (pórusméretek, tömődöttség, kapillárisok, szerkezet), amelyek eredeti állapotban való vizsgálata kiemelt fontosságú a K tényező méréséhez.

A csákvári telepre teherautóval beszállított talajokon évekig folytak vizsgálatok. A Műszaki Egyetem berendezésével megtört és leszitált talajon mértek. Ilyen mérvű zavarás a K tényező méréséhez nem megengedhető.

A K tényező méréséhez szükséges mérések zömében terepen történnek. A talajok „in situ" vizsgálata jelenti a legkevesebb zavarást, így ez a leginkább megfelelő módszer a mérések végrehajtására. Fontos előnye, hogy a hasonló módon történő előkészítés és mérés tökéletesen alkalmas a vizsgált talajok K tényezőjében fennálló különbségek kimutatására.

3.2.1. A Pannon R-02 eső-szimulátor leírása és működése

Az esőztető berendezést CSEPINSZKY et al. (1999) munkája alapján mutatom be.

A Pannon R-02 eső-szimulátor (**1. fotó**) egy 6*2 méteres kísérleti parcella esőztetésére alkalmas berendezés.

EZ AZ OLDAL A MELLEKLET CIMU KONYVTÁRBAN „P_39.DOC" NÉVEN

1. fotó. A Pannon R-02-es esőztető berendezés

A szimulátor tartószerkezetét 3 db „A” alakú keret képezi. A keretek felső pontját összekötő tartó alatt max. 3,3 m magasságig állítható magasságú szórófejek helyezkednek el. A berendezés „lelke” a vízszintes kereten elhelyezett alternáló mozgást végző tengely, amely 4 db Veejet 80150 típusú szórófejjel van ellátva. A tengely mozgatását egy számítógép által vezérelt elektromotor biztosítja. A mesterséges eső intenzitása a számítógép indító-impulzusainak gyakoriságától függ és 10 és 130 mm*óra^{-1} között állítható.

A Veejet 80150 típusú szórófej fúvókájának átmérője 7,5 mm, amelyek az általam használt 41 kPa nyomásnál 21,8 l*perc^{-1} vizet enged át. Ilyen feltételek mellett a fúvókát elhagyó víz sebessége meghaladja a 8 m*s^{-1}-ot, azaz olyan sebességet ér el, mintha még a legnagyobb (6 mm átmérőjű) cseppek is már legalább 4 m magasról zuhannának és további 3 m eséssel a természetes körülményekhez igen közel álló sebességgel érnek talajt.

A mérések helyét előre meghatározott program alapján jelöltem ki. A parcellát az esésvonalakkal párhuzamosan telepítettem és a ráfolyás meggátlására fémlemezekkel határoltam. Az öntözött terület minden irányban min. 0,5 m-rel a megfigyelt területet meghaladta a „szegélyhatás” mérséklése érdekében. Az egyenletesség és esőterhelés mértékét mérésenként az oldalak mentén, a talajon 50 cm-enként elhelyezett mintavevő-edények segítségével követtem. Erre láthatunk példát a **25. táblázat**ban.

25. táblázat: Az aktuális intenzitás kiszámítása a nemessándorházi parcella esetében

Lejtő%: 12,8	Nemessándorháza					beöntözés	40 mm/ó
61101	2000.06.27	21ó05p	Eső (s):	1532	Jobb oldal	Az egész	Bal oldal
200	160	165	190	85		ÁTLAG	
300				180	255,45	200,56	157,50
290				245	235,00	:J+k; k+B:	160,3333333
250				190		SZÓRÁS	
240				200	49,67	64,75	48,55
330	A parcellafalak mentén			150	55,45		43,85
240	elhelyezett ellenőrző			185		CV %	
250	csapadékgyűjtő edényekben			130	19,4	32,3	30,8
-	mért csapadékadatok			85	23,6		27,4
140				110	mért esőterhelés (mm)		
220				180	22,2	17,4	13,7
280				150	mért esőintenzitás (mm/h)		
270				-	52,2	**41,0**	32,2

A terület alsó részén két, egyenként egy méter széles, fémből készült elem gyűjtötte össze a megfigyelt parcella felszínén elfolyó vizet és a gyűjtő-gödörbe állított mérőedényekbe vezette.

A lefolyó hordalékot két darab, egyenként kétliteres, kalibrált hengerben fogtam fel. Amikor az egyik henger megtelt, rögzítettem az eltelt időt, a másik hengerben levő lefolyás mennyiségét és egy 20 literes vödörbe ürítettem a 2 literes hengerek tartalmát. Ezt addig folytattam, amíg a 20 literes vödörbe már nem fért újabb, max. 2*2 liter mennyiség, így minden 20 literes vödörben 18 és 20 liter közötti mennyiségű lefolyást tudtam tárolni. Egy-egy alkalmazott csapadékintenzitás során 3-6 vödör mennyiséget gyűjtöttem a lefolyásból. A területről az összes (mérésenként 250-350 liter) lefolyó vizet összegyűjtöttem, az esőztetés folyamat-idejének rögzítése mellett mértem, minimum 1 napig ülepítettem, majd a zagymintákat szárítottam és fizikai és kémiai vizsgálatoknak vetettem alá. Hasonló vizsgálatokat végeztem az öntözővízzel és a talajmintákkal, ez utóbbiakat kiegészítve 100 cm^3-es eredeti szerkezetű, bolygatatlan talajminták talajfizikai és vízgazdálkodási vizsgálataival. A vizsgálatok adatait a StatMost statisztikai program segítségével értékeltem.

Az eső-szimulátor telepítését és működését egy speciális (szivattyúval és áramfejlesztő aggregátorral felszerelt) nagyméretű utánfutó, valamint víztároló-, vízszállító és vízvezető és irányító-ellenőrző rendszerek és egy 1 tonnás gépkocsi biztosította.

Működtetéséhez minimum 3 személyre volt szükség. A terepen 3-4 órás munkával telepítettük és működés-kész állapotba hoztuk. A mérés és lebontás munkája is kb. ugyanennyi időt igényelt. Az eddigi gyakorlat szerint egy állásban 2 mérést hajtottam végre 24 órán belül a vizsgált talaj száraz; nedves (azaz az esőztetés indításakor szabadföldi vízkapacitásig feltöltött állapotában) és vizes (azaz az esőztetés indításakor teljes telítéshez közeli) állapotában.

Az esőztetés adatait táblázatos formában közlöm az eredmények fejezetben. A táblázatban a **26. táblázat**ban találhatók kódok fordulnak elő.

26. táblázat: Magyarázat a táblázatban található kódokhoz

Kód	Minden kód egy-egy hordalékgyűjtő edénynek felel meg Egy-egy edény 10, illetve 20 liter hordalékot képes befogadni. Az első számjegy minden esetben hatos, ez a szám jelenti az általam végzett vizsgálatokat, amelyek így elkülönülnek az esőztető berendezéssel más mintaterületeken végzett vizsgálatoktól. A 2. és a 3. számjegy jelzi a helyszínt és az ismétlések sorszámát, a páratlan számok az első, a páros számok a második felállást jelentik az esőztető berendezéssel. A 4. és az 5. számjegy az ismétlésen belül alkalmazott különböző intenzitású eső sorszáma, a 01 azt jelenti, hogy ez a beáztató esőztetés, ami általában 40 $mm*h^{-1}$. A 6. és 7. számjegy a 20 és 10 literes edények száma, jelen esetben négyvödörnyi hordalékot gyűjtöttünk.
6010101	
6010102	
6010103	
6010104	

Az esőztetés adatainak elemzéséhez nélkülözhetetlen a talajok fizikai és kémiai tulajdonságának ismerete, laboratóriumi elemzése.

3.3. A talajtípusok terepi vizsgálata

A talajtípusok mintaterületeken való kiválasztásában a Pürckhauer-féle szúróbotot használtam. Ezzel gyorsan és nagy számban lehetett vizsgálni, hogy a potenciális domboldalakon előfordul-e a kívánt talajtípus.

A talajellenállás terepi mérése rugós penetrométerrel, az ezzel párhuzamos talajnedvesség mérés laboratóriumban szárítószekrényben történt.

A pórusviszonyok részletes megismeréséhez a Vér-féle készülékkel vettem a mintákat.

A talajszelvények helyszíni vizsgálatát a Talajvédelmi és Információs Monitoring rendszer követelményeinek megfelelően végeztem. A parcellák beállítását az USDA 537-es Mezőgazdasági Kézikönyv által leírt módszer alapján végeztem el.

A víznyelés és vízáteresztés a Münz-Lainé készülék módosított változata, KERÉNYI (1991), valamint KAZÓ (1966) alapján került mérésre.

3.4. A laboratóriumi vizsgálatok

3.4.1. A beszállított hordalék kezelése

Az esőztetés során keletkezett lefolyást 10 és 20 literes, zárható vödrökben gyűjtöttem. A zagyot minimum 24 óráig ülepítettem, majd a felesleges vizet a lehetőségekhez mérten minél alaposabban eltávolítottam. Az így keletkezett 1-2 liter zagyot kb. kétliteres, zárható, hőálló műanyag dobozokban szállítottam a laborba.

A laboratóriumban a zagy víztartalmának többségét vízfürdőn párologtattam el. Ezután szárítószekrényben 105 ºC-on súlyállandóságig szárítottam tovább a mintákat.

A száraz talaj tömegét kéttizedes pontossággal gyorsmérlegen mértem.

3.4.2. A vizsgált talajok laboratóriumi elemzése

A K értékének kiszámításához a szemcseösszetétel, a humusztartalom, a szerkezet és a vízelnyelő-képesség ismerete szükséges. A nemzetközi szakirodalomban a sótartalmat és a kationcsere kapacitást is fel szokták tüntetni a K tényező mérések kapcsán a vizsgált talajokra vonatkozóan. A módszert hazai viszonyokra STEFANOVITS (1981) dolgozta ki. A talajmintákon a **27. táblázat**ban részletezett vizsgálatokat végeztem el BUZÁS alapján (1988, 1993).

27. táblázat. A vizsgált talajok tulajdonságainak laboratóriumi elemzése

Vizsgálat	Helyszín	Módszer/Eszköz
a talaj nedvességtartalmának meghatározása	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék	szárítószekrény
Arany-féle kötöttségi szám	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék	Arany-féle
mechanikai összetétel meghatározása	Magyar Állami Földtani Intézet	ülepítés
humusztartalom meghatározása	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék	Tyurin
víznyelő és vízáteresztő képesség meghatározása	Veszprémi Egyetem - Keszthelyi Agrártudományi Kar	módosított Münz-Laine készülék
porozitás	Veszprémi Egyetem - Keszthelyi Agrártudományi Kar	Vér-féle készülék
aggregátum stabilitás	Velence - Növényegészségügyi és Talajvédő Állomás	száraz szitálás
karbonáttartalom	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék Magyar Állami Földtani Intézet	Scheibler-féle kalciméter
kalcit és dolomit	Magyar Állami Földtani Intézet	
pH (KCl, H_2O)	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék Magyar Állami Földtani Intézet	elektrometriásan
kationcsere kapacitás (T érték)	SzIE-GTI, Talajtani és Agrokémiai Tanszék	Schachtschabel-cső módosított Mechlich eljárás

A talajok terepi és laboratóriumi vizsgálata után rátérek a K tényező számítási módszereinek ismertetésére.

3.5. A K tényező számítása

3.5.1. A K tényező számítása az esőztetés alapján

A látszólag egyszerű „A = R * K *L * S * C * P” képlet megoldásához lássunk egy részletet a mellékletben található táblázatokból:

Int ($mm*h^{-1}$)	Kum. Talaj (g)	Tal. Veszt. ($t*ha^{-1}$)	Idő-kum (sec)	Lefolyás (ml)	Int $mm*sec^{-1}$
129	432,33	0,3603	408,00	17200	0,03583

Az „Int ($mm*h^{-1}$)” az általam mért intenzitás értékeket tartalmazza a parcellák fala mellett elhelyezett mérőedények alapján korrigálva.
A „Kum. talaj” oszlop a kumulált lemosott talaj tömegét tartalmazza grammban.
A „Tal. Veszt. ($t*ha^{-1}$)” oszlopban a 12 m^2-ről egy hektárra átszámolt talajveszteség értékeket találjuk.
Az „Idő-kum (sec)” oszlop a kumulált időt jelenti másodpercekben mérve, azaz addig a pillanatig eltelt időt, amikor a hordalékgyűjtő edény cseréjére került sor.
A „Lefolyás (ml)” oszlop a mért lefolyást tartalmazza ml-ben.
Az „Int ($mm*sec^{-1}$)” a $mm*sec^{-1}$-ra átszámolt intenzitásértékeket tartalmazza.

eső (mm)	log10 Int	E	EI30= E*Imax30	L	S	$K=A*R^{-1}L^{-1}S^{-1}$ $t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$
14,62	2,1106	4,137	533,732	0,52	0,5731	0,002265

Az „Eső (mm)” a $mm*sec^{-1}$ és az összes eltelt idő alapján könnyen kiszámolható csapadékmennyiséget mutatja mm-ben.
A”log10 Int” a mért intenzitás értékének 10-es alapú logaritmusa.
Az „E” esőenergia kiszámításához a következő képletet használtam az USLE-nak megfelelően E = [**(** (11,89+(8,73*lgInt))*(eső mennyisége mm-ben) **)**] / 1000
Az „EI30” a harminc perces intenzitás az „E*Imax30”, azaz a 30 perces maximális intenzitásnak (jelen esetben az intenzitás oszlopban szereplő érték) és az előbb kiszámolt esőenergia szorzata.
Az „L” a lejtőhossz tényezője. Számítása a következő:
$L = 0{,}212048*(\text{lejtőhossz méterben})^{0{,}500598}$.
Az „S” a lejtőhajlás tényezője. Számítása a következő:
$S = 0{,}0681+0{,}0448397*(\text{lejtőszög \%-ban})+0{,}00653395*(\text{lejtőszög \%-ban})^2$
Miután az egyes tényezőket kiszámoltuk, már csak a K tényezőt kell kiszámolni. A képlet már ismert: $K=A*R^{-1}*L^{-1}*S^{-1}$; mértékegysége: $t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$

3.5.2. A K tényező számítása talajtulajdonságok alapján

WISCHMEIER és MANNERING (1969) 55 talajtípus erodálhatóságát vizsgálták ötéves kísérletsorozatban terepi és laboratóriumi körülmények között az USA középnyugati államaiban. A vizsgálatok eredményeként megállapították, hogy a magas iszap, valamint alacsony agyag és szervesanyag-tartalommal rendelkező talajok erodálhatósága nagy. A legfontosabb tényezőként a szemcsefrakció eloszlást azonosították. A szervesanyag-tartalom volt a második leginkább meghatározó. Az eredmények alapján alkották a következő egyenletet:

$$\boxed{K = 0{,}027*M^{1{,}14} * 10^{-4} * (12-SOM) + 0{,}042 * (SS-2) + 0{,}032 * (PP-3)}, \text{ ahol}$$

Az egyszerűség kedvéért, mivel minden egyenletben ugyanazok a tényezők szerepelnek, az azonos tényezőket azonos jelzéssel láttam el:

*M = (0,002-0,1 mm-es szemcsefrakció %-ban) * (100 - 0,002 mm alatti frakció %-ban), kivéve, ha a képlet alatti magyarázó eltér;*

SOM (Soil Organic Matter) = szerves anyag %-ban;

SS (Soil Structure class) = az aggregátumok kódja;

PP (Profile Permeability class) = vízáteresztés kódja.

A különbségek az egyes tudományos folyóiratok szerkesztőségeinek előírásait tükrözték.

Az egyenlet csak abban az esetben érvényes, ha a 0,002 - 0,1 mm-es frakció < 70%, illetve a K tényező értéke 0,17 (USA mértékegységben) fölött van.

A kutatás adatait nemcsak az egyenlet, hanem nomogramok megalkotásához is használták, amellyel bizonyos fizikai és kémiai talajtulajdonságok ismeretében a K tényező becsülhető.

REJMAN et al. (1998) is foglalkoznak a K tényező egyenlet alapján történő meghatározásával. Szerintük az eredmények SI mértékegységben történő megjelentetéséhez a végeredményt 7,59-el el kell osztani. Interpretációjukban az egyenlet a következő formában néz ki.

$$K = [2{,}1*10^{-4}*(12-SOM)*M^{1{,}14}+3{,}25(SS-2)+2{,}5(PP-3)]/100$$

A magyarázóban leírják, hogy az M tényező a 0,002-0,1 mm közötti frakció százalékban. Láthatóan az USLE magyarázóban és a későbbi mérések szerint sem korrekt ez a meghatározás, hiszen két részlet szükséges az M tényező megadásához és a 0,002-0,1 mm közötti frakció csak az első tényező, ezt meg kell szorozni a 0,002 mm alatti frakció százalékával.

EDWARDS és ROSEWELL (1990) közlik az egyenlet alakját, amelynek segítségével a K tényezőt SI mértékegységben kapjuk:

$$K = 2{,}77 * M^{1{,}14} * (10^{-7}) * (12-SOM) + 4{,}28 * (10^{-3}) * (SS-2) + 3{,}29 * (10^{-3}) * (PP-3)$$

A K tényező számítási módjainak bemutatása után az alkalmazott statisztikai módszereket mutatom be.

3.6. Az alkalmazott statisztikai elemzések

A mesterséges esőztetés lefolyásgörbéinek illesztése a Horton-képlet és a StatMost statisztikai program segítségével történt. A Horton-képlet alapján a lefolyás kezdetének (perc), a lefolyásintenzitás beállásának (mm*perc^{-1}) és a beállási időnek a lefolyásgörbe alapján való becslésével kapott bemenő paraméterei alapján a StatMost program megadja a görbe nevezetes pontjainak (lefolyás kezdete, a lefolyásintenzitás egyensúlyának kialakulása, stb.) pontos értékét. Bár a dolgozatnak nem célja a lefolyásgörbék vizsgálata, a kimeneti adatok pontossága szempontjából fontos az elemzés.

A K tényezők közötti különbségek vizsgálatához az SPSS programot használtam. Ennek során kétutas varianciaanalízis segítségével elemeztem az intenzitások, a talajtípusok és a K tényezők összetett kapcsolatrendszerét.

A középértékek, szórások meghatározását a felhasznált GIS szoftverekhez tartozó programok és az Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem.

3.7. A talajveszteséget becslő térképek készítése

3.7.1. A felhasznált alaptérképek

A mintaterületek eróziós térképének elkészítéséhez szükség volt a Wischmeier-Smith-féle egyenlet tényezőinek térképes ábrázolására: A=R*K*L*S*C*P.

A csapadék erozivitásának részletes ábrázolására az általam használt méretarányban nem volt lehetőség, így az R tényező minden területen konstans volt.

A talajerodálhatósági tényező (K) ábrázolásához szükségem volt a terület 1:10000-es méretarányú genetikus talajtérképére. A Tihanyi-félsziget egészére (BARCZI, 1996), a somogyvári és a balatonszabadi mintaterület egy részére rendelkezésre állt genetikus talajtérkép. A nemessándorházi területre pedig el kellett készíteni a térképet.

Az L és S tényezők térképének elkészítéséhez felhasználtam az EOV térképek magassági pontjait és szintvonalait.

A C tényező térkép elkészítéséhez, az EOV szelvények felszínborításra vonatkozó adatait, illetve a Tihanyi-félsziget esetében ZSEMBERY (1999) digitális formában elkészített botanikai térképét használtam.

Az adatbázisok felépítéséhez felhasznált analóg térképek:

1.	33-323 számú, M = 1:10 000 EOV térképszelvény (Somogyvár)
2.	44-312 számú, M = 1:10 000 EOV térképszelvény (Balatonszabadi)
3.	42-334 számú, M = 1:10 000 EOV térképszelvény (Nemessándorháza)
4.	43-412 számú, M = 1:10 000 EOV térképszelvény a (Tihanyi)
5.	43-234 számú, M = 1:10 000 EOV térképszelvény (Balatonfüred, Tihanyhoz)
6.	Genetikus talajtérkép Somogyvár területére
7.	Genetikus talajtérkép Balatonszabadi külterületére

3.7.1. Az USLE tényezőinek térinformatikai feldolgozása

Az **R tényező** térképi ábrázolására nem volt lehetőség, mivel a területen csak a saját csapadékmérő állomásom működött. Az R tényező megbízható számításához hosszú

évek méréssorozatára van szükség. Így az R tényező helyett az esőztetés során számított EI indexet használtam, ezzel készítettem prognózist a területre.

A **K tényező** térinformatikai földolgozásához szükséges van az 1:10 000-es méretarányú talajtérképre. A poligon topológiájú térképet, adatbázisának föltöltése után az Arc/Info programmal GRID-dé konvertáltam.

Az LS tényező térinformatikai földolgozásához szükség volt a terület domborzat-modelljének elkészítésére. A domborzatmodell PATAKI (2000) diploma munkája alapján készült. Az Arc/Info fejlesztői egy ausztrál programot építettek be a domborzat-modellek elkészítéséhez. Többféle eljárás ismert, amivel pont vagy vonal típusú adatokra lehet felületet illeszteni, ezek egyike a TOPOGRID.

A TOPOGRID az ANUDEM eljárást alkalmazza a lefolyáshelyes felületmodell elkészítéséhez. Az alapadatok a szintvonalak, magassági pontok, a tavak vagy nagyobb vízfelületek és a vízfolyások lehetnek.

Az alapadatok az M=1:10 000-es EOV vetületű topográfiai térképekből származtak. A lefolyásokat befolyásoló utakat is figyelembe vettem.

PATAKI (2000) munkájában a domborzatmodell elkészítéséhez előzetes vizsgálatok készültek egy kisebb teszterületen, amelynek a cellaméretek meghatározása, valamint a TOPOGRID paraméterezésének optimális beállítása volt a cél. Ezeket az elemzéseket én is elvégeztem a munkatérképeken.

Ezekben a vizsgálatokban a TOPOGRID többi beállítási lehetőségét is vizsgálta, amelyek a következők voltak:

- „Cellsize”, a szintvonalak függőleges távolságaihoz képest lett megállapítva. Ugyanarról a területről több cellamérettel készültek felületek, majd a domborzat profilját összehasonlította a szintvonalak értékeivel.
- „Margin”, az interpolálások leggyakoribb hibájának kiküszöbölésére szolgál. Ez a hiba abból adódik, hogy a térképek szélére eső celláknak legalább egyik oldalán nincsen adat. Ennek egyik megoldása, hogy nagyobb területre készül a felület, mint amire szükség van, majd a hibákkal terhelt széleket a vizsgált terület határaival levágják. A „margin” a térképi méretarányban megállapított távolság, amivel be lehet állítani, hogy hány cellával nagyobb területre készüljön a domborzatmodell, amit a TOPOGRID automatikusan kivág egy előre megadott határvonallal.
- „Tolerances”, a függőleges és vízszintes eltérések négyzetes hibáját lehet beállítani. A megadható (tol1) érték jelöli, hogy milyen pontosan kapom vissza a bemeneti adatokat a domborzatmodellből. Alapbeállítása a négyzetes hibáknak 0; a tol1-nek pedig 2,5. Ezek az értékek az M=1:50 000-es méretarányhoz lettek optimalizálva. Próba készült a 0,0,0 beállítással is de ebben az esetben az interpolált felület megtörik a szintvonalakon, ami befolyásolja a lefolyás-útvonalakat.

A végleges eredmények a vizsgálatokból a következők. A TOPOGRID optimális beállítása a mintaterületre: „cellsize” 2, „margin” 5, „tolerances” 0, 0, 1.

Az első futtatás alkalmával elkészült felületmodelleket korrigálni kellet a kritikus területeken. Ezek ott fordulnak elő, ahol a meredek lejtők hirtelen váltak lankássá és nincs elegendő számú szintvonal. A megoldást a szintvonalak kézi berajzolása jelentette. Hasonlóan nehezen modellezhető területek a külszíni bányák meddőhányói, a függőleges sziklafalak, de a mintaterületeken ilyen felszíni formák nem voltak, így ezek javításával nem kellet foglalkozni. A végleges domborzati modell többszöri futtatás és ellenőrzés eredményeként született meg.

A végső korrekciót az utak modellbe illesztése jelentette. Mivel a kövezett utak megtörik a lejtőket és megvezetik a vízfolyásokat, a mintaterületen lévő utakat a felületből 0,5 méterrel kiemeltem.

Az elkészült domborzat-modellekből az LS tényező térkép elkészítéséhez HICKEY et al. (1994) AML „script”-jét használtam. Ezt a programot az USLE használati útmutatójának megfelelően kijavítottam, mivel az AML „script”-ben nem volt korlátozva a maximális lejtőhossz. A program az egymás mellett elhelyezkedő cellák magassági értékeiből modellezi a víz valószínű folyásirányát. Minden egyes képpontra egyértelműen kiszámolja, hány cellán keresztül folyik bele a víz, ami megegyezik a lejtőhosszal. A lejtés tényezőjével kiegészítve adja meg az LS tényező térképi adatbázisát.

Ez az oldal mellékletben p_48 néven!!!!!

7. ábra: A domborzat modellhez szükséges adatok: szintvonalak, magassági pontok, vízfolyások, tavak

(+1 oldal a 3 színes LS tényező részlettel: **8., 9., 10., 11. ábra**)

Ez az oldal mellékletben p_49 néven!!!!!

A **C tényező** térinformatikai földolgozásához szükség volt az egyes felszínborítási osztályok lehatárolására és digitális rögzítésére. Ehhez az 1:10 000-es méretarányú EOV térképlapok nyújtottak információt. A C tényező meghatározására számos külföldi (WISCHMEIER 1975) és hazai publikáció rendelkezésre állt (KISS R-NÉ et al. 1984).

A **P tényező** konstans volt az egész területre. A feldolgozott méretarányban nem ábrázolható talajvédelem.

Ezzel gyakorlatilag az összes tényező digitális adatbázisa rendelkezésre állt az USLE modell térinformatikai módszerrel való alkalmazásához. A disszertáció egyik fontos célkitűzése, hogy felhívja a figyelmet a különböző K tényezők alkalmazásában rejlő buktatókra, a talajveszteség előrejelzésére való hatására.

4. Eredmények

4.1. A vizsgált talajtípusok elemzésének terepi- és laboratóriumi eredményei

4.1.1. A talajszelvények helyszíni vizsgálatának fontossága

A dolgozat fő célja a talajerodálhatósági tényező vizsgálata. A K tényező vizsgálata során számos hazai és külföldi irodalmat vizsgáltam meg. Adatokat gyűjtöttem olyan talajtípusokra vonatkozóan, amelyek K tényezőjét a különböző folyóiratokban és egyéb publikációkban megjelenő tudományos cikkek közölték. Ezzel az volt a célom, hogy az általam vizsgált talajtípusokhoz hasonlót találjak. A hasonlóság lehetőséget ad a kutatóknak arra, hogy összehasonlítást végezzenek az általuk mért K tényezőkkel.

Sajnos a publikációk többsége nem közli az ehhez szükséges adatokat. Gyakran olvashatunk arról, hogy hasonló talajtípusok, hasonló mérési körülmények között teljesen különbözőképpen állnak ellen a csapadék erodáló hatásának. Ez teljesen valószínű, hiszen akár a humusztartalomban, akár a szemcsefrakcióban, akár a csapadék intenzitásában való eltérés megváltoztathatja az adott talajtípus K tényezőjét. Éppen ezért fontosnak tartottam az általam vizsgált talajtípusok 4.1. pontban történő részletes jellemzését, kiegészítve esetleg olyan adatokkal és részletekkel, amelyek a jegyzőkönyvekben, eredmény-táblázatokban és magyarázókban nem feltétlenül kerülnek tárgyalásra. Ezáltal egy hasonló talajtípus K tényezőjével való összehasonlítás esetén az apró különbségek kimutathatók. Itt kell megjegyeznem, hogy a vizsgált, szántó művelés alatt álló talajok mindegyike ki volt téve a csapadék erodáló hatásának. Ennek megfelelően mind a hét vizsgált típus erodált volt, természetesen különböző mértékben. A folyamatos terepi ellenőrzés és terepbejárás rámutatott arra, hogy az erodáltság mértéke nem a talajvédő művelés különböző színvonalától, hanem a művelésbe vétel idejétől függ.

Mind a hét vizsgált talaj helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyve megtalálható a mellékletekben.

A könnyebb áttekinthetőség céljából ettől a továbbiakban a vizsgálati eredményeket abban a sorrendben vizsgálom, ahogyan az USLE egységparcellák beállítása történt. Ebben a sorrendben folytak az esőztetési vizsgálatok is.

4.1.2. Somogyvár, csernozjom barna erdőtalaj

A somogyvári helyszín kiválasztása hosszú helyszínbejárás eredménye volt. A terepbejárás során már birtokomban volt egy talajtérkép, amelyet a Balatonboglári

Földhivatal bocsátott rendelkezésemre. Az első talajszelvény helyszíni vizsgálata során feltártam az ilyenkor szokásos általános talajtulajdonságokat. A helyszín Somogyvár településtől északra található. A szelvényre a vályog/homokos vályog fizikai féleség és a $CaCO_3$ jelenléte jellemző. A szelvény löszön alakult ki. A parcella keleti fekvésű volt, 6 %-os lejtéssel. A genetikai szintek mind színben, mind fizikai féleségben, mind tömődöttségben jól elkülönültek. A vizsgált szelvényeben A, B és C szinteket különítettem el. A B szint agyagtartalma 2,5 %-al meghaladta az A szint agyagtartalmát a homokfrakció rovására. A szelvényleírás, a meglévő genetikus talajtérkép és a laboratóriumi eredmények alapján a talajt a csernozjom barna erdőtalaj típusba soroltam (továbbiakban CSBET). A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**1. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.3. Somogyvár, humuszkarbonát talaj

A helyszín Somogyvár településtől délre található. A szelvény tulajdonságai közül a vályog fizikai féleség és a magas $CaCO_3$ tartalom meghatározó. A $CaCO_3$ sokkal nagyobb mennyiségben volt jelen, mint az előző szelvény szintjeiben. Jelen esetben már az A szint $CaCO_3$ tartalma is elérte a 21 %-ot, így meghaladta a korábban vizsgált CSBET C szintjének $CaCO_3$ tartalmát. Ez a szelvény is löszön alakult ki, amelyben szintén érezhető egy kis homok frakció. A parcella déli fekvésű volt, 7,3 %-os lejtéssel. A két genetikai szint elsősorban színben különbözött. Tömődöttségben is jól elhatárolódtak, de ez nem genetikus jelleg. A szelvény nem sorolható a földes kopár talajokhoz - bár itt is tapasztalható az erózió erős hatása -, az A szint vastagsága túl nagy, hogy kielégítse a földes kopár talaj kritériumait. A szint elvékonyodása azonban a talajvédelmi beavatkozások teljes hiányának köszönhetően csak idő kérdése. Az A szint humusztartalma a szelvény lepusztultságához mérten azonban jelentős, megközelíti az előzőekben vizsgált CSBET A szintjének humusztartalmát. A talaj egy tipikus AC talaj, amelynek tulajdonságait a lösz erőteljesen befolyásolja. Erősen kevert mind a művelés, mind az erózió hatása miatt. Az itt töltött három éven belül, az egyik évben egy 25-30 cm mély barázda fejlődött ki a parcella falával párhuzamosan, a közeli mélyedésben pedig a szedimentáció mintapéldáját láthattuk. A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**2 Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.4. Somogyvár, rozsdabarna erdőtalaj

A helyszín Somogyvár településtől délre található. A szelvényben a homok fizikai féleség dominált. Jellemző ezen kívül a könnyen felismerhető talajpusztulás, az A és B szintek a BC szinttel együtt összesen 40 cm-es vastagságot értek el. Az adott szelvény löszös homokon alakult ki, a szemcsefrakció elemzésből jól látható, hogy a homok frakcióból volt a legtöbb. A parcella déli fekvésű volt, 5 %-os lejtéssel. A genetikai szintek színben jól elkülönültek, jól felismerhető állapotban megmaradt a vörösesbarna B szint. Az A és a B szintek szemcsefrakció eloszlása nagy mértékű hasonlóságot

mutat. Az erózió jól látható jegyeit figyelhettem meg a vizsgált táblán eróziós barázdák formájában. A tábla szélén, az erdő határán egy eróziós árok fejlődött ki az elmúlt néhány évtizedben. Az elmúlt három évben tovább nőtt az árokba beboruló fák száma, tehát tovább nőtt az árok hátravágódása. A szelvényleírás, a meglévő genetikus talajtérkép és a laboratóriumi eredmények alapján a talajt a rozsdabarna erdőtalaj típusba soroltam (továbbiakban RBET). A szelvény közepesen erodált. A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**3. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.5. Balatonszabadi, mészlepedékes csernozjom talaj

A helyszín Balatonszabadi településtől keletre található. A szelvényben megtalálhatók voltak a csernozjom talajra jellemző bélyegek. Az A szint sötét színű, humuszos és mély volt, aktív biológiai élet nyomaival. Az adott szelvény tisztább löszön alakult ki, mint a vizsgált CSBET és humuszkarbonát talajok. A C szint 14 %-kal kevesebb homokfrakciót tartalmazott, mint az előbbi két talaj C szintje. A parcella nyugati fekvésű volt, 5 %-os lejtéssel. A szelvényfeltárás idején a szelvény friss nedvességi állapotban volt, így a mészlepedék nem volt megfigyelhető, segítségemre volt azonban a termelőszövetkezet tulajdonában lévő genetikus talajtérkép. Az esőztetés idején, a talaj száraz állapotában a mészlepedék szépen körvonalazódott. A C szint felé az átmenet folyamatos. Az esőztetés idején a 20-30 cm-es rétegben erősen tömődött eketalp réteget fedeztünk fel, ami a szerkezet romlásával járt együtt: kagylós-töréses szerkezetet találtunk, másodlagos töréses szerkezettel. Az egyes szelvények részletes tömődöttségére vonatkozó vizsgálatokat később, az esőztetéssel kapcsolatos eredményekkel kapcsolatban elemzem. A szelvényleírás, a meglévő genetikus talajtérkép és a laboratóriumi eredmények alapján a talajt a mészlepedékes csernozjom talaj típusba soroltam. A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**4. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.6. Tihany, fekete nyiroktalaj

A szelvény a felvételezés idején friss volt, szerkezete aprószemcsés, színe mélyfekete, rendelkezett a fekete nyirokra jellemző bélyegekkel. Legfontosabb tulajdonsága, ami miatt a vizsgálandó talajok listájára került, a magas agyag- és iszap-, valamint az alacsony homoktartalom volt. A laboratóriumi eredmények szerint ennek a talajnak volt a legnagyobb humusztartalma és kationcserélő képessége (T érték).

Az esőztetés szántott és száraz talajon történt. Az egyes szerkezeti elemek egymástól elkülönülten álltak, így könnyen mosódtak le. Valószínű, hogy egy nedves, kellően ülepedett talajállapotban történő mérés más K tényezőket eredményezett volna.

A szelvényleírás, a BARCZI (1996) által készített genetikus talajtérkép és a laboratóriumi eredmények alapján a talajt a fekete nyiroktalaj típusba soroltam. A

szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**5. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.7. Nemessándorháza, agyagbemosódásos barna erdőtalaj

A nemessándorházi terület Zalaegerszegtől DK-re helyezkedik el. A csapadék mennyisége ebben az országrészben kedvez az agyagbemosódásos barna erdőtalajok kialakulásának. Mintaterületemen a kiválasztást elősegítette, hogy a gazdaság aratógépe nem volt képes learatni a kukoricát az egyik, majorhoz közeli szántón. Ez már nagy agyagtartalmat feltételezett, amit a szúróbotos vizsgálatok és a későbbi szelvényfeltárás is bizonyított. A terület közepesen erodált, amely magyarázza a humuszos A szint hiányát. A szántott A szint mind színében, mind fizikai féleségében különbözött az alatta fekvő B szinttől. A dolgozatban leírt szintek közül ennek a talajnak a B szintje tartalmazta a legtöbb agyagfrakciót, 31 %-ot.

Jelen esetben nem állt rendelkezésemre genetikus talajtérkép. A szelvényleírás és a laboratóriumi eredmények azonban alátámasztották a szúróbotos vizsgálatok eredményét, miszerint agyagbemosódásos barna erdőtalaj típussal állok szemben (továbbiakban ABET). A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**6. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.8. Nemessándorháza, Ramann-féle barna erdőtalaj

A talajtípus közepesen erodált területen található, az eredeti, erdő vegetáció alatt kialakult morzsás A szint már lepusztult. Az A és B szint összesen 60 cm vastagságú volt. A tábla, ahol a mintaterület elhelyezkedett, több eróziós foltot is tartalmazott. Ezeken a területeken az alapkőzet a felszínre került. Egyes helyeken a helytelen művelés is gyorsította az eróziót. A tábla szélén egy beugró gyepfolt körül márgát találtunk a felszínen. Az eróziós parcella mellett gyeppel benőtt eróziós árok volt, amelyet a lejtő felső harmadában már erdő borított.

Ebben az esetben sem állt rendelkezésemre genetikus talajtérkép. A szelvényleírás és a laboratóriumi eredmények alapján a talajt a Ramann-féle barna erdőtalaj típusba soroltam (továbbiakban Ramann). A szelvény közepesen erodált volt. A szelvény részletes leírása megtalálható a mellékletekben (**7. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv**).

4.1.9. A talajszelvények laboratóriumi vizsgálata

Bár a K tényező számításához közvetlenül csak az „Anyag és módszer” fejezetben leírt tényezők vizsgálatára van szükség, a vizsgált talajtípusokról alkotott teljes kép kialakításához és a talajtípusok meghatározásához a 4.1.6. alfejezet tükrében szükség

volt az egyes genetikai szintek alapvető talajtani vizsgálatára is. Ezeket láthatjuk a **28. táblázat**ban.

A terepi mérések szerint a felső 20-30 cm volt a legnagyobb hatással az erózióra. Gyakran csak ezt a felső réteget vizsgálják, amikor beszállítják egy eróziós mérőállomásra. Véleményem szerint a talajtípusok K tényezője azért bizonyul a kutatók által nem várt mértékben, mert a mélyebben fekvő rétegek nagymértékben befolyásolják a felettük lévő szintek tulajdonságait is. Jó példa erre az egyik, nomogramban is szereplő tényező: a vízáteresztés. Az egyes szintek differenciált porozitásában rejlő különbségek gyökeresen megváltoztathatják a vízáteresztés tulajdonságait az egész talajszelvényre vonatkozóan. Ezért is fontos a szintenkénti vizsgálat.

Német vizsgálatok szerint a magas sótartalom, elsősorban a Na^+ ionok fokozott jelenléte befolyásolja a K tényező nagyságát (AUERSWALD et al., 1996). A vizsgált talajok azonban méréseim szerint egyik szintben sem tartalmaznak kiugróan magas mennyiségű Na^+-ot.

A kationcsere vizsgálatok segítséget nyújthatnak a K tényezőkben rejlő különbségek feltárásában, mivel az értékekből következtetni lehet az agyagásványok minőségére. Az agyagásványok pontos ismerete előrelendítheti a vizsgálatokat, bár a K tényező meghatározásánál az USLE használati útmutató szerint erre nincs szükség.

28. táblázat. A vizsgált talajok genetikus talajszintjeinek laboratóriumi vizsgálati eredményei

Talajtípus	Minta jele	pH	pH	$CaCO_3$ %	Szemcsefrakció (mm)			CEC mgeé/ 100 g	Humusz
					0-0,002	0,002-0,02	0,02-2		
		H_2O	KCl		%				%
CSBET	A	7,5	7,2	0,95	20,54	19,93	59,53	17,4	1,53
	B	7,45	7,3	3,76	23,52	19,26	57,22	22,5	0,68
	C	7,85	7,7	19,88	15,89	24,31	59,81	13,4	0,23
Humusz karbonát	A	7,8	7,3	21,55	18,24	27,62	54,14	13,0	1,44
	C	8,1	7,5	23,36	16,73	23,37	59,90	30,7	0,59
RBET	A	7,4	7,3	2,61	11,73	7,04	81,23	17,8	0,95
	B	7,6	7,2	3,2	11,37	7,59	81,05	6,1	0,91
	C	8,0	7,6	22,99	15,32	13,16	71,52	28,0	0,62
Mészlepedékes csernozjom	A	7,3	7,1	4,2	31,68	31,10	37,22	36,5	3,21
	B	7,5	7,4	6,15	29,62	33,21	37,18	31,9	2,11
	C	7,7	7,6	21,33	26,58	29,43	43,99	18,5	0,75
Fekete nyirok	A	7,7	6,4	0	27,35	39,23	33,42	45,3	6,32
ABET	A	6,9	6,1	0	25,22	28,86	45,92	30,7	0,85
	B	6,7	5,8	0	31,01	26,32	42,67	43,8	0,81
	C	7,4	7,2	11,36	14,16	29,52	56,33	30,7	0,56
Ramann	A	7,3	6,6	0	27,88	27,24	44,88	36,5	1,71
	B	7,3	6,9	0	22,23	22,57	55,20	15,0	0,83
	C	7,7	7,4	13,1	12,74	18,47	68,79	8,5	0,68

A genetikai szintek vizsgálata után a legfontosabb feladat a végeredmény mértékegységének vizsgálata.

4.2. Az USLE tényezőinek mértékegysége

A K tényezőre vonatkozó, szakcikkekben fellelhető irodalmi adatok félreértéseket okozhatnak. Ennek oka az, hogy a szerzők gyakran dimenzió nélkülinek tekintik a K tényezőt, így nem közlik kutatási eredményeik mértékegységét.

Ha vetünk egy pillantást az „A = R * K * L * S * C * P" egyenletre, felmerül, hogy milyen mértékegysége lehet az egyes tényezőknek és az mennyiben befolyásolja a végeredményt.

Annyit biztosan tudunk, hogy a talajveszteség, azaz az egyenlet bal oldalán álló „A" tényező mértékegységét „tonna per hektár per év"-ben kell megadni, hiszen ezt használjuk általánosan és a szakmai folyóiratok is ezt adják meg.

Felmerül azonban a kérdés, hogy a többi tényezőnek van-e mértékegysége és ha igen, akkor az pontosan mi.

1981-ben jelent meg egy cikk az USLE tényezőinek SI mértékegységre való átváltásáról (FOSTER et al.). Az 1981-es cikk eredményei 1984-ben megjelentek magyarul is a Vízgazdálkodási Intézet „Talajvédelem és lefolyás" című munkájában (KISS et al. 1984). A magyar dolgozat szerzői azonban nem fejtik ki részletesen FOSTER et al. (1981) eredményeit.. KISS et al. (1984) munkája alapján SZALAI (1989) közli a FOSTER et al. által 1981-ben közölt SI mértékegységeket. A K tényező FOSTER et al. (1981) által javasolt maximális 0,1-es értékével szemben 1 és 5 közötti átlagértékek használatát javasolja.

Ugyancsak a mértékegységek problémája merült fel MARTIN (1988) doktori dolgozatában. MARTIN (1988) természetes és mesterséges csapadék hatását vizsgálta a talajerodálhatóságra vonatkozóan. Alapvetően az USLE „A = R * K * L * S * C * P" egyenletét használta munkájában. A módszer bemutatásakor a csapadék erozivitásának (EI_{30}) mértékegységéül „$N*h^{-1}$"-t jelölte meg. Négy oldallal később már az energiát „$kJ*m^{-2}*mm^{-1}$"-ben, az intenzitást „$mm*h^{-1}$"-ban, a csapadék idejét pedig „perc"-ben közölte. Ez nagymértékben megzavarhatja a témában nem jártas, ugyanakkor a talajvédelmi tervezésben az USLE-t használni kívánó szakemberek munkáját.

Az átváltás körüli problémák megoldása nélkülözhetetlen a talajvédelmi tervezésben alkalmazott modellek megfelelő alkalmazásához.

4.2.1. Az R és EI tényezők mértékegysége

Az USLE egy egész évre becsül eróziót, így minden tényezője egy egész éves átlagot kell, hogy reprezentáljon. Az R tényező az egyes erozív csapadékok erozivitás értékeinek, vagy EI (=Erosivity Index) értékének összegéből tevődik össze. Az EI érték az adott csapadék összes energiájának és 30 perces maximális intenzitásának a szorzatából jön létre. Az egységnyi csapadék (USA-ban „inch", hazánkban, illetve Európában „mm") energiája és a csapadék mennyiségének szorzata fogja adni az „E" értékét.

A csapadék energiájára vonatkozó eredeti, amerikai számítás a következő formában ismert:

$$\mathbf{e = 916 + 331*\log_{10}i,} \text{ ahol}$$

„e” az egységnyi csapadék energiája, „i” pedig az intenzitása. Amennyiben a csapadék intenzitása meghaladja a 3 inch*h^{-1} értéket, akkor az egyenlet a következőképpen módosul: **e = 1074,** azaz a mérések és tapasztalatok szerint az ennél hevsebb csapadéknak már nem nő tovább az energiája.

Az $\mathbf{e = 916 + 331*\log_{10}i}$ egyenlet SI mértékegységre való fordításához első lépésben az „inch”-et kell „mm”-re váltani, amely 25,4 mm-nek felel meg. Ezek után az egyenlet a következő formát veszi fel:

$$\mathbf{e = 916 + 331*\log_{10}(i*25{,}4),}$$

ami átalakítva

$$\mathbf{e = 916 + ((331*\log_{10}(i)) - 331*\log_{10}(25{,}4)),}$$

tehát

$$\mathbf{e = 451 + 331*\log_{10}(25{,}4).}$$

Az USA-ban az „e” mértékegysége „foot-tonf*acre-inch^{-1}”. Amennyiben „MJ*ha^{-1}*mm^{-1}”-ben szeretnénk az energiát megkapni, akkor „2,638*10^{-4}”-el kell beszorozni az egyenletünket, amely így a következő lesz:

$$\mathbf{e_{SI} = 0{,}119+0{,}0873*\log_{10}i,}$$

ha 76 mm*h^{-1}-nál kisebb az intenzitás. Amennyiben 76 mm*h^{-1}-nál nagyobb az intenzitás, úgy $\mathbf{e_{SI} = 0{,}283}$. Az **„$e_{SI}$”** az egységnyi csapadék SI mértékegységben számolt energiája, amelynek mértékegysége „MJ*ha^{-1}*mm^{-1}”.

Az erő SI mértékegysége a Newton (N), az energiáé a Joule (J), egy Joule pedig egy Newton szorozva egy méterrel. A „joule” „megajoule”-ra való átváltása csökkenteni fogja a kapott eredmények értékének nagyságát.

Az R tényező egy, „100*foot-tonf*inch*acre^{-1}*h^{-1}*év^{-1}”-ban kifejezett egységének átváltása „MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}*év^{-1}”-ra úgy történik, hogy az amerikai értéket meg kell szorozni 17,02-vel. Ennek az lesz a következménye, hogy az USA-ban elkészített R tényező térképen „MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}*év^{-1}”-ben feltüntetett értékek 17-szer nagyobbak lesznek, azaz 10000 körül lesz a maximális érték az USA területére.

Az ilyetén átváltásnak két előnye is van: 1. eltűnik a képletből az USA-ban használatos 100-szoros szorzó, 2. ránézésre megkülönböztethető a két érték.

Amennyiben az EI értékét „N*h^{-1}”-ban adjuk meg, úgy a 17-szeres szorzó helyett csak 1,7-del kell megszorozni az amerikai mértékegységben megadott értékeket, így azok hasonlóak lesznek és keveredésre adhatnak okot.

A magyar szabvány „kJ*m^{2}*mm*h^{-1}”-ban adja meg az R tényező mértékegységét és így hasonlítja össze a bajor és az amerikai értékeket.

4.2.2. A K tényező mértékegysége

KISS et al. (1984) munkájukban leírják FOSTER et al. (1981) által közölt eredményeket az átváltásról, sőt bemutatják a K tényező számítására alkalmas nomogramot SI mértékegységben ($t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$). Később közlik STEFANOVITS (1966/b) adatait egy táblázatban, ahol a K tényezők 0,2 és 0,6 közötti értékeket vesznek fel. A mértékegység itt sincs feltüntetve. KISS et al. (1984) nem elemzik annak okát, hogy miért szerepelnek tízszer akkora értékek az általuk közölt STEFANOVITS (1966/b) táblázatban, mint a nomogramban. A hazai talajtípusok K tényezői azonban az USA talajsorozatok talajvizsgálati eredményeinek hasonlósága alapján lettek meghatározva, így mértékegységük megegyezik az amerikaival.

Az irodalmi adatok között gyakran találkozunk hasonló esetekkel. Az USLE talajveszteség becslésére való alkalmazását nehezíti, ha nem tudjuk, hogy a modellben használt K tényezőinknek mi a mértékegysége, hiszen akkor az R (csapadék éves erozivitása) vagy EI (egy adott csapadékesemény erozivitása) tényező mértékegységét nem tudjuk a K tényezőével szinkronba hozni.

Az egyenlet kidolgozása során a K tényező számítása úgy történt, hogy az adott talajon mért talajveszteséget elosztották a csapadék erozivitásával (R vagy EI), amit mind az USLE egységparcellán mértek. Így a K tényező mértékegysége a tömeg per terület per erozivitás mértékegységeiből adódik.

A K tényező számításakor dolgozatomban individuális csapadékok alapján számoltam ki az egyes K tényezőket, így azok az „év” dimenziót nem tartalmazzák. Az „A” mértékegysége „$t*ha^{-1}$”, az „EI” mértékegysége pedig „$MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}$” lett. Ezekből is ki tudjuk számolni a K mértékegységét, hiszen a többi tényező dimenzió nélküli szám, azaz:

$$„K\ mértékegysége = (t*ha^{-1})/(MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1})”,$$

aminek az eredménye:

$$„t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”,$$

aminek az egyszerűsített formája a „ha”-ral egyszerűsítve:

$$„t*h*MJ^{-1}*mm^{-1}” \text{ lesz.}$$

A hektárt azért érdemes a képletben feltüntetnini, mert így látható, hogy a dimenzió kialakulásában a területnek is jelentősége van, azaz mind a csapadék erozivitása, mind a talaj erodálhatósága egy hektárra vonatkozik.

FOSTER et al. (1981) leírása alapján az amerikai talajok K tényezőjének értékét úgy kapjuk meg SI mértékegységben, ha az amerikai mértékegységben kifejezett értéket megszorozzuk 0,1317-el.

Az USA-ban történő mérések szerint a talajok K tényezőjének döntő többsége nem haladja meg a 0,75-öt, ezért ezt tekinthetjük maximális amerikai értéknek. Ezt ha beszorozzuk a FOSTER et al. (1981) által javasolt 0,1317-el, akkor kapjuk meg a K tényező maximális értékét SI mértékegységben, mégpedig „$t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$”-ben:

$$0{,}75 * 0{,}1317 \approx 0{,}1.$$

Az SI mértékegységként elfogadott „$t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$”-ben kifejezett K tényező maximálisan tehát 0,1 lehet. A tényezők átváltásának részletezése megtalálható a cikkben (FOSTER et al,. 1981). Itt szeretném felhívni a figyelmet, hogy a 357. oldalon hektár négyzetméterre való váltásánál nyomdai hiba van (10000 helyett 1000 m^2-t írnak), a levont következtetések azonban helytállóak, a végeredmény jó.

A magyar szabvány, az R tényező mértékegységének megállapítása után következetesen „$t*m^2*h*ha^{-1}*kJ^{-1}*mm^{-1}$”-ben adja meg a K tényező mértékegységét. A „$t*m^2*h*ha^{-1}*kJ^{-1}*mm^{-1}$”-ben megadott mértékegység SI mértékegység, azonban a csapadék erozivitását egy m^2-re, a talaj erodálhatóságát egy ha-ra vetítve adja meg.

Mivel dolgozatomban a K tényező alkalmazhatóságával foglalkozom, úgy gondolom, hogy a jelen fejezetben leírtak új eredménynek számítanak a hazai talajvédelmi tervezésben és ismertetésük nélkülözhetetlen a dolgozat eredményeinek értékeléséhez.

4.3. Az USLE egységparcellán történő mérés tapasztalatai

Az előzetes tervek szerint az esőztetési kísérletek előkészítéséhez Wischmeier-Smith-féle standard USLE parcellát akartam beállítani. Az első akadály a parcella méretének megállapítása volt. Gyakorlatilag ahány hivatkozást találtam, annyi különböző parcellaméretet közöltek szerzők. A megoldásra HUDSON (1973) könyvében derült fény. Ő írja le, hogy az USLE parcella mérete onnan ered, hogy az Egyesült Államokban használatos területegység, az „acre" 1:100-ad részén folytak általában a mezőgazdasági kísérletek. Ezért ezt választották az eróziós vizsgálatok alapjául is. Az „acre" 0,405*10000 m^2, tehát 4050 m^2, aminek a 1:100-ad része 40,5 m^2. Ennek megfelelően - ellentétben a szakirodalomban fellelhető, a parcella hosszára vonatkozó 22 méter körül széles sávban mozgó hivatkozásokkal - a parcella hossza pontosan 22,13 méter. Gyakran a szélességet meg sem adják, de a hosszból és a területből már következik a szélesség: 1,83 méter széles az egységparcella. A kettő szorzata 40,5 m^2, ami pontosan az „acre" 1:100-ad része. (KINELL és RISSE (1998) kutatásaiban például a parcella hossza 22,13 cm, de ők a szélességét nem közlik.)

2. fotó. Foto a parcella építéséről

A parcellákat folyamatosan gyommentesen tartottam és az alsó részén elásott hordókban figyeltem a hordalék mennyiségét, időnként pedig össze is gyűjtöttem azt.

A parcella kezelésének egyik fontos tapasztalata, hogy amennyiben statisztikai értékelésre alkalmas adatokat szeretnénk gyűjteni, akkor napi ellenőrzésre van szükség. Előfordult olyan csapadékos periódus, hogy egy hónap alatt a 100 literes hordók teljesen megteltek a lemosódott talajjal (nem hordalékkal, hanem kb. 1,3 $g*cm^{-3}$ térfogattömegű talajjal), a parcella falai pedig a levegőben álltak.

Más esetben hosszú hetekig olyan kevés csapadék volt, hogy a hordóban elhelyezett gyűjtővödör alján kb. 100 g hordalék volt. Az azonos talajtípuson található három ismétlés adatai erősen szórtak. A parcellakezelések során azt tapasztaltuk, hogy gyakori volt a három parcella alján elhelyezett hordóban a következő eloszlás: 1. hordó ¼-ig, 2. hordó ½-ig, 3. hordó ¾-ig volt feltöltve a lemosott talajanyaggal. Ugyanez volt a helyzet az előbb említett nagy csapadék esetében tapasztalt esetben: a három hordó közül az egyik tele volt talajjal, a másikban félig volt talaj és ¼ rész víz, a harmadik hordóban ¼ rész talaj és kevés víz.

A csapadékmérő állomást nem tudtuk közvetlenül a parcella mellett elhelyezni, mert nem volt állandó felügyelet. Ennek megfelelően a mért adatokat csak a terület átlagos csapadékviszonyainak jellemzésére lehet felhasználni. A csapadékmérőhöz közeli két, egymástól kb. 1 km távolságra elhelyezkedő parcella lefolyásadatai lényeges különbséget mutattak természetes esőn.

A természetes eső alatt történő vizsgálatok csak hosszú, 20-25 éves mérés után alkalmasak K tényező számítására, ha nem feltételezzük, hogy rövidebb periódus alatt leesik a területet jellemző csapadékmennyiség és előfordul az összes jellemző intenzitás. Ezért a mesterséges esőztetés adatai alapján számoltam a K tényezőt.

4.4. K tényező számítása az esőztetés alapján

A K tényező számítását a 6010101 kódszám alapján szeretném bemutatni. Mivel az intenzitás, a lejtőhossz, a lejtőhajlás és a talajvesztés nagyságát mértem, a P és C (fekete ugar) minden esetben konstans volt, így az egyenlet a K tényezőre való rendezése után:

$$K = A * R^{-1} * L^{-1} * S^{-1}.$$

A - az egységnyi területre számított talajveszteség (t * ha^{-1});

A lemosódó talajt 105 °C-on szárítottam, majd tömegét grammban lemértem.

Mivel a parcella mérete 12 m^2 volt, a végeredményt meg kellett szorozni 10000/12-vel, azaz 833,33-mal, így egy hektárra vonatkozott az eredmény.

Ahhoz, hogy „t*ha^{-1}”-ban kapjam az eredményt a grammban kapott értéket el kellett osztani 1000000-val. Pl. a 6010101 kódszámú esőztetés során 432,33 g talaj mosódott le, ami a fenti számokkal számolva:

A = 432,33 * 833,33 / 1000000 = **0,3603** (t*ha^{-1}),

így kapjuk meg az **„A”** értékét.

R - az esőtényező;

A talajerodálhatósági mérések esetében legfontosabb az R tényező pontos számítása. Számos módszert találtam az R tényező számítására vonatkozóan. Ezekből az USLE használati útmutatójában találhatót használtam a FOSTER et al. (1981) által közölt SI mértékegységre történő átváltás után.

Az elvégzett esőztetési vizsgálatok esetében az R tényezőt a 30 perces maximális intenzitás és a csapadék energiájának szorzata helyettesíti (EI_{30}), mivel minden esetben egyetlen csapadékról van szó. $EI_{30} = E * I_{max30}$. A 6010101 kódszámú beáztató öntözés 129 mm*h^{-1} intenzitással folyt. Ennek 10-es alapú logaritmusa 2,1106. Az E értéke a 4.2.1. alfejezet és az „Anyag és módszerben” fejezetben ismertetett képlet alapján 4,13. Az intenzitás és az idő ismeretében csak ki kell számolni a leesett csapadék mennyiségét. Ez jelen esetben 14,62 mm. A 129 mm/h ebben az esetben megegyezett a 30 perces maximális intenzitással.

FOSTER et al. (1981) közlik az SI mértékegységben történő számításhoz tartozó egyenletet:

$$e = 0{,}119 + 0{,}0873*\log_{10} \text{intenzitás}$$

ahol **e** = a csapadék egy milliméterére jutó energiája megajoule-ban kifejezve.

Az egyenlet csak 76 mm*h^{-1} intenzitásig számol kielégítően. Ha az intenzitás meghaladja a 76 mm*h^{-1}-t, akkor **e = 0,283**.

E = e * csapadék (mm) = **4,13746**

ahol E = az adott mennyiségű csapadék energiája

$$\mathbf{R} = EI_{30} = E * I_{max30} = 4{,}13746 * 129 = \underline{\mathbf{533{,}7323}}\ (MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1})$$

L - a lejtőhosszúság tényezője:

$$\mathbf{L = (f / 22{,}13)^{m}},\ \text{ahol}$$

L - a lejtőhosszúság tényezője,
f - a lejtőhosszúság, jelenleg 6 méter
m - a terület sajátosságait figyelembe vevő tényező
(**m = 0,6**, ha 10 %-nál meredekebb a lejtő, **m = 0,5**, ha 5 és 10 % közötti a lejtés, **m = 0,4**, ha 3,5 és 4,5 % közötti a lejtés; **m = 0,3**, ha 1-3 %-os 300 m-nél hosszabb a lejtő; **m = 0,2**, ha 1 %-nál kisebb a meredekség).

A **6010101** esetben: **L** = $(6 / 22{,}13)^{0{,}5}$ = **0,52**

S - a lejtőhajlás tényezője:

$$\mathbf{S = 0{,}52 + 0.36\ s + 0.052\ s^{2} / 7{,}97},\ \text{ahol:}$$

S - a lejtőhajlás tényezője,
s - a lejtő hajlása százalékban, jelen esetben 6,04 %.

A 6010101 esőztetés esetében **S = 0,5731**.

Összefoglalva a fenti számításokat:

$$K = A * R^{-1} * L^{-1} * S^{-1}$$

képlet alapján, a jobb oldalon álló tényezők ismeretében:

$$A = 0{,}3603\ t*ha^{-1};\ R = 57{,}1743\ (MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1});\ L = 0{,}52;\ S = 0{,}5731$$

$$\mathbf{K = 0{,}002265\ (t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1})}$$

Az ilyen módon számolt K tényezőket összesen 310 esetre számoltam ki. A részletes eredmények a **29. táblázatban** találhatók.

29. táblázat. Az esőztetés során kapott talajveszteség adatok alapján $K = A*R^{-1}*L^{-1}*S^{-1}$ egyenlettel számított K tényező értékek ($t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$)

Talajállapot	K_{CSBET}	SD	K_{CSBET} átlag	SD
száraz	0,0046	0,0021	0,0162	0,0074
nedves	0,0178	0,0089		
vizes	0,0187	0,0049		
Talajállapot	K_{HKARB}	SD	K_{HKARB} átlag	SD
száraz	0,0042	0,0016	0,0381	0,0232
nedves	0,0188	0,0121		
vizes	0,0006	0,0168		
Talajállapot	K_{RBET}	SD	K_{RBET} átlag	SD
száraz	0,0006	0,00002	0,0093	0,0050
nedves	0,0059	0,00145		
vizes	0,0110	0,00435		
Talajállapot	K_{CSERN}	SD	K_{CSERN} átlag	SD
száraz	0,0116	0,0123	0,0184	0,0058
nedves	0,0224	0,0062		
vizes	0,0199	0,0043		
Talajállapot	K_{NYIROK}	SD	K_{NYIROK} átlag	SD
száraz	0,0027	0,0011	0,0127	0,0043
nedves	0,0203	0,0104		
vizes	0,0221	0,0117		
Talajállapot	K_{ABET}	SD	K_{ABET} átlag	SD
száraz	0,0028	0,0019	0,0098	0,0051
nedves	0,0103	0,0020		
vizes	0,0114	0,0048		
Talajállapot	K_{RAMANN}	SD	K_{RAMANN} átlag	SD
száraz	0,0027	0,0013	0,0097	0,002
nedves	0,0110	0,0021		
vizes	0,0108	0,0027		

4.5. Az USLE egyenlet alapján számított K tényezők elemzése

4.5.1. A mért K tényezők elemzése a kezdeti talajnedvesség tartalom alapján

Az esőztetés során kapott eredményeket több csoportra lehet osztani. Első megközelítésben a csoportosítás alapját képezheti az esőztetés során mért aktuális talajnedvesség tartalom.

30. táblázat. Nedvesség tartalom az egyes esőztetési vizsgálatok megkezdésekor és a beáztató esőztetés után

Helyszín	Kód	Víztartalom (%)	6..01 és 6..02 különbsége	$K_{nedv.}/K_{száraz}$
Somogyvár 1.	60101 és 60201 átlaga	16,84	5,89	3,767399
	60102 és 60202 átlaga	22,73		
Somogyvár 2.	60301 és 60401 átlaga	10,91	6,81	4,084134
	60302 és 60402 átlaga	17,72		
Pamuk	60501 és 60601 átlaga	2,93	9,88	10,088813
	60502 és 60602 átlaga	12,82		
Balatonszabadi	60701 és 60801 átlaga	12,43	6,61	1,841992
	60702 és 60802 átlaga	19,03		
Tihany	60901 és 61001 átlaga	14,60	15,78	1,926788
	60902 és 61002 átlaga	30,38		
Nemessándorháza 1.	61101 és 61201 átlaga	7,91	11,25	3,700692
	61102 és 61202 átlaga	19,16		
Nemessándorháza 2.	61301 és 61401 átlaga	8,25	11,49	4,369213
	61402 és 61402 átlaga	19,74		

Az első esőztetés minden esetben a legalacsonyabb nedvességtartalmú talajállapotban történt, így ezt száraz állapotban történő esőztetésnek, a belőle számolt talajerodálhatósági értékszámot pedig száraz állapotban mért K tényezőnek neveztem el.

A második esőztetés az első, beáztató esőztetés után, 12-16 órával később következett, amit nedves talajállapotban hajtottam végre. Ez a nedvességállapot a szántóföldi vízkapacitásig telített talajnak felel meg. Ezt nedves állapotban történő esőztetésnek, a belőle számolt talajerodálhatósági értékszámot pedig nedves állapotban mért K tényezőnek neveztem el.

A harmadik esőztetés után már minden esőztetés vizes talajon történt. Az ez után sorozatban történő mérések között minimum annyi szünetet hagytam, hogy a felszíni tócsák eltűnjenek. A mérések során feljegyeztem a lefolyó hordalék mennyiségét, a hozzátartozó időt és a parcellafalak mentén elhelyezett edényekbe jutó csapadék mennyiségét. Ezt vizes állapotban történő esőztetésnek, a belőle számolt talajerodálhatósági értékszámot pedig vizes állapotban mért K tényezőnek neveztem el.

WALL et al. (1988) beszámolnak a K tényező szezonális változékonyságáról. A különböző talajnedvesség tartalmak közül a nedves megfelel a tavaszi, szabadföldi vízkapacitásig telített, míg a száraz a nyári, minimális vízkapacitással rendelkező talajállapotnak.

A két érték szükségszerűen különbözik, hiszen a vízzel jobban telített talaj hamarabb éri el a maximális telítettséget, ahol elindul a lefolyás. A talajnedvesség tartalom alapján a K tényező eredményeket különböző csoportokba soroltam.

4.5.2. Statisztikai értékelés a különbségek elemzésére

Más megközelítésben a csoportosítás alapját az esőztetés során mért csapadékintenzitás jelentette. A korábban közölt **26. táblázat**ban található leírásnak megfelelően az esőztetés kódjának 4. és 5. számjegye jelzi az intenzitást. A beáztató öntözés az esetek többségében alacsony intenzitással történt (40 $mm*h^{-1}$). Az ezután beállított intenzitások 30 $mm*h^{-1}$-val kezdődtek, majd 40, 60, 90 és 130 $mm*h^{-1}$ intenzitással történtek az esőztetések. Az intenzitás talajerodálhatóságra való hatását akkor tudjuk vizsgálni, ha az egyéb befolyásoló körülményeket kiiktatjuk az elemzés során. A statisztikai vizsgálatokat állandó esőterhelés alatti K tényezőkre végeztem el. Az egyes talajtípusok K tényezői közötti különbség statisztikai értékelésénél körültekintően kellett eljárni a számos befolyásoló tényező miatt. Az esőztetés során nyert adatokból, azokat válogattam össze, amelyek:

1. a statisztikai elemzéshez megfelelő számban rendelkezésre álltak,
2. azonos körülmény között lettek mérve,
3. egyértelmű csoportokat lehetett kialakítani.

Az irodalmi adatokból kiderült, hogy a csapadék intenzitása befolyásolja az egyes talajtípusok erodálhatóságát. Az egyes gyűjtőedényekben mért, lefolyt zagyban található talaj szárítása után nyert talajveszteségből számolt K tényezőkből csoportokat alakítottam ki. A csoportok kialakítása az intenzitásoknak megfelelően történt. Ehhez szükség van egy kis kiegészítő magyarázatra. A terepi munka során szinte soha nem állnak rendelkezésre optimális körülmények. Leggyakoribb befolyásoló tényező, ha fúj a szél. A befolyásoló tényezők mind módosíthatják a beállított intenzitást.

A mesterséges esőztetés során a beállított intenzitás ellenőrzése a parcellafalak mentén elhelyezett mérőedények segítségével történt. Az így ellenőrzött intenzitásokból öt összetartozó csoportot alakítottam ki. Minden intenzitáscsoporton belül több, K tényező mérésre alkalmas érték született az „Anyag és módszer” fejezetben leírtaknak megfelelően.

Mivel nagyszámú terepi mérés állt rendelkezésre, a K tényezőt minden olyan esetre kiszámoltam, amelyre volt talajveszteség mérés. Az így kapott adatcsoportok olyan K tényezőket tartalmaznak, amelyek minden szempontból azonos körülmények között kerültek mérésre. Csak azon adatokat használtam fel, amikor a mérés vízzel telített állapotú talajon zajlott. Ekkor állandó vízlepel volt a parcellán és már megindult a lefolyás. A statisztikai elemzésekhez ezeket a K tényezőket használtam fel. A statisztikai vizsgálat célja a talajtípusok közötti különbségek kimutatása volt.

A kétutas varianciaanalízis szerint (**31. táblázat**) a vizsgált hét talajtípus K tényezője azonos körülmények között (vízzel telített állapotú talajon) szignifikánsan ($p<0,001$) különbözött egymástól (talajtípusonként és különböző intenzitás mellett).

31. táblázat. Az „SPSS for MS WINDOWS Release 6.0" statisztikai program kétutas varianciaanalízissel végzett vizsgálatra vonatkozó eredménytáblázata

* * * A N A L Y S I S O F V A R I A N C E * * *					
by K INT TALAJ	UNIQUE sums of squares All effects entered simultaneously				
Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig of F
Main Effects	2.826	10	.283	233.475	.000
INT	.119	4	.030	24.483	.000
TALAJ	2.708	6	.451	372.803	.000
2-Way Interactions	.522	24	.022	17.980	.000
INT TALAJ	.522	24	.022	17.980	.000
Explained	3.349	34	.098	81.361	.000
Residual	.127	105	.001		
Total	3.476	139	.025		
140 cases were processed.					
0 cases (.0 pct) were missing.					

Az egyutas varianciaanalízis eredményei szerint a K tényezők talajtípusonként, a csapadékintenzitás függvényében más-más csoporthoz tartoztak. Az egyik leginkább eltérő talajtípus a humuszkarbonát talaj löszön. Ez minden intenzitás esetén elkülönül a többi talajtól. A második, többitől leginkább különböző talajtípus a fekete nyirok, bár a statisztikai elemzés szerint egyes intenzitásoknál vannak hozzá hasonlóan viselkedő talajtípusok.

4.6. K tényező számításának módszerei

4.6.1. K tényező számítása a nomogram egyenletével

Ez a módszer csak akkor alkalmazható, ha a 0,002-0,1 mm közötti frakció aránya kisebb, mint 70 %. Ez löszön kialakult talajaink esetében gyakori. Mivel a humuszkarbonát talaj esetében a 0,002-0,1 mm közötti frakció aránya 76 %, a csernozjom barna erdőtalaj esetében pedig 75 %, ezért ezek a talajtípusok nem alkalmasak a módszer K tényező meghatározásra való felhasználására. Ettől függetlenül a számítást mind a hét talajtípus esetében elvégeztem.

Mivel az esőztetés során végig SI mértékegységben számolok, ezért a nomogram és az alapját képező egyenlet esetében ROSEWELL és EDWARDS (1988) által meghatározott egyenletet használom, amelyet a szerzők az SI mértékegységben történő számítására dolgoztak ki:

$$K = 2{,}77 * M^{1{,}14} * (10^{-7}) * (12\text{-}SOM) + 4{,}28 * (10^{-3}) * (SS\text{-}2) + 3{,}29 * (10^{-3}) * (PP\text{-}3)$$

M = (0,002-0,1 mm-es szemcsefrakció %-ban) * (100 - 0,002 mm alatti frakció %-ban);
SOM (Soil Organic Matter) = szerves anyag %-ban;
SS (Soil Structure class) = az aggregátumok kódja;
PP (Profile Permeability class) = vízáteresztés kódja.

Az USLE egyenlet és az esőztetés során kapott talajveszteség adatok segítségével 310 esetre számoltam ki a K tényezőt. Jelen fejezetben (4.4.) használt egyenletben azonban csak a vízáteresztés faktora szerepel és mivel minden esetben az első esőztetés száraz talajon történt, így aránytalanul sok idő telt a víznyeléssel, ezeket az adatokat nem használtam fel.

Az alábbi adatok számítása során a szerves anyag mennyisége, az aggregátum osztály és a szemcsefrakció aránya gyakorlatilag nem változik. Az egyetlen tényező, amely az intenzitás függvényében változott, az a vízáteresztés volt.

A csernozjom barna erdőtalaj esetében a számított átlagérték 0,066333 lett. A minimum érték 0,064688, a maximális pedig 0,071268 volt.

A humuszkarbonát talaj esetében csak két érték született az egyenletben szereplő tényezők hasonlóságának köszönhetően: 0,068902 és 0,072190, melyek átlaga: 0,070218 volt.

A rozsdabarna erdőtalaj esetében a szintén 2 érték született: a kisebb érték 0,028592, a nagyobb 0,031882.

A mészlepedékes csernozjom talajon az egyenlet alapján a következő értékeket számoltam: 0,0353020; 0,032012; 0,028722. Az így kapott értékek átlaga 0,032999.

A nyiroktalaj esetében a következő értékeket számoltam: 0,025233; 0,028523; 0,031813. Az átlagérték 0,028993.

Az agyagbemosódásos barna erdőtalaj esetén két értéket kaptam: 0,053179; 0,056469; átlagértékük 0,054166.

A Ramann-féle barna erdőtalaj esetében egy érték született, a számítások ugyanazt az értéket adták: 0,048519.

4.6.2. K tényezők a nomogram alapján

A nomogram alapján számolt K tényezők ugyanazon értékek alapján lettek számolva, mint amit a 4.5. fejezetben leírt egyenlet segítségével történő számítás során használtam. Tulajdonképpen az ott leírt egyenlet volt az alapja a nomogram megalkotásának.

12. ábra. A K tényező nomogramja a magyar szabványban

13. ábra. A K tényező nomogramja a „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}” mértékegység szerint (K max. = 0,1)

EZ AZ OLDAL A MELLEKLETEKBEN „P_68.DOC” NÉVEN A NOMOGRAMOKKAL

Az eredmények a következők:

1. Csernozjom barna erdőtalaj: 0,016
2. Humuszkarbonát talaj: 0,028
3. Rozsdabarna erdőtalaj: 0,009
4. Mészlepedékes csernozjom talaj: 0,011
5. Fekete nyiroktalaj: 0,022
6. Agyagbemosódásos barna erdő talaj: 0,026
7. Ramann-féle barna erdőtalaj: 0,027

A három módszerrel való mérés lehetőséget adott arra, hogy a konkrét terepi mérések során, a lefolyásokból mért talajveszteség alapján számolt K tényezőket összehasonlítsam a nomogram és az alapját adó egyenlet által számolt K tényezőkkel. Az eddig megjelent publikációk beszámolnak arról, hogy a nomogram mennyire becsli túl vagy alul a K tényezőt. Már hazánkban is voltak törekvések a módszerek összehasonlítására, azonban kevés publikáció foglalkozik a problémával.
A háromféle módszerrel számított K tényezők összehasonlítása

4.6.2. A háromféle módszer összehasonlítása

A csernozjom barna erdőtalaj esetében az esőztetés alapján számolt K tényező megegyezik a nomogram alapján számolt K tényezővel, bár az előírás szerint a 0,002 és a 0,1 mm közötti frakció több mint 70 %, amely esetben a nomogram és az egyenlet sem használható. Ennek ellenére a kétféle módszer azonos értéket adott. Az egyenlettel számolt K tényező azonban több mint négyszerese lett mind az esőztetés, mind a nomogram alapján számolt értékeknek.

A 0,002 és a 0,1 mm közötti frakció humuszkarbonát talaj esetében is több mint 70 %, így elvileg a nomogram és az egyenlet itt sem lenne használható. Ettől függetlenül a nomogram csak 25 %-kal becsli alul az esőztetés alapján számolt értéket. Az egyenlet ismét rosszul szerepelt, a nomogram alapján kapott értéket 2,5-szeresen, az esőztetés alapján kapott értéket pedig 1,8-szeresen becsli túl.

A rozsdabarna erdőtalaj esetében az esőztetés során számolt K tényező 97 %-ban megegyezik a nomogram alapján számolt értékkel. Az egyenlet ezzel ellentétben 3,5-szeresen túlbecsli az esőztetés alapján számolt K-t.

A mészlepedékes csernozjom talaj esetében a nomogram alábecsül, az esőztetés K tényezőjének csak 60 %-a a nomogram alapján becsült érték. Az egyenlet ismét túlbecsül, a nomogramhoz képest 3,5-szer, az esőztetéshez képest pedig 1,6-szeresen.

A fekete nyiroktalaj esetében mind a nomogram, mind az egyenlet 1,7-szer nagyobb K tényezőt becsül, mint amit az esőztetés alapján számoltam.

Az utolsó két esetben, a barna erdőtalajok érdekes eltéréseket mutatnak. Bár az egyenlet és a nomogram elvileg használható, a 0,002 és 0,1 mm közötti frakció nem éri el a 70 %-ot, a nomogram és az egyenlet is messze túlbecsli az esőztetés alapján számított értékeket.

Az agyagbemosódásos barna erdőtalaj esetében a nomogram 2,67-; az egyenlet 5,52-szeresen becsül túl.

A Ramann-féle barna erdőtalaj esetében hasonlóan magas értékeket kaptam: a nomogram 2,8-; az egyenlet 4,39-szeresét becsli az esőztetés alapján számoltaknak.

A **32. táblázat** összefoglaló áttekintést ad a szöveges értékelésről.

32. táblázat. A különböző módszerrel történő K tényező számítás eredményei

Talajtípus	$K_{nomogram}$	$K_{egyenlet}$	$K_{esőztetés}$
CSBET	0,016	0,066	0,016
H. karbonát	0,028	0,070	0,038
RBET	0,009	0,030	0,009
Csernozom	0,011	0,032	0,018
Fekete nyirok	0,022	0,028	0,012
ABET	0,026	0,054	0,009
Ramann	0,027	0,048	0,009

4.7. A saját mérések alapján meghatározott K tényezők összehasonlítása az irodalmi adatokkal

4.7.1. A mért K tényezők összehasonlítása külföldi értékekkel

A K tényező mérésével kapcsolatos nemzetközi kutatásokról külön fejezet szól. Itt csak azokat a (kis számú) kutatásokat szeretném bemutatni, amelyek az általam használt mértékegységben ($t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$) mutatják be eredményeiket, illetve amelyek alkalmasak a talajtípus körülbelüli meghatározására, így a saját mérésekkel való összehasonlításra.

KINELL és RISSE (1998) kutatásai szerint a K tényezők 0,0031-0,0619 ($t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$) között változnak a parcellás mérések esetében és 0,0088-0,1337 között a módosított USLE alapján történő számítások esetében. A módosított USLE alapján becsült értékek átlagosan 2,47-szer akkorára becslik a K tényezőket és a maximális érték itt meghaladja a 0,1-es értéket. A 0,1337 érték meghaladja a „$t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$" mértékegységben meghatározott K tényező mértékegységét, amennyiben elfogadjuk, hogy 0,1 a maximális érték. Ha az amerikai mértékegységben megadott érték maximálisan egy lehet és ezt 0,1317-el kell beszorozni, hogy a fenti SI mértékegységben kapjuk az eredményt, akkor is csak 0,1317 lehet a maximális K tényező érték.

Egy ausztrál kutató, Rob Loch azok közé tartozik, aki nagy hangsúlyt helyez a K tényező meghatározásakor a nemzetközi összehasonlíthatóságra (LOCH et al. 1998). A cikkében említett talajok típusát FAO talajosztályozás alapján sorolja be. Az általa mért K tényezőket $t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$ mértékegységben publikálja. LOCH (1984) számos talajra közli K tényező értékeit (**11/a., b., c. táblázat**, M2. melléklet). Számítása

szerint egy ausztrál Chernozem talaj K tényezője 0,024. Saját mérések szerint hazai mészlepedékes csernozjom talaj K tényezője 0,018. Ugyanakkor LOCH (1984) Chernozemhez hasonló adatokat mért nagyobb agyagtartalmú talajokon is. A saját, nagyobb agyagtartalmú magyar barna erdőtalajon történő mérések alacsonyabb K tényezőket eredményeztek, amelyekhez képest LOCH 5-6-szoros értékeket közöl ausztrál talajokra.

REJMAN et al. (1999) lengyelországi adatokat közöl Orthic Luvisol talajtípusra vonatkozóan. Ez egy olyan barna erdőtalaj típusnak felel meg, amely világos felszíni szinttel rendelkezik és az agyagbemosódás jellemző folyamat a szelvényben. A közölt K tényezők 0,0176 és 0,0385 ($t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$) között változnak ugyanazon talajtípus esetében a parcellahossz függvényében. Bár a talajtípus hasonlít az általam vizsgált ABET-hez (igaz a szelvényleírásról és a szemcsefrakció eloszlásról kevés, illetve nem kompatibilis információt közölnek - 0 és 1 mm között közlik a szemcsefrakció eloszlást, míg hazánkban 0 és 2 mm között osztjuk be a szemcsefrakció osztályokat), a K tényező értékek lényegesen eltérnek, kb. háromszoros értékeket közölnek a lengyel talajokra vonatkozóan.

Az M2. melléklet **19. táblázat**ában közölt erodálhatósági értékek a bajor talajokra vonatkoznak. A mértékegység nincs feltüntetve, de az értékek nagyságából látszik, hogy nem „$t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$”-ban vannak megadva az adatok. Ha követem az eddigi módszereket, akkor tízzel el kell osztani az értékeket, hogy összehasonlíthatók legyenek az általam mért értékekkel. Ezek szerint a bajor mérések többszörös értékeket közölnek az általam mért 0,009821 „$t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$”-hoz képest. Két ABET-ra közöltek értékeket, amelyek K tényezői az általam használt mértékegységben: 0,049 és 0,078. Ezek 5-8-szorosai az általam mérteknek. A bajor humuszkarbonát talaj K tényezője már jobban hasonlít az általam mértekhez, a bajor 0,037, az általam mért pedig 0,038 $t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha^{-1}$. Sem homokkövön, sem ranker agyagon, sem kagylós mészkövön kialakult talajokon nem mértem, így a többi talajtípussal nem tudok párhuzamot vonni.

4.7.2. Összehasonlítás a korábbi hazai mért értékekkel

A korábbi hazai mérésekről két publikáció jelent meg. Az első cikk angolul íródott és az Európai Talajvédelmi Társaság hírlevelében jelent meg 1997-ben (KERTÉSZ et al.). Öt talajt vizsgáltak természetes esőn és mesterséges esőztetéssel. Az első talaj, amit vizsgáltak, a kísérleti állomás talaja volt: köves, homokos vályog fizikai féleségű, dolomiton kialakult talaj. Ilyen paraméterekkel én nem vizsgáltam talajt, ezért ez nem alkalmas összehasonlításra. Az öt vizsgált talaj további négy tagját az északi Balaton-vízgyűjtőről szállították a csákvári kísérleti állomásra. A második talaj erodált barna erdőtalaj vályogos homokon, amely hasonlít az általam vizsgált RBET talajhoz. A többi talaj nem hasonlít az általam vizsgáltakhoz (rendzina, kolluvium (barna erdőtalaj) és mészkövön/márgán kialakult talaj).

A természetes esőn mért talajveszteség értékeket táblázatban közlik a szerzők, ahol „mm”-ben adják meg a csapadék mennyiségét, „$kJ*m^{-2}$”-ben az EI és „$kg*ha^{-1}$”-ban a

talajveszteség értékét. Ez alapján számolnak K tényezőt, amely az öt vizsgált típusra nézve 0,05 és 0,11 között változik (itt már „$t*ha^{-1}$”-ban van megadva a talajveszteség értéke). Mivel a csapadék intenzitása „$kJ*m^{-2}$”-ben van megadva, az eredményt csak úgy tudjom összehasonlítani, ha ezt „$MJ*ha^{-1}$”-ra váltom. Ez azt eredményezi, hogy a közölt értékeket 10-el el kell osztani ahhoz, hogy az általam számított végeredményekkel összehasonlíthassam. Így a második talajtípus, az említett erodált barna erdőtalaj vályogos homokon 0,007 értéket kap „$t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}$” mértékegységben, szemben az általam mért 0,009 értékkel. A két érték nagyságrendileg hasonlónak tekinthető, azaz jól jellemezhet egy olyan K tényező csoportot, amely homokon/vályogos homokon kialakult barna erdőtalajokra jellemző.

A mesterséges esőztetés során nyert talajveszteség adatok alapján számított K tényező négyszer akkora volt a vályogos homokon kialakult erodált barna erdőtalajon. Ugyanez a tendencia a többi vizsgált talajtípus esetében is, tehát 2-4-szeres értékeket mértek a mesterséges esőztetéssel.

A második cikk szintén a csákvári eróziókutató állomás adatait dolgozza fel (MÉSZÁROS és JAKAB, 2001). Ez azonban 2001-ben jelent meg, így frissebb adatokat tartalmaz. A szerzők itt már az angol cikkben erodált barna erdőtalajként jellemzett talajt a váztalajokhoz sorolják be.

A szerzők közlik a K tényezővel kapcsolatos eredményeiket. Az első a humusztartalom tetemes, két parcella esetében 50 %-os csökkenése. Mivel a nomogram alapú becslés egyik alapja a humusztartalom, azért már ez a tény befolyásolja az erodálhatóság mérőszámát.

A cikkben leírtak szerint a szerzők szinte kizárólag váztalajokat vizsgáltak, amelyek eleve erodált állapotban lettek beszállítva a mérőállomásra. A szerzők megjegyzik, hogy fiatal humuszképződés eredményének tekintik a vizsgált talajokban lévő humuszanyagokat, amelyek ennek megfelelően még nem alkottak szorosabb kapcsolatot a talaj ásványi alkotóival. Ennek következtében könnyebben lemosódnak.

A laza organominerális komplexumok miatt a talajszemcsék is könnyebben mozognak. A vizsgálatok alapján MÉSZÁROS és JAKAB (2001) szerint a porfrakció eltömi a pórusokat, ami elősegíti a felszíni lefolyás megindulását, ami elsősorban a homok és agyagfrakciót szállítja magával. Ez együtt jár a porfrakció részarányának növekedésével a mélyebb rétegekben. Saját mérések alapján az esőztetési vizsgálatok kezdetekor az agyag és a porfrakcióból 1,2-1,5-ször annyi volt a lemosódott talajanyagban, mint az utolsó esőztetés által lemosott anyagban. Saját mérések alapján tehát az valószínűsíthető, hogy nemcsak a por, hanem az agyagfrakció is eltömi a pórusokat, hiszen az idő előrehaladtával mindkettő aránya csökken a lemosódott anyagban. Ugyanakkor a por és agyafrakció csökkenésével párhuzamosan nő a homokfrakció aránya. Ugzanakkor az általam vizsgált talajok egyike sem volt annyira sekély termőrétegű és magas vázrész tartalmú, mint az említett cikkben vizsgált talajoké.

A szerzők megállapítják, hogy a talajerodálhatóságot a csapadék erozivitása nagymértékben befolyásolja és nomogram alapján számított értékek jelentősen túlbecslik a természetes eső által lemosott talaj tömege alapján számolt K tényezők értékét. Mindkét jelenséget alátámasztják saját méréseim.

4.7.3. Összehasonlítás a korábbi hazai becsült értékekkel

Az eddigi hazai, becsléseken alapuló K tényezőket a **17. és 18. táblazat**ban ismertettem. Sajnos a becslések 35 évvel ezelőtt, még az USLE 1978-as megjelenése és az SI mértékegységre való 1981-es átváltása előtt történtek, így értelemszerűen nem tartalmazzák az azóta történt kutatásoknak megfelelő módosításokat. A tényezők mértékegységére vonatkozóan pl. egyáltalán nem találunk utalást. A K tényezők értéke 0,25 és 0,60 között változik a **17. táblázat**ban közölt genetikai talajtípusokra vonatkozóan. A talajtípusok fizikai féleség szerint is csoportosítva vannak, a táblázat alaposan átgondolt és előremutató. Az értékeket ismét, láthatóan, biztosan nem „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}” mértékegységben közli a szerző. Az összehasonlításhoz újból a tízzel való osztás javasolt. Jelen esetben talajtípusok szempontjából szerencsésebb helyzetben vagyok az összehasonlítással, mint a bajor talajok esetében, az ötből négy talajt én is vizsgáltam.

Az általam vizsgált vályog fizikai féleségű humuszkarbonát talaj K tényezője 0,038 t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1} lett, a becslésben a vályog fizikai féleségű humuszkarbonátra 0,04-0,05 t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1} közötti az érték.

Az általam vizsgált csernozjom talaj A szintje a vályog-agyagos vályog fizikai féleség határán volt. K tényezője 0,018 t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}, míg a becslő táblázatban 0,025 és 0,04 t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1} között érték található. Az alsó határérték, amely az agyagos vályog talaj esetében becsült legalacsonyabb K tényező (0,025 „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”), csak 39 %-kal nagyobb, mint az esőztetés során számított érték.

A vályog feltalajú barnaföld K tényezője a táblázat szerint 0,025-0,035, míg a saját számítások szerint ez 0,0096 „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”. Jelen esetben a táblázat átlagosan 3,5-szeresen túlbecsül.

Az ABET K tényezője a saját mérések szerint 0,0098 „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”, a táblázat becslése szerint 0,025-0,035 „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”.

A **18. táblázat**ban nem talajtípusok, hanem csak fizikai féleség és kémhatás alapján van beosztva a K tényező.

Savanyú kémhatású, agyag fizikai féleségű agyagon a fekete nyiroktalajon mértem K tényezőt. Ha ezt összehasonlítom azzal az értékkel, amit a táblázatban található becslés „t*ha*h*ha^{-1}*MJ^{-1}*mm^{-1}”-re való átváltása után kapok, akkor azt tapasztalom, hogy a táblázatban található érték kb. fele az általam mértnek. Ehhez tudni kell azonban, hogy a saját mérések során az egyes, 1-2 mm-es szemcsék külön álltak és nem tapadtak össze a csapadék hatására sem.

Savanyú kémhatású vályog volt az ABET és a Ramann A szintje. Az összehasonlítás eredménye, hogy a táblázat háromszorosan túlbecsül.

Karbonátos vályog volt a CSBET és a csernozjom talaj A szintje Mindkét esetben kb. kétszeresen túlbecsül a táblázat.

Gyengén lúgos homok volt az RBET A szintje. Ebben az esetben kb. 5-szörös a túlbecslés.

4.8. Az esőztetéshez kapcsolódó mérések

A mesterséges esőztetés során számos paraméter mérésére sor került. A hordalék-lefolyás és a talajveszteség mennyiségének vizsgálata különböző talajnedvesség- és humusztartalom, tömődöttség, csapadék-intenzitás, stb. mellett történt. Ezek elemzésére a K tényezők vizsgálata után térek vissza, mert bár az USLE használati útmutatójában ezeket a tényezőket nem kell figyelembe venni, a későbbiekben még fontos adalékul szolgálhatnak.

4.8.1. Az intenzitás hatása a szemcsefrakciók lepusztulására

A felfogott zagy szárítása után elemeztem a kis és a nagy intenzitású csapadékok által lehordott talaj szemcsefrakciójának eloszlását. Azt tapasztaltam, hogy az esőztetési vizsgálatok során az egyes ismétléseken belül a beáztató öntözés és a 12-24 óra szünet utáni első, kis intenzitású (30-40 $mm*h^{-1}$) csapadék nagyobb mennyiségben szállítja a 0,002-0,1 mm közé eső frakciót, mint a későbbi, nagy intenzitású (125-135 $mm*h^{-1}$) csapadék (**14. ábra)**.

Ez és a következő 5 oldal külön file-ban!!!!!

14. ábra. A 0,002-0,1 mm-es frakció jelenléte a lemosódott anyagban a kis és a nagy intenzitás függvényében

Átlagosan 1,77-szorosa a 0,002-0,1 mm-es frakció mennyisége a lemosódott anyagban a kis intenzitású csapadékok, mint a nagy intenzitású csapadék hatására. Az

azonos talajtípuson belüli szórás nagy, átlagosan közel másfélszeres eltérés van az egyes ismétlések között. A legnagyobb - több, mint 2,6-szeres - különbség a nagy homokfrakció tartalmú A szint esetén volt megfigyelhető.

Felmerül a kérdés, hogy melyik frakció rovására történt a változás. Az agyagfrakció vizsgálata kimutatta, hogy bár a kisebb intenzitás mellett nagyobb arányban mosódik le az agyagfrakció, ez nem akkora mértékű, amelyet a 0,002-0,1 mm-es frakció esetében tapasztaltam (**15. ábra**). A fekete nyiroktalaj esetében a többi talajhoz képest fordított helyzet állt elő, itt a nagyobb intenzitású csapadék hoz le nagyobb mennyiségű agyagfrakciót (30 %-kal többet, mint a kis intenzitású csapadék).

Ez és a következő 4 oldal külön file-ban!!!!!

15. ábra. A < 0,002 mm-es frakció jelenléte a lemosódott anyagban a kis és a nagy intenzitás függvényében

A magyarázat a 0,1-2 mm-es frakció arányában rejlik. A szélsőértékek kivételével a nagyobb intenzitású csapadékkal közel 1,5-szer akkora mennyiség távozik ebből a frakcióból, mint a kis intenzitású csapadékkal (**15. ábra**).

Hasonlóan az agyagfrakció és intenzitás kölcsönhatásához, a fekete nyiroktalaj ebben az esetben is ellenkezőképpen reagál, mint a többi talajtípus. A 0,1-2 mm-es frakcióból a nagyobb intenzitású csapadék 30 %-kal kevesebbet szállít, mint a kis intenzitású.

Ennek a fejezetnek az eredménye abban foglalható össze, hogy a nagyobb agyagtartalmú talajok másképpen viselkednek a csapadék erodáló hatásával szemben a szemcsefrakció oldaláról közelítve a talajerodálhatóságot. Amennyiben nagyobb számú vizsgálatra nyílik lehetőség, érdemes ezt a különbséget alaposabban elemezni.

Ez és a következő 3 oldal külön file-ban!!!!!

Bár a tihanyi talajtömörödés vizsgálatokat nem tudtam végrehajtani a talaj nagyfokú ellenállása miatt, a többi helyszínen megvizsgáltam a talajellenállását és összevetettem a talajerodálhatósági mérésekkel.

4.8.2. A talaj tömődöttségi állapotának hatása az erodálhatóságra

4.8.2.1. Talajellenállás és talajnedvesség tartalom a CSBET-en

A talajellenállás 20 cm-es mélységig nőtt (**16. ábra**).

16. ábra. Talajellenállás a csernozjom barna erdőtalajon

Húsz cm-nél a talajellenállás elérte 2,09 MPa értéket, amely már károsnak tekinthető. A penetrométer nem ment 30 cm mélység alá.

17. ábra. Talajnedvesség tartalom a CSBET-on

A talajnedvesség 10 cm-től folyamatosan csökkent, így feltételezhetően vízzáró réteg található ebben a mélységben (**17. ábra**).

4.8.2.2. Talajellenállás és talajnedvesség tartalom a humuszkarbonát talajon

A talajellenállás 4,5 MPa-nál érte el a maximumot. A talaj károsan tömődött 20 cm alatt. A tömődöttség a mélységgel folyamatosan nő (**18. ábra**).

18. ábra. Talajellenállás humuszkarbonát talajon

A talajnedvesség tartalom maximuma a felső 0-10 cm-es rétegben található, folyamatosan csökken a mélységgel, de nem megy % alá (**19. ábra**).

19. ábra. Talajnedvesség tartalom humuszkarbonát talajon

4.8.2.3. Talajellenállás és talajnedvesség tartalom a RBET-en

A talajellenállás hirtelen változott 30 cm-nél (**20. ábra**).

20. ábra. Talajellenállás rozsdabarna erdőtalajon

21. ábra. Talajnedvesség tartalom a rozsdabarna erdőtalajon

Ez alatt a mélység alatt károsan tömődött. A talajnedvesség tartalom 20-30 cm-nél érte el a maximumát. A homoktalaj tulajdonságainak megfelelően alacsony a talajnedvesség tartalom a szelvényben (**21. ábra**).

4.8.2.4. Talajellenállás és talajnedvesség tartalom a mészlepedékes csernozjom talajon

A maximális talajellenállás 20-30 cm-es rétegben található, 3,4 MPa értékkel. 30-40 cm között csökken az ellenállás, de a talajnedvesség tartalmat figyelembe véve akár egy mélyebb eketalp réteg is kialakulhatott (**22. és 23. ábra**).

22. ábra. Talajellenállás mészlepedékes csernozjom erdőtalajon

23. ábra. Talajnedvesség tartalom a mészlepedékes csernozjom erdőtalajon

4.8.2.5. Talajellenállás és talajnedvesség tartalom az ABET-on

Nem volt káros tömődöttség sem a művelés mélységében, sem alatta. A maximálisan mért érték 1,5 MPa (**24. ábra**). A talajnedvesség tartalom a tömődöttség viszonyoknak megfelelően ideális (**25. ábra**).

24. ábra. Talajellenállás agyagbemosódásos barna erdőtalajon

25. ábra. Talajnedvesség tartalom a agyagbemosódásos barna erdőtalajon

4.8.2.6. Talajellenállás és a talajnedvesség tartalom a Ramann-féle barna erdőtalajon

A talajellenállás a művelés mélységéig nőtt (20 cm). Itt elérte a maximális 2,09 MPa értéket, majd folyamatosan csökkent. Érzékelhető, de nem veszélyes eketalp réteg volt a 20 cm-es mélységben (**26. ábra**). A legnagyobb talajnedvesség tartalom a 0-10 cm-es rétegben volt és sehol nem csökken 16 % alá. A víztartó képesség jó (**27. ábra**).

26. ábra. Talajellenállás Ramann-féle barna erdőtalajon

27. ábra. Talajnedvesség tartalom a Ramann-féle barna erdőtalajon

4.8.2.7. A talajtípusok tömődöttségi állapotának hatása a talajerodálhatóságra

A talajerodálhatósági tényező szezonális változékonyságát a talajművelés ideje és módja is befolyásolja. A talajművelés minőségétől függ a talajok tömődöttségi állapota, a pórusviszonyok alakulása, a nedvesség tartalom, a szervesanyag tartalom és az aggregátumok mérete, valamint vízállósága.

Ebben a fejezetben a vizsgált talajtípusoknak a talajellenállás és a talajnedvességtartalom alapján jellemzett talajtömörödés értékeit jellemeztem.

A talajok tömődöttségi állapota és a talajerodálhatósági tényező között nem találtam összefüggést. A káros tömődöttséggel nem rendelkező, sőt tömődöttség szempontjából jó állapotú agyagbemosódásos barna erdőtalajnak a K tényezője (0,009821) hasonló a 15 cm-es mélységben káros tömődöttséggel rendelkező rozsdabarna erdőtalaj K tényezőjéhez (0,009271) és a nem káros mértékben tömődött Ramann-féle barna erdőtalaj K tényezőjéhez (0,009675).

A mészlepedékes csernozjom talaj a rozsdabarna erdőtalajhoz hasonlóan rendelkezik eketalp réteggel, ugyanakkor a K tényezője duplája az erdőtalajának.

Az adatok statisztikai értékelésére azok alacsony száma miatt nincs lehetőség, ugyanakkor a vizsgált talajokra vonatkozóan levonható az a következtetés, hogy a 15-20 cm-nél vagy ennél mélyebben tömődöttséggel bíró réteg nem befolyásolja a K tényező nagyságát. Ennek az lehet az oka, hogy a vizsgált esetekben a vízfront nem hatolt ilyen mélyre, így a tömődött rétegtől nem függött a talaj vízzel való telítettségének, vagyis a lefolyás megindulásának időpontja.

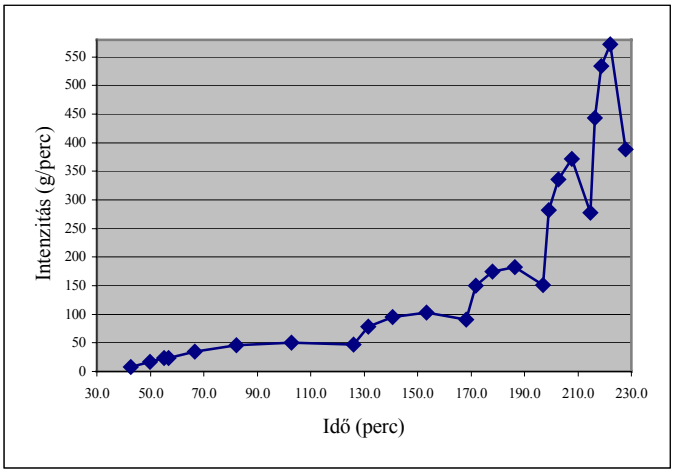
4.8.3. A pórusviszonyok és hatásuk a talaj erodálhatóságára

MELLÉKLETEK KÖNYVTÁRBAN
p_84.doc néven

28. ábra

4.8.4. A csapadék intenzitásának hatása a talajlepusztulás intenzitására és a K tényezőre

A **29. ábra** görbéje jól jellemzi az esőztetés során alkalmazott intenzitások hatását. Az egyes csapadékintenzitásokon belül egy ideig nő a g*perc^{-1} mértékegységben kifejezett „talajveszteség intenzitás", amíg elér egy egyensúlyi helyzetbe. Az utolsó érték minden intenzitás végén az esőztető berendezés leállítása, azaz a csapadék vége után, csak a lefolyás által lemosott talajra vonatkozik, tehát nem követi az addigi görbe vonalát, törést okoz benne. Ennek segítségével az ábrán jól elkülöníthetők az egyes intenzitások (30, 40, 60, 90, és 130 mm körüli intenzitásokat mértem).



29. ábra. A talajveszteség intenzitása az eltelt idő függvényében a 614-es kódszámú esőztetés esetén

A csapadék intenzitása alapján számolt erozivitás index (EI) nem változik a talajveszteség intenzitás növekedésének megfelelően. Az irodalmi feldolgozás és az USLE használati útmutató is 76 mm*h^{-1} intenzitásig számol energianövekedéssel. E fölött az érték fölött a mérések alapján, a cseppek méretének és végsebességének köszönhetően ugyanakkora a csapadék energiája, így az erozivitás index is. Ennek köszönhetően a K tényezők is szükségszerűen különböznek az intenzitás függvényében, hiszen láthatóan a lemosódott anyag mennyisége nő.

4.9. Talajveszteség becslés az USLE egyenlettel és a számolt K tényezőkkel

4.9.1. Az eróziós kategóriák színei

A térképek színeit a fenntarthatóság alapján választottam. Ennek megfelelően a térképen ábrázolásra kerülnek a fedett és vízzel borított területek (ezek nulla értéket kapnak); az eróziónak ellenálló, fenntartható területek (0-2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$); az USLE szerint szántóföldi művelésre minimális talajvédelem nélküli is alkalmas területek (2-11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$), és a szántóföldi művelés esetén feltétlenül talajvédő művelésre kötelezendő területek (11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteség). Az alkalmazott színkódok a következőképp alakulnak:

Sárga

Legóvatosabb becslések szerint 1,5-2,5 tonna talaj keletkezik egy év alatt egy hektáron. Ennek megfelelően átlagosan „2 t * ha^{-1} $*év^{-1}$”-ben határoztam meg a tolerálható talajveszteség ütemét a térképeken. A talajvédelem nélkül is fenntartható módon folytatható szántó művelés a sárga árnyalataival jelölt területeken. Mivel az USLE nem számol szedimentációt, a sárgával jelölt területek a szedimentációs területeket is magukba foglalják. Ezt a hibáját az USLE-nak egy egyszerű modell segítségével ki lehet küszöbölni, azonban jelen esetben ezt nem alkalmaztuk a kalibráció hiánya miatt.

Zöld

A Wischmeier-Smith-féle egyenlet alapján a hazai szántókon a tolerálható talajveszteség felső határértéke 11-15 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ körül mozog.

A megengedhető talajvesztés volt a központi téma az „USDA AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE”, a „SOIL CONSERVATION SERVICE” és egyes egyetemi tanszékek tagjainak tanácskozásán 1956-ban. A tanács javasolta, hogy: „az 5 tonna per acre talajveszteség fölötti értéket egyetlen esetben sem haladhatja meg a megengedhető talajveszteség értéke” (ez 11 tonna per hektár). A javaslat arra épült, hogy egy tonna talajban kb. 2 USD-nek megfelelő foszfor és nitrogén műtrágya van és 10 USD per acre-t meghaladó veszteséget egyetlen farmer sem engedhet meg magának. A tanács ezután arra az elhatározásra jutott, hogy sokkal alapvetőbb megfontolás tárgyát kell, hogy képezze a talajveszteség tolerancia értékének meghatározása, mint a műtrágya ára vagy a terményekért kapott változó mértékű bevételre.

Ezt a határértéket vettük figyelembe a megengedhető és a meg nem engedhető talajvesztés közötti határ megállapításához. Ez még mindig ~6-szorosa a talajképződés

ütemének. Ezért jelöltem ezeket a területeket zöld színnel, mert az USLE engedélyezi a szántó művelést, ugyanakkor a talajpusztulás üteme messze meghaladja a talaj képződés ütemét. A zölddel jelölt területeken tehát szükség lenne a talajvédelemre, ugyanakkor az USLE ezt nem követeli meg!

Piros

A piros területek a leginkább veszélyeztetettek. Általában domboldalak területén helyezkednek el, amely még nem túl meredek a szántó műveléshez. A piros területeken már az USLE is megköveteli a talajvédő művelés bevezetését. Sajnos mintaterületünkön nem találtunk 1:10 000-es méretarányban ábrázolható talajvédő művelést. A legsürgetőbb feladat lenne a piros területek kivonása a szántó művelés alól vagy a talajvédelem megfelelő módszerének bevezetése ezeken a területeken.

4.9.2. Somogyvári térképlap

A somogyvári térképlapon a 4*6 km-es szelvénynek csak egy részére állt rendelkezésre a talajtérkép. Erre a területre készítettem el az eróziós térképet is, hiszen az USLE modell futtatásához szükséges összes egyéb paraméter rendelkezésre állt az egész térképlapra, csak a talajtérkép volt limitáló tényező.

A térképen, a többihez hasonlóan négy kategória látható. Az első a **„nulla”** érték, ami a felszíni vizeket (tavak, folyók, patakok, stb.), a településeket, utakat jelöli. Ezek a területek jelen esetben két szempontból nem jelentősek: egyrészt az USLE nem becsül szedimentációt és nem is ez a dolgozat célja, másrészt a dolgozatnak nem célja az út menti, speciális eróziós károk becslése sem. Nulla értéket kapott a térkép 52,42 %-a (jelen esetben ez a nagy szám a talajtérkép hiányának köszönhető, ahol az hiányzott, ott is nulla értéket ábrázoltam).

A második kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét. Ez a térkép 28,8 %-át fedi le. Ekkora területen folyik a fenntartható művelés, ahol kevesebb vagy maximum egyenlő a lemosódott talaj, mint amennyi képződik, így az egyenlet sem ír elő kötelező talajvédelmet.

A harmadik kategória a 2-11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. A somogyvári térképlapon ez 12,47 %-ot fed le. Ekkora területen folyik a nem fenntartható művelés, ahol több a lemosódott talaj, mint amennyi képződik, ugyanakkor az egyenlet nem ír elő kötelező talajvédelmet.

A negyedik kategória 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. Ez 6,3 %-ot fed le. Ekkora területen lehetne a gazdákat talajvédő művelésre törvény által is kötelezni.

4.9.3. Nemessándorházi térképlap

A nemessándorházi területre nem állt rendelkezésre 1:10000-es genetikus talajtérkép, így készíteni kellett egyet. Mivel a térkép az egész térképlapra elkészült, így a

talajtérkép hiányossága nem volt korlátozó tényező, az eróziós térképet az egész 4*6 km-es térképlapra elkészítettem.

A térképen négy kategória látható. Nulla értéket kapott a térkép 21,5 %-a. A környék közepes lefedettségű.

A második kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét. Ez a térkép 46,03 %-át fedi le. Ekkora területen folyik a fenntartható művelés, ahol így nem kell kötelező talajvédelmet előírni.

A harmadik kategória a 2-11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ közötti talajveszteséget jelöli. A nemessándorházi térképlapon ez 22,31 %-ot fed le. Ekkora területen folyik a termelés nem fenntartható módon.

A negyedik kategória 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. Ez 10,15 %-ot fed le. Ekkora területen lehetne a gazdákat talajvédő művelésre törvény által is kötelezni.

4.9.4. Tihanyi térképlap

A félsziget a legjobban feltárt terület hazánkban, így itt minden szükséges adatbázis rendelkezésre állt jó minőségben és digitális formában is.

Az előzőekhez hasonlóan ezen a térképen is négy kategóriát ábrázoltam. Nulla értéket kapott a térkép 31,4 %-a. A nagy érték a két tónak köszönhető.

A második kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét, ami a térkép 49,19 %-át fedi.

A harmadik kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét. Ez a térkép 12,64 %-át fedi le. Ekkora területen folyik kötelező talajvédelem nélküli művelés.

A negyedik kategória a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. A tihanyi térképlapon ez 6,77 %-ot fed le. Ekkora területen lehetne a gazdákat talajvédő művelésre törvény által kötelezni.

4.9.5. Balatonszabadi térképlap

A területnek csak egy részére készült el a genetikus talajtérkép. A helyi termelőszövetkezetben sem volt meg az összes szántóföldre a talajtérkép.

Ezen a térképen is négy kategóriát ábrázoltam. Nulla értéket kapott a térkép területének 18,21 %-a.

A második kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét, ami a térkép 55,14 %-át fedi.

A harmadik kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét. Ez a térkép 25,41 %-át fedi le. Ekkora területen folyik kötelező talajvédelem nélküli művelés.

A negyedik kategória a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. A balatonszabadi térképlapon ez 1,23 %-ot fed le. Ekkora területen lehetne a gazdákat talajvédő művelésre törvény által kötelezni.

4.10. Talajveszteség becslése az USLE egyenlettel és a becsült K tényezőkkel

A mért értékekkel történő modellezéshez hasonlóan a becsült értékekkel született talajveszteség adatokat is négy kategóriába soroltam. A kategóriák határértékei és a színezés megegyezik a 4.8. fejezetben ismertetettel.

4.10.1. Somogyvári térképlap

A négy ábrázolt kategória közül nulla értéket kapott a térkép 52,4 %-a.

A második kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét, ami a térkép 16,08 %-át fedi.

A harmadik kategória azon területeket jelöli, ahol a modell 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között becsli a talajveszteség mértékét. Ez a térkép 5,88 %-át fedi le. Ekkora területen folyik kötelező talajvédelem nélküli művelés.

A negyedik kategória a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteséget jelöli. A nemessándorházi térképlapon ez 25,61 %-ot fed le. Ekkora területen lehetne a gazdákat talajvédő művelésre törvény által kötelezni.

4.10.2. Nemessándorházi térképlap

A nulla érték a térkép területének 21,5 %-át fedi.

A második, 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között kategória a térkép 18,7 %-án található.

A harmadik kategória, 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ közötti becslés a térképlap 12,77 %-át fedi.

A negyedik kategória, a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteség 47,03 %-ot fed le.

4.10.3. Tihanyi térképlap

A nulla érték fedi a térkép területének 32,49 %-át.

A második, 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között kategória a térkép 11,65 %-án található.

A harmadik kategória, 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ közötti becslés a térképlap 19,1 %-át fedi.

A negyedik kategória, a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteség 47,03 %-ot fed le.

4.10.4. Balatonszabadi térképlap

A nulla érték fedi a térkép területének 18,21 %-át.

A második, 0 és 2 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ között kategória a térkép 23,35 %-án található.

A harmadik kategória, 2 és 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ közötti becslés a térképlap 2,65 %-át fedi.

A negyedik kategória, a 11 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ fölötti talajveszteség 55,78 %-ot fed le.

4.11. Különbségek a becsült és a mért értékek alapján készített talajveszteség becslések között

4.11.1. Somogyvári térképlap

A becsült és a mért K tényezők alapján futtatott két térkép talajveszteség becslés eredményeinek százalékos megoszlását a **31. táblázat** mutatja.

33. táblázat: A talajveszteség kategóriáinak százalékos eloszlása a két térkép alapján

Mért értékek (M)		Korábbi, becsült értékek (B)		Különbség (B-M)
Kategóriák	%	Kategóriák	%	%
0 t*ha^{-1}*év^{-1}	52,43	0 t*ha^{-1}*év^{-1}	52,43	0,00
0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	28,80	0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	16,08	-12,73
2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	12,47	2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	5,89	-6,58
11- t*ha^{-1}*év^{-1}	6,30	11- t*ha^{-1}*év^{-1}	25,61	19,31
Összesen:	100	**Összesen:**	100	0,00

A **33. táblázat** adatai alapján a települések, utak, felszíni vizek, erózió által nem érintett területek és a genetikus talajtérképezés során fel nem térképezett területek 52,43%-ot fednek le a térképlap vizsgált területéből.

A **0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}** értékhatárok közé eső terület a *becsült K tényezők* esetében 12,73 %-kal kevesebb, mint a *mért* adatoknál. Ez azt jelenti, hogy mért értékekhez képest a becsült értékekkel történő talajveszteség becslés alulbecsli az erózió által kevésbé sújtott területek nagyságát.

A **2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategória a *becsült K tényezők* esetében kb. 6,58 %-kal kisebb, mint a *mért K tényezők* alapján készített térkép által lehatárolt megfelelő kategória területe. A becsült értékek alapján készült térkép ismét alulbecsül.

A **11 t*ha^{-1}*év^{-1}** fölötti kategória a *becsült K tényezők* esetében közel 19,31 %-kal nagyobb területet fed, mint amit a mért értékekkel számolt térkép esetében becsül a modell.

4.11.2. Nemessándorházi térképlap

A becsült és a mért K tényezők alapján futtatott két térkép talajveszteség becslés eredményeinek százalékos megoszlását a **34. táblázat** mutatja.

34. táblázat: A talajveszteség kategóriáinak százalékos eloszlása a két térkép alapján

Mért értékek (M)		Korábbi, becsült értékek (B)		Különbség (B-M)
Kategóriák	%	Kategóriák	%	%
0 t*ha^{-1}*év^{-1}	21,50	0 t*ha^{-1}*év^{-1}	21,50	0,00
0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	46,03	0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	18,70	-27,33
2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	22,31	2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	12,77	-9,54
11- t*ha^{-1}*év^{-1}	10,15	11- t*ha^{-1}*év^{-1}	47,03	36,88
Összesen:	100	**Összesen:**	100	0,00

A **34. táblázat** adatai alapján a települések, utak, felszíni vizek és erózió által nem érintett területek 21,5 %-ot fednek le a térképlap egész területéből (az egész térképlap 24 km^2).

A **0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategóriába eső terület a *becsült K tényezők* esetében 27,33 %-kal kevesebb, mint a mért adatoknál. Ha a *becsült K tényezőkkel* futtatjuk a modellt, akkor alábecsüljük azon területek nagyságát, ahol talajvédelem nélkül is folytathatunk fenntartható művelést.

A **2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategória aránya hasonlóan alakul, mint a balatonszabadi mintaterület esetében. Jelen esetben a *mért K tényezők* esetén 9,54 %-kal nagyobb az USLE egyenlet alapján talajvédő művelés nélkül művelhető terület nagysága.

A **11 t*ha^{-1}*év^{-1}** fölötti kategória a *becsült K tényezők* esetében közel 36,88 %-kal nagyobb területet borít. Itt is indokolatlanul nagy területet jelöl ki az egyenlet, ha a becsült értékek alapján számolunk.

4.11.3. Tihanyi térképlap

A becsült és a mért K tényezők alapján futtatott két térkép talajveszteség becslés eredményeinek százalékos megoszlását a **35. táblázat** mutatja.

35. táblázat: A talajveszteség kategóriáinak százalékos eloszlása a két térkép alapján

Mért értékek (M)		Korábbi, becsült értékek (B)		Különbség (B-M)
Kategóriák	%	Kategóriák	%	%
0 t*ha^{-1}*év^{-1}	31,40	0 t*ha^{-1}*év^{-1}	31,40	0
0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	49,19	0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	12,65	-37,54
2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	12,64	2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	19,19	6,47
11- t*ha^{-1}*év^{-1}	6,77	11- t*ha^{-1}*év^{-1}	36,77	30,00
Összesen:	100	**Összesen:**	100	0,00

A **35. táblázat** adatai alapján a települések, utak, felszíni vizek és erózió által nem érintett területek 31,40%-ot fednek le a térképlap egész területéből.

A **0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}** értékhatárok közé eső terület a *becsült K tényezőkkel készült térkép* esetében 37,54 %-kal kevesebb, mint a *mért K tényezőkkel* készült térképnél. A *becsült K tényezőkkel* való modellfuttatás tehát alábecsli a fenntartható módon művelhető területek nagyságát.
A **2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategória a *becsült K tényezőkkel* való modellezésnél 6,47 %-kal nagyobb. Így nagyobb az a terület, ahol a modell alapján engedélyezhető a talajvédelem nélküli szántóföldi művelés.
A **11 t*ha^{-1}*év^{-1}** fölötti kategória a *becsült K tényezők* esetében kb. 30 %-kal nagyobb, mint a *mért K tényezők* alapján készített térképnél. Ez azt jelenti, hogy a nagyobb erózióveszélynek kitett területek aránya indokolatlanul magas.

4.11.4. Balatonszabadi térképlap

A becsült és a mért K tényezők alapján futtatott két térkép talajveszteség becslés eredményeinek százalékos megoszlását a **36. táblázat** mutatja.

36. táblázat: A talajveszteség kategóriáinak százalékos eloszlása a két térkép alapján

Mért értékek (M)		Korábbi, becsült értékek (B)		Különbség (B-M)
Kategóriák	%	Kategóriák	%	%
0 t*ha^{-1}*év^{-1}	18,21	0 t*ha^{-1}*év^{-1}	18,21	0,00
0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	55,14	0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}	23,35	-31,79
2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	25,41	2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}	2,65	-22,76
11- t*ha^{-1}*év^{-1}	1,23	11- t*ha^{-1}*év^{-1}	55,78	54,55
Összesen:	100	**Összesen:**	100	0,00

A **36. táblázat** adatai alapján a települések, utak, felszíni vizek és azon területek, amelyekre nem készült genetikus talajtérkép 18,21 %-ot fednek le a térkép egész területéből.

A **0-2 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategóriába eső terület a *becsült K tényezők* esetében 31,79 %-kal kevesebb, mint *mért K tényezők* alapján készült térkép esetében. Ebben az esetben a becsült K tényező értékekkel készített térkép alulbecsli az erózió által nem sújtott területek nagyságát, azaz túlbecsli a veszélyes mértékben erodált talajfelszín nagyságát.

A **2-11 t*ha^{-1}*év^{-1}** kategória a *becsült K tényezők* alapján készült térkép esetében kb. 22,76 %-kal kisebb. Eszerint a *becsült K tényezők* alapján kisebb az a terület, ahol nem szükséges a szántóterületen talajvédő művelést folytatni. A *mért K tényezők* alapján készült térkép szerint túlságosan alacsony ez a becslés.

Az előzőeknek megfelelően a **11 t*ha^{-1}*év^{-1}** fölötti kategória kiterjedése a becsült K értékek esetében 45-ször akkora, mint a *mért K* értékek alapján készített térképen. A különbség tehát 54,55 % a becsült K tényezők alapján készített térkép javára.

4.11.5. Összefoglalás a térképi ábrázolás eredményeiről

Amennyiben rendelkezésünkre áll a megfelelő adatbázis, azaz az USLE egyes tényezőit megfelelően fel tudjuk tölteni információval, akkor az egyenlet megbízhatóan becsli a talajveszteséget. Szélsőséges esetben, amennyiben nagymértékű talajlepusztulás (árkos erózió) vagy szedimentáció, azaz felhalmozódás fordul elő, akkor a modell nem megbízható. A szerzők ismerik az USLE hátrányait, miszerint a modell elsősorban talajpusztulás becslésére lett kidolgozva. A fejlett térképszerkesztő szoftverek ma már olyan fejlettségi színvonalon állnak, hogy a megfelelően elkészített domborzatmodell a lejtő alakját, a tábla formáját (lejtőirányban beszűkül vagy legyezőszerűen szétterjed) és egyéb, az USLE használatával kapcsolatosan kifogásolt hiányosságot pótolhat. Apró módosítással, ami természetesen mind a számítógép mellett, mind a terepen plussz munkával jár, kiegészíthető a modell egy viszonylag egyszerű, ugyanakkor korrektnek mondható szedimentáció becsléssel, de ez nem volt jelen dolgozat célja.

A talajveszteség becslés legfontosabb eredménye, hogy a kimeneti adatok elsődleges meghatározója a mértékegység. Gyakorlatilag lényegtelen, hogy melyik mértékegységet használjuk, a lényeg, hogy a csapadék erozivitásának és a talaj erodálhatóságának mértékegysége szinkronban legyen. A térképek készítése során egy olyan esetet szimuláltam, amely nagy valószínűséggel előfordulhat a talajvédelmi tervezés során. Az USLE-ben szereplő R és K tényezőt felhasználásra kerülhetnek különböző mértékegységgel számolt és a mértékegységet fel nem tüntető táblázatból vett értékkel is.

Az eddigi becslések valószínűleg nem tévednek túlzott, illetve az eddig becsült mértékben, mert mind a K tényező, mind az R tényező esetében az amerikaihoz hasonló nagyságrendű értékeket használtak az egyes szerzők. Előfordul, hogy az R tényező mértékegységéül a „$t*ha^{-1}*év^{-1}$”-et találjuk, mivel így az egyenlet mindkét oldalán ugyanazon mértékegységek szerepeltek és a K mértékegységével nem kellett foglalkozni. Ez természetesen az egyes, főleg az R tényező csapadékenergiára alapozott méréséből kifolyólag nem állja meg a helyét.

A dolgozatban bemutatott térképek a szántóterületekre vonatkozóan két növényborítás felszínborítására vonatkozó C faktor (ahol természetes vegetáció volt, ott annak megfelelően történt a C tényező súlyozása) és egy csapadékesemény energiájából számolt erozivitás érték felhasználásával készültek. Így a modell ebben az esetben prognosztizál. Nem számoltam egy egész évre vonatkozó R tényezőt, ehhez nem is álltak rendelkezésre adatok, így csak becsülhettem volna, ami nem vezet megbízható becsléshez.

A domborzatmodell készítése során egyértelművé vált, hogy az USLE modell technikailag alkalmas egy egész térképlapon való becslés elvégzésére. Ezzel párhuzamosan meg kell jegyezni, hogy az eróziós folyamatok, valamint az ArcInfo szoftware jellege és a domborzatmodell készítésének sajátosságai miatt feltétlenül szükséges a modell tábla-, erotóp- vagy vízgyűjtő szintnek megfelelő nagyságú mintaterületen való futtatása.

4.12. Új tudományos eredmények

Az értekezés új tudományos eredményeit az alábbiakban foglalom össze:

1. Hazánkban elsőként mesterséges esőztetési vizsgálatokat végeztem fekete ugaron, a talajerodálhatósági (K) tényező meghatározásához és közöltem az értékeket: K_{CSBET}=0,0162±0,0074, K_{HKARB}=0,0381±0,0232, K_{RBET}=0,0093±0,005, $K_{CSERN.}$=0,0184±0,0058, K_{nyirok}= 0,0127±0,0043, K_{ABET}= 0,0098±0,0051, K_{Ramann}=0,0097±0,002.

2. A mesterséges esőztetés során gyűjtött adatok alapján számított K tényezők elemzése során megállapítottam, hogy ugyanaz a talaj eltérő talajnedvesség állapotban más-más mértékben erodálódik. Az adatok lehetőséget adnak a K tényezők évszakoktól függő meghatározásához.

3. A statisztikai vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a vizsgált talajok esetében a talajtípus, az intenzitás és a K tényező komplex hatásegyüttest alakított ki. A vizsgált talajok felszíni lefolyás megindulása utáni erodálhatósága szignifikánsan különbözik és függ a csapadék intenzitásától.

4. Az esőztetés mellet az USLE egyenletben leírt módszerekkel is meghatároztam a K tényezők értékét és elemeztem a kapott eredményekben megfigyelhető különbségek okait. Megállapítottam, hogy a nomogram és az alapját képező egyenlet túlbecsli a K tényező mértékét mind a hét, vizsgált talaj esetében.

5. Létrehoztam a négy mintaterület K, LS és C tényezőinek digitális adatbázisát, meghatároztam az R tényezőket és ezek alapján elkészítettem a talajveszteséget prognosztizáló térképeket a mintaterületekre. A térképek alapinfomációkat nyújtanak a gazdáknak az eróziónak leginkább kitett területek körülhatárolására.

6. Összehasonlítottam a hazai szakirodalomban fellelhető és a mesterséges esőztetés segítségével kapott K tényezők alapján készült, talajveszteség prognosztizáló térkép adatait. Megállapítottam, hogy a mértékegység pontos ismerete kiemelt fontosságot élvez a talajveszteség USLE modell segítségével való becslése során.

7. A talajveszteség megengedhető mértékére vonatkozó szakirodalom részletes elemzése alapján megállapítottam, hogy az USLE útmutatója által megengedhetőnek ítélt talajveszteség sokszorosan meghaladja a tolerálható talajveszteség ütemét, így nem fenntartható talajhasználathoz vezet. Szigorúbb, a talajképződés üteméhez jobban igazodó talajveszteség tolerancia értékek bevezetését javasoltam.

5. Következtetések és javaslatok

5.1. Következtetések a K tényezőre vonatkozóan

5.1.1. Következtetések a K tényezőre vonatkozóan

1. A meghatározott K tényezők kizárólag arra a hét talajra vonatkoznak, amelyekre meghatároztam. A mért K tényező értékek más talajokra való kiterjesztése nehézkes, az irodalomban fellelhető eredmények ismerete ellenére ellentmondásokba ütközhetünk.

2. A K tényező korrekt megállapításához nem elegendő a talajtípus meghatározása. Szükség van részletes szelvényleírásra, az eróziós fokozat és a jellemző csapadékintenzitás ismeretére is. Az irodalmi feldolgozásban láthatunk példát arra, hogy egyes genetikai talajszintek eltérő K tényezőkkel bírhatnak.

3. A kutatások az egyes fizikai féleségekre vonatkozóan különböző K tényezőket állapítottak meg. Az egyes talajtípusok esetében azonban a különböző fizikai féleségű feltalajok teljesen hasonló K tényezőket eredményezhetnek (K_{RBET}= 0,0093, K_{ABET}= 0,0098).

4. A K tényező mértékegysége sok idézett cikkben hiányzik. Ebből adódóan a kutatási eredmények felhasználása nehézségekbe ütközhet.

5. A K tényező függ a csapadék, jelen esetben szigorúan véve az eső intenzitástól, aminek következtében változhat az évszakok függvényében.

6. A térképi elemzés alapján az eltérő mértékegységgel rendelkező tényezők használata esetén jelentős túl- vagy alulbecslés tapasztalható az USLE használata során. Az USLE által becsült talajveszteség megítélése (alul- vagy túlbecslés) csak abban az esetben lehetséges, ha erre vonatkozóan konkrét parcellás méréseink vannak.

5.1.2. Következtetések a T értékre vonatkozóan

A tolerancia értékek meghatározásával kapcsolatosan az irodalmi feldolgozásnak és a mintaterületeken elkészített eróziós térképeknek megfelelően a következő konklúziók vonhatók le:

1. A korábbi T értékek zömében becsléseken alapulnak. Az esetleges mérések csak egyedi helyzetekre vonatkoznak, széleskörű, esetleg egy egész országra alkalmazható méréssorozat még nem készült.

2. A K tényező méréshez hasonlóan előrelátható, hogy nem egy művelési ágra, egy táblára, egy vetésforgóra vagy akár egy egész országra vonatkozó T értéket kell megadni, hanem számos tényező fogja befolyásolni az adott területen alkalmazható T értéket, vagyis az eddigieknél sokkal részletesebb értékrendszer kidolgozására van szükség.

3. A T értéket szántóföldi művelés esetén növényborítástól függően kell megadni. A természetes vegetáció által borított és emberi behatás alatt nem álló területeken a T érték meghatározására nincsen feltétlenül szükség.

4. A K tényező méréséhez hasonlóan a T értékek meghatározásához is helyi mérések szükségesek, hiszen nemcsak a talajtípus (és ennek megfelelően az éghajlat, az alapkőzet, stb.) lesz mindenhol különböző, hanem a talaj szervesanyag kialakításában fontos szerepet játszó és általában mostohán hanyagolt élővilág (mikroorganizmusok, gombák, gyűrűsférgek, stb.) is.

5. A talajveszteséget legpontosabban becslő modell kiválasztásához hasonlóan a T értékek pontos meghatározása is elengedhetetlenül fontos a talaj fenntarthatóságához.

6. Az ökonómiai, szociológiai és politikai alapokon nyugvó T érték meghatározás csak rövidtávú és átmeneti tervezés alapja lehet olyan távlati terv elfogadása mellett, amely a talaj fenntartható használatát célozza.

5.1.3. Következtetések a térképezésre vonatkozóan

2001-ben megjelent az Európai Unió vázlatos tervezete a jövőbeli talajvédelmi törekvésekkel kapcsolatban (COM 2001). Ez az első alkalom, hogy az EU Bizottság a talajvédelmet a talaj oldaláról közelíti és célozza, éppen ezért széleskörű és leíró jellegű a megközelítés. A célok részletesen a következők.

1. A politika megalkotása szempontjából lényeges talajjellemzők meghatározása.
2. A talaj alapvető és sokrétű funkcióinak leírása és hangsúlyozása.
3. A talajra leselkedő veszélyek és a megoldás szükségességének azonosítása.
4. A Bizottság politikájának talaj szempontjából lényeges részeinek áttekintése.
5. Az EU-ban jelenleg működő talajinformációs és talajmonitoring rendszer bemutatása, az adathiány felfedése, amely a talajvédelmi politika megalkotása szempontjából alapvető fontosságú.

Az EU csatlakozás küszöbén hazánk fontos feladata, hogy figyelemmel kísérje az EU-ban zajló törvények és szabályozások változását. A talajveszteség prognosztizálása olyan komplex feladatkör, amely magába foglalja az egyes talajjelemzők meghatározását, a leselkedő veszélyek és megoldások azonosítását és alapadatokat nyújt a talajinformációs és monitoring rendszer működéséhez.

Munkám egyik végeredményeként elkészült térképek példaként szolgálhatnak az USLE és a GIS együttes használatának alkalmazására a hazai talajvédelmi tervezésben. Az eredmények lehetőséget nyújtanak arra, hogy elemzés készüljön arról, melyik talajveszteséget becslő modell a legalkalmasabb a 2.3.4. fejezetben vázlatosan ismertetett modellek közül. Mivel jelenleg a hasonló hazai alkalmazásokról a K tényező mérésekhez hasonlóan kevés irodalom található, ezért nem is készülhetett széleskörű elemzés, amely az egyes modelleket komplexebben összehasonlíthatná.

5.2. Javaslatok

5.2.1. A K tényezők felhasználására vonatkozóan

A szakirodalomban megjelenő K tényezők felhasználása a helyi talajvédelmi tervezésben csak abban az esetben javasolható, ha az idézett szakszövegben mind a részletes talajszelvény leírás, mind a laboratóriumi elemzés, valamint a mértékegység is szerepel. Ellenkező esetben a tényezők összehasonlítása a helyi adottságokkal és felhasználása a helyi tényezők becslésére csak spekuláció.

Mindenképpen szükség van a tényező további kutatására, azaz további esőztetési vizsgálatokra, de ezen kívül az egyenlet többi tényezőjének a vizsgálata is javasolható.

5.2.2. A K tényező mértékegységével kapcsolatban

Az USLE alapvetően az Amerikai Egyesült Államok mezőgazdasági területeire lett kidolgozva. Ennek megfelelően az USA-ban használatos mértékegységeket használja a modell (acre, láb-tonna-erő, hüvelyk, stb.).

Jelenleg a mezőgazdasági termelés területegysége a hektár, ami nem hivatalos, de elfogadott SI mértékegység. Éppen ezért javaslom a csapadék erozivitásának és a talaj erodálhatóságának MJ-ra és egy hektárra vonatkoztatva kifejezni. Látszólag nehézséget okozhat az, hogy tized akkora értékek születnek, de nem szabad elfelejteni, hogy az USA-beli K tényező érték tulajdonképpen 100-szorosa a valódi értéknek.

A hektár méretű területegységre alapozott mezőgazdasági termelés miatt javaslom a csapadék erozivitásának (R) meghatározását a következő SI mértékegységben:

$$[MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}].$$

Ennek tükrében javaslom a talaj erodálhatóságát a $[t * h * ha^{-1} * N^{-1}]$ ellenében a:

$$[t *h * ha * MJ^{-1} * mm^{-1} * ha]$$

vagy egyszerűbb formájában:

$$[t * h * MJ^{-1} * mm^{-1}]$$

mértékegységben meghatározni.

5.2.3. Információs rendszer fejlesztésével kapcsolatban

A Földrajzi Információs Rendszerre és eróziós modellekre alapozott eróziós térképkészítés pontosságának egyik kulcsfontosságú tényezője a pontos Digitális Domborzat Modell készítése. A domborzatmodell pontos elkészítéséhez nélkülözhetetlen az ArcInfo néven ismert software. A program oktatási verziója is igen drága, így leszűkül azon kutatóhelyeknek a száma, ahol úgymond házilag, egy olcsóbban beszerezhető ArcView program segítségével elkészíthető az eróziós modell. Ennek ellenére, mivel a prognózis pontossága az elkészített domborzatmodell javulásával egyenes arányban nő, ezért mind a fenti programok használata, mind a fejlesztések követése kifejezetten javasolt. Csak így érhető el, hogy naprakész és megfelelő technikai színvonalú térképek készüljenek.

5.2.4. Az alapadatbázisok fejlesztésével kapcsolatban

Az információs rendszer fejlesztésével alapvető probléma az alapadatbázisok gyakori hiánya, bár a modern, digitális adatbázisok terén hazánk előrehaladott állapotban van mind a környező országokat, mind a nemzetközi helyzetet tekintve. Az Európai Unióban mindössze két országnak van egész országra kiterjedő talajtérképe.

Legsürgetőbb feladat a rendelkezésre álló adatbázisok rendszerezett összegyűjtése és a kor mai színvonalán való feldolgozása, majd ezután egy talajvédelmi adatbázis létrehozása, széleskörű elérhetőségének biztosítása.

Szükséges lehet az eddigi komoly adatbázisok frissítése. A Kreybig-féle térképeket az 1930-as évek elején kezdték el felvételezni és az ’50-es évek elején fejezték be. A Kreybig térképek elkészülte óta eltelt kb. 50-70 év, az 1:10000-es méretarányú genetikus talajtérképek pedig kb. 30 évesek. Ha 15-30 $t*ha^{-1}*év^{-1}$ talajvesztést feltételezünk, akkor átlagos térfogattömeget figyelembe véve 1-2 mm talaj pusztul le évente hektáronként. Ez azt jelenti, hogy a Kreybig lapokon, a dombos vidékeken felvételezett talajtípusok esetében átlagosan 5-10 cm talaj pusztulhatott le, amely különösen kitett területeken ennek többszöröse is lehetett. Néhány esetben egy teljes genetikai talajszint pusztulását jelentheti, főleg ha már eleve erodált talajtípust felvételeztek. Így a térkép frissítésére feltétlenül szükség van. Hasonló a helyzet a genetikus térképeknél is.

Az eróziós térképezés az 1950’es években indult. A térképezés módszertana alapjaiban eltért a mai eróziós térképezés metodikájától. Az első eróziós térképek állapotfeltáró térképek voltak. A mai térképek, amelyek Földrajzi Információs Rendszer segítségével készülnek elsősorban prognosztizáló térképek, amelyek a jövőbeli vagy a múltbeli erózió mértékét becslik.

Szükség lenne a magyarországi talajvédelmi kutatások adataiból kialakítandó információs rendszer kialakítására. A munka alapjai folynak az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében.

6. Összefoglalás

A talaj hazánk egyik legfontosabb, meg nem újítható természeti erőforrása. A talajvédelem fontossága megkérdőjelezhetetlen jövőnk fenntarthatósága szempontjából. A talajerózió előrejelzése erózióbecslő modellekkel készül az egész világon. A széleskörben csak USLE néven ismert Egyetemes Talajvesztési Egyenlet 1998-ban hazánk eróziós szabványa lett. A kutatók felhívják a figyelmet az egyenletben szereplő tényezők helyi viszonyokra való adaptálásának fontosságára.

Az értekezés elsődleges célja, hogy a Wischmeier-Smith-féle „Universal Soil Loss Equation" talajerodálhatósági (K) tényezőjét és annak hazai alkalmazhatóságát vizsgálja. Ezzel párhuzamosan a kutatás során vizsgált talajtulajdonságokat is elemzésre kerülnek.

Munkám során a kiválasztott mintaterületek példáján keresztül mutatom be a vizsgált eredmények alkalmazhatóságát. A talajveszteség becslésének fontosságára hívom fel a figyelmet azzal, hogy a mintaterületeket hazánk környezeti érzékenység szempontjából kiemelten veszélyeztetett részén, a Balaton-vízgyűjtőjén jelöltem ki. Az egyes vizsgált talajtípusok számos kritériumnak kellett, hogy megfeleljenek az esőztetési vizsgálatok elvégzéséhez. A talajtípusokat úgy választottam ki, hogy azok ne csak a vízgyűjtő, hanem egész Magyarország szántó művelés alatt álló, erózió által veszélyeztetett dombvidéki területét jellemezzék.

Első lépésben a hazai és nemzetközi irodalom feldolgozását kezdtem el. Adatokat gyűjtöttem a Balaton-vízgyűjtőn folytatott kapcsolódó kutatásokról és a célterületekként kijelölt 1:10 000-es méretarányú térképlapok általános talajtani, növénytani, domborzati és éghajlati viszonyairól. A szakirodalomból válogattam a talajerodálhatóságot vizsgáló kutatók eredményeiből, az USLE modellt használó szakemberek tapasztalataiból, az erózióbecslő modellek továbbfejlesztéséről, valamint az esőztetéshez kapcsolódó vizsgálatokból.

A kutatás során alkalmazott módszerek kiválasztása az egyenletet megalkotó szerzőpáros, Wischmeier és Smith által leírt elveknek megfelelően zajlott. A vizsgálandó talajtípusok meghatározása után a mintaterületek kiválasztását a részletezett szempontrendszer alapján végeztem el.

Az irodalmi adatok gyűjtésével és feldolgozásával párhuzamosan Wischmeier-Smith-féle egységparcellákat állítottam be és megkezdtem az esőztetési vizsgálatokhoz történő előkészítésüket, a feltárt talajtípusok laboratóriumi elemzését. A helyszíni talajvizsgálatok rámutattak arra, hogy a vizsgált, szántó művelés alatt álló talajok mind kis és közepes mértékben erodáltak.

Az esőztetési vizsgálatokat a Veszprémi Egyetem Pannon R-02-es esőztető berendezésével végeztem. A térképek készítését az Arc/Info és Arc/View szoftverekkel hajtottam végre.

Az alapadatok gyűjtése, a laborelemzések elvégzése és az esőztetési vizsgálatok eredményei alapján történő K tényező számítás után jutottam hozzá a kívánt eredményekhez.

Az esőztetés során összegyűjtött hordalék és az USLE egyenlet (K=A/R*L*S) alapján számított K tényezőket összehasonlítottam a nomogram és annak alapját képező egyenlet használata alapján kapott értékekkel.

Az esőztetéssel nyert K tényezők és a mértékegységek komplex elemzésével összehasonlításokat végeztem az eddigi magyar és külföldi K tényező mérésekkel. Ennek során fény derült a mértékegységek pontos meghatározásának fontosságára és a különbségek okára.

Az esőztetéssel mért K tényezőket felhasználtam a mintaterületek talajveszteséget becslő térképének USLE modellel való elkészítéséhez. A mért értékek alapján kapott értékeket összehasonlítottam a becsült K tényezők alapján készült talajveszteség prognózis eredményeivel. Az elemzésekhez mind a négy mintaterület térképéhez egy térinformatikai adatbázist hoztam létre, ahol az USLE egyes tényezői - térinformatikai szakzsargonnal élve - feddvényekben kerültek feldolgozásra. A becsült és a mért K tényezők egyes feddvényeinek felhasználásával kapott talajveszteség értékek összehasonlítása jelentős különbségeket eredményezett. A különbséget az okozta, hogy a modellfuttatás [$MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}$] mértékegységben meghatározott R tényezővel és egy [$t*h*ha*MJ^{-1}*mm^{-1}*ha$] mértékegységben meghatározott, általam mért és egy ismeretlen mértékegységű, hazai becslésből származó K tényező sorozattal történt. Ezzel egy olyan esetet szimuláltam, amivel bármely talajvédelemmel foglalkozó szakember találkozhat munkája során.

Munkám összegzéseként elkészítettem a következtetések listáját és megtettem javaslataimat az USLE modell talajerodálhatósági tényezőjének hazai használhatóságára vonatkozóan.

A kutatás folytatásaként előkészületek történtek az USLE modell más modellekkel - EUROSEM, EPIC és WEPP - való összehasonlítására. Eddig nem álltak rendelkezésre lefolyás és talajveszteség adatok, amelyek korrekt összehasonlításra adtak volna alapot. A kutatás során felmerült további ötletek megvalósítása is folyamatban van, szoros együttműködésben az MTA Földrajztudományi Kutató Intézetével, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetével és felsőoktatási intézményekkel.

Summary

Soil is one of the most important, non-renewable natural resource of Hungary. Importance of soil protection is unquestionable in relation with our sustainable future. Soil loss prediction is done with erosion prediction models throughout the world. The Universal Soil Loss Equation, widely known as USLE became Hungary's official standard for soil loss prediction. Researchers call attention on the importance on adaptation of the factors of the USLE to local specialties.

This paper's primary goal is to examine the soil erodibility (K) factor of Wischmeier-Smith's Universal Soil Loss Equation and its applicability for Hungarian circumstances. Meanwhile soil properties are under examination in connection with soil erodibility.

During my work I wish to introduce the applicability of results on selected sample sites. To emphasise the importance of soil loss prediction, I chose the designated areas on environmentally highly sensitive grounds of Lake Balaton Watershed. The selected soil types were supposed to fulfill several criteria for rainfall simulation examination. At the same time I select soil types that characterize soils of arable land on hilly areas where there are certain water erosion threats in the watershed and presumably in Hungary, too.

As a first step I started to process Hungarian and international references. I collected data about the related researches on the Balaton watershed and about the soil, botanical, relief and climatic characteristics of the 1:10 000 scale maps of the target areas. I sorted from results of researchers examining soil erodibility factor, experiences of professionals using USLE, about further development of water erosion prediction models and examinations related to rainfall simulations.

The applied methods of the research was based on the written principles set by Wischmeier and Smith who created the model. After determining the soiltypes for the research I separated the sample areas according to the detailed considerations

Paralell with the collection and processing of the references I set up Wischmeier-Smith type unit plots, started to preparate them for rainfall simulation and analyzed the basic properties of the examined soil profiles in laboratory. The soil profile descriptions showed that examined soils are eroded from small to medium scale.

Rainfall simulation studies were fulfilled with the Pannon R-02 rainulator of the University of Veszprém.

Maps were prepared with Arc/Info and Arc/View softwares.

After collecting all basic data, laboratory analyses and calculated K factors from results of rainfall simulation studies I was getting to the desired results.

I calculated K factors based on soil loss data of rainfall simulation and USLE equation (K=A/R*L*S) and compared them with those calculeted by the nomogram and also with the equation that was used as a base for construction of the nomogram.

Based on K factors from rainulator studies and analyses of proper SI units I made comparisons with former Hungariasn and foreign K factor measurements. During the comparisons the importance of unit definitions and reasons of differences became clear.

I used the measured K factors from rainulator data to prepare the soil loss prediction map of the target areas with the USLE model. I compared soil loss data from prediction based on measured and based on former estimated erodibility values. I prepared a GIS (Geographical Infromation System) database for the map of all four sample area where each one of the USLE factors were processed in - based on GIS jargon - layers.

Comparison of soil loss prediction prepared by using layers of measured and calculated K factors resulted in significant differences. Running the model with R factor in units of [MJ*mm*ha^{-1}*h^{-1}] and with measured K factors in units of [t *h * ha * MJ^{-1} * mm^{-1} * ha] against estimated K factors with unknown units resulted the differences. I simulated such a case that any soil erosion professional might meet in Hungary.

To summarize my work I prepared a list of conclusions and made sugegstions concerning the applicability of soil erodibility factor in Hungary.

I wish to continue my researches. Comparison of USLE with other models like EUROSEM, EPIC and WEPP has been prepared. So far there were no available data on runoff and soil loss that could be used for proper comparisons. Other ideas, originated from this research are under construction with tight co-operation with the following institutes: Hungarian Academy of Science-Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Science-Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry and other universities.

7. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. AGASSI, M., SHAUMBERG, J., MORIN, J. (1990): Slope aspects and phosphogypsum effects on runoff and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 54: 1102-1106.
2. AMBAR, S., WIERSUM, K. F. (1980): Comparison of different erodibility indices under various soil and land use conditions in West Java. *Indonesian J. Geogr*. 1:1-15.
3. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (1963): Erosion control research - bibliography. An ASAE committee project. Special publication SP-SW-0166. 55 p.
4. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (1985): Erosion and soil productivity. *Amer. Soc. Agric. Engr. Publ.* No. 8-85.
5. ANDREWS, J. E. (1981): Erosion characteristics of reclaimed surface mined topsoil under rainfall simulation at 9 % and 4,5 % slope. Unpublished AE 299 Research Report. Dept. of Agr. Eng. Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, 159 p.
6. ARANEDA, A., CISTERNAS, M., URRUTIA, R. (1999): USLE and isotopic analysis to determine the historical soil erosion in a lacustrine watershed. Bosque, Universidad Austral de Chile, Vol. 20, Issue 2, 95-105. p.
7. ARSZLAMOV és GERASZIMOV (dátum és hivatkozás nélkül) In: STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. (szerk.) (1999): Talajtan. Mg. Kiadó, Bp., 229. p.
8. AUERSWALD, K., EICHER, A. (1992): Comparison of German and Swiss rainfall simulators - Accuracy of measurement and effect of rainfall sequence on runoff and - soil loss rates. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd*. 155: 191-195.
9. AUERSWALD, K., KAINZ, M., SCHRÖDER, D., MARTIN, W. (1992a): Comparison of German and Swiss rainfall simulators - Experimental setup. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd*. 155: 1-5.
10. AUERSWALD, K., KAINZ, M., WOLFGARTEN, H. J., BOTSCHEK, J. (1992b): Comparison of German and Swiss rainfall simulators - Influence of plot dimensions. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd*. 155: 493-497.
11. AUERSWALD, K., KAINZ, M., ANGERMÜLLER, S., STEINDL, H. (1996): Influence of exchangable potassium on soil erodibility. *Soil use and management*, 12, 117-121. p.
12. BAJRACHARYA, R. M., LAL, R. (1992): Seasonal Soil Loss and Erodibility Variation on a Miamian Silt Loam Soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 56:1560-1565. p.

13. BAO ZHONGMO, ZHANG PO (1984): The relationship between agricultural exploitation and desertification in the Great Bend of Huanghe River in history. 1 (3): 34-42. Found on p. 135 of Collection of Abstracts, 1983-1988. p.
14. BARCZI A. (1996): A Tihanyi-félsziget talajai és azok jelentősége az alkalmazkodó mezőgazdasági tájhasználatban. Doktori (Ph. D.) értekezés, Gödöllő, 132 p.
15. BARNETT, A. P., DOOLEY, A. E. (1972): Erosion Potential of Natural and Simulated Rainfall Compared. *Transactions of the ASAE*, I 112- I 114. p.
16. BATES, C. G., HENRY, A. J. (1928): Forest and streamflow at Wagon Wheel Gap, Colorado—Final Report. Suppl. 30. Monthly Weather Rev.
17. BATES, C. G., ZEASMAN, O. R. (1936): Soil erosion - a local and national problem. *Wisconsin Experiment Station Research Bulletin*, 99:1-100.
18. BEASLEY, D. B., HUGGINS, L. F. (1982): ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Response Simulation) User's Manual . Chicago: U.S. Environmental Protection Agency Report No. 905/9-82-001.
19. BEASLEY, D. B., MONKE, E. J., HUGGINS, L. F. (1977): ANSWERS: A model for watershed planning. *Purdue Agricultural Experiment Station*, Journal paper no. 7038, 34 p.
20. BEEDLOW, P. A. (1984): Revegetation and rock cover for stabilization of inactive uranium mill tailings disposal sites: Final Report, Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Laboratory, prepared for U. S. Department of Energy, Contract No. DE-AC06-76RLO 1830, 78 p.
21. BENNETT, H. H. (1939): Soil Conservation. McGraw-Hill, New York, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth?* Journal of Soil and Water Cons., May-June, 155-160. p.
22. BENNETT, H. H. (1955): Elements of Soil Conservation. New York, Toronto, London, 125 p.
23. BINGHAM, N. L., BYARS, B. W., MUTTIAH, R. S. (1994): Assessing Infiltration on Structured Central Texas Clay Soils Using Rainfall Simulation, In Review, *J. Range Mgmt.*
24. BISCAIA, R. C., RUFINO, R. L., HENKLAIN, J, C. (1981): Estimation of soil erodibility factor (K factor) in two soils of Parana state. *Rev. Bras. Cienc*. Solo 5(3):183-186.
25. BLYTH, M., MCCALLUM, A. (1987): Onsite costs of land degradation in agriculture and forestry. In: ANTHONY CHISHOLM, A., ROBERT DUMSDAY, R. (eds.), Land Degradation Cambridge University Press, London (403 p), 79-98. p.
26. BOLLINE, A. (1985): Adjusting the universal soil loss equation for use in Western Europe. In: EL-SWAIFY, S. A., MOLDENHAUER, W. C., LO, A. (eds.) *Soil Erosion and Conservation*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 206-213. p.
27. BONTA, J. V., SUTTON, P. (1983): Erosion and reclamation plots: research on the hydrology and water quality of watersheds subjected to surface mining. Report for Grant No. 50166054 Dec. 1983, U. S. Bureau of Mines, Dept. of Interior, 326 p.

28. BORST, H. L., MCCALL, A. G., BELL, F. G. (1945): Investigations in erosion control and reclamation of eroded land at the North-west Appalachian Conservation Experiment Station, Zanesville, Ohio, 1934-42. *United States Department of Agriculture Technical Bulletin,* 888:1-95.
29. BROOKS, F. L. (1977): Use of the universal soil loss equation in Hawaii. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 22-30. p.
30. BROWN, E. T., STALLARD, R. F., LAREN, M. C., RAISBECK, G. M., YIOU, F. (1995): Denudation rates determined from the accumulation of in-situ produced ^{10}Be in the Luquillo experimental forest, Puerto Rico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **129**: 193. p.
31. BROWNING, G. M. (1914): Developments that led to the universal soil loss equation: a historical review. In: FOSTER, G. R. (ed.) *Soil erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 3-5. p.
32. BRYAN, R. B. (2000): Soil erodibility and processes of water erosion on hillslopes. *Geomorphology*, 32, 385-415.
33. BUSACCA, A. J., COOK, C. A., MULLA, D. J. (1993): Comparing landscape-scale estimation of soil erosion in the Palouse using Cs-137 and RUSLE. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(4): 361- 367.
34. BUZÁS I. (szerk.) (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 243 p.
35. BUZÁS I. (szerk.) (1993): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. INDA 4231 Kiadó, Budapest. 357 p.
36. BYARS, B. W., ALLEN, P. M., BINGHAM, N. L. (1997): A Portable Rainfall Simulator for Infiltration Assessment. Forrás: http://www.baylor.edu/Geology/rainulator.html, Kereső: http://www.google.com, az URL címet a keresőbe beírva kidobja a honlapot
37. CABLIK, J. (1963): Erózió és talajvédelem. Bp. Mg. Kiad´, 245 p.
38. CHAMBERLIN, T. C. (1909): Soil wastage. In: *Proceedings of A Conference of Governors in the White House*, Washington, D. C., 1908. U. S. Congress 60th, 2nd, Session, House Document 1425. Washington, D. C.
39. CHAVES, H. M. L., NEARING, M. A. (1991): Uncertainty analysis of the WEPP soil erosion model. *Transactions of the ASAE* 34:2437-2444.
40. CHOW, V. T., HARBAUGH, T. E. (1965): Raindrop Production for Laboratory Watershed Experimentation. *J. Geophys. Res.* 70 (24), 6111-6119. p.
41. CHOW, T. L., REES, H. W., MONTEITH, J. (2000): Seasonal distribution of runoff and soil loss under four tillage treatments in the upper St. John River valley, New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(4), 640-660. p.
42. CLARK, E. H., HAVERKAMP, J. A, CHAPMAN, W. (1985): Eroding Soils: The Off-Farm Impacts. The Conservation Foundation, Washington, D. C., 252 p.
43. CLOSE, M. E., WATT, J. P. C., VINCENT, K. W. (1999): Simulation of picloram, atrazine and simazine transport through two New Zealand soils using LEACHM. *Australian Journal of Soil Research*, Vol. 37., 53 p.

44. COM (2001): Our Choice, Our Future. 264 final, 6 p.
45. COPLEY, T. L., FORREST, L. A., MCCALL, A. G., BELL, F. G. (1944): Investigations in erosion control and reclamation of eroded land at the Central Piedmont Conservation Experiment Station, Statesville, North Carolina, 1930-40. *USDA Technical Bulletin*, 873:1-66.
46. CSEPINSZKY B., JAKAB G., JÓZSA S. (1999): Szimulált csapadék, beszivárgás és talajveszteség. XLI. Georgikon Napok Keszthely. Agrárjövőnk Alapja a Minőség. 1999. szeptember 23-24. Keszthely. PATE GEORGIKON, 424-429. p., ISBN 963 9096 61 X
47. DANGLER, E. W., EL-SWAIFY, S. A. (1976): Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40(5):769-773.
48. DANGLER, E. W., EL-SWAIFY, S. A., AHUJA, L. R., BARNETT, A. P. (1976): Erodibility of selected Hawaii soils by simulated rainfall. ARS-W, USDA Publication 35.
49. DANIEL, H. A., ELWELL, H. M., COX, M. B. (1943): Investigations in erosion control and reclamation of eroded land at the Red Plains Conservation Experiment Station, Guthrie, Oklahoma, 1930-40. *USDA Technical Bulletin* 837:1-94.
50. DAZZI, C., FIEROTTI, G., RAIMONDI, S. (1998): Rate of erosion and nutrient losses in three benchmark soils on the hilly landscape of Sicily (I). 49-60. p. In: RIDRÍGUEZ RIDRÍGUEZ, A., JIMÉNEZ MENDOZA, C. C., TEJEDOR SALGUERO, M. L. (eds.) *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures*. Geoforma Ediciones, Legroño, 479 p.
51. DAVIS, T. N. (1982): Soil Formation. Alaska Science Forum, Article #531. http://www.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF5/531.html, Kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: Alaska Science Forum, Soil Formation
52. DEDECEK, R. A. (1974): Caracteristica fisica e fator de erodibilidade de oxissolos no Rio Grande do sul. In: Unidades Erexim, Passo Fundo e Santo Angelo, Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Tese M. S.. 89 p.
53. DEDECEK, R. A., CABEDA, M. S. V. (1977): Fator de erodibilidade de oxissolos no Rio Grande do sul. *Pesquisa Agropec. Bras*. 12:91-95.
54. DE PLOEY, J., IMESON, A., OLDEMAN, L. R. (1991): Soil erosion, soil degradation, and climatic change. In: BROUWER, F. M., THOMAS, A. J., CHADWICK, M. J. (eds.), Land Use Changes in Europe, Kluwer Academic Publishers, London, Chapter 12, 275-292. p.
55. DICKSON, R. E., LANGLEY, B. C., FISHER, C. E. (1940): Water and soil conservation experiments at Spur, Texas. *Texas Agricultural Experiment Station Bulletin*, 587:1-67.
56. DICKINSON, W. T., RUDRA, R. P., WALL, G. J. (1989): Nomographs and software for field and bank erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 596. p.
57. DISEKER, E. G., YODER, R. E. (1936): Sheet erosion studies on Cecil clay. *Alabama Experiment Station Bulletin*, 245:1-52.

58. DISSMEYER, G. E., FOSTER, G. R. (1980): A guide for predicting sheet and rill erosion on forest lands. USDA, Technical Publication, SA-TP11 Atlanta, GA, 40 p.
59. DJOROVIC, M. (1992): Soil Erosion Problem in Yugoslavia (Republics: Serbia, Bosnia & Herzegovina, Macedonia and Montenegro). Soil Erosion Prevention and Remediation Workshop, Bp., 158-162. p.
60. DOWDESWELL, E. (1998): Extent and Impacts of Soil Degradation on a World-wide Scale. XI-XV. p. In: BLUME, H. P., EGER, H., FLEISCHHAUER, E., HEBEL, A., REIJ, C., STEINER, K. G. (eds.): *Towards Sustainable Land Use*. Advances in Geoecology 31.
61. DRAINMOD USER'S MANUAL (1989): Biological and Agricultural Engineering Dept., NC St. Univer. Raleigh, N. C., 46 p.
62. DUCK, T., ERŐDI, B. (1968): Talajpusztulás, talajvédelem. Mg-i és Élelmezésügyi Minisztérium Információs Központja (AGRINFORM), 75 p.
63. DULEY, F. L., HAYS, O. E. (1932): The effect of the degree slope on runoff and soil erosion. *Journal of Agr. Res*. 45:349-360.
64. DULEY, F. L., MILLER, M. F. (1923): Erosion and surface runoff under different soil conditions. *Missouri Experiment Station Research Bulletin*, 63:1-50.
65. EDWARDS, K.; ROSEWELL, C. J. (1990): Evaluation of alternative land management and cropping practices for soil conservation. Oxford: Blackwell Scientific Publications; Soil use and management v. 6 (3): p. 121-124. p.
66. EL-SWAIFY, S. A. (1977): Susceptibility of certain tropical soils to erosion by water. In: GREENLAND, D. J., LAL, R. (eds.) *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics*. Wiley, Chichester, U.K., 71-77. p.
67. EL-SWAIFY, S. A., DANGLER, E. W. (1977): Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrological parameters. Soil Erosion: Prediction and Control, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa. 105-114. p.
68. EOV 42-334 (1983): Nemessándorháza térképlap.(1:10 000) MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal
69. EOV 33-323 (1983): Somogyvár térképlap. (1:10 000) MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal
70. EOV 43-234 (1983): Balatonfüred térképlap. (1:10 000) MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal
71. EOV 44-312 (1983): Balatonszabadi térképlap. (1:10 000) MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal
72. EOV 43-412 (1983): Tihany térképlap. (1:10 000) MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal
73. ERŐDI, B., HORVÁTH, V., KAMARÁS, M., KISS, A., SZEKRÉNYI, B. (1965): Talajvédő gazdálkodás hegy– és dombvidéken. Mezőgazdasági. Kiadó, Bp., 403 p.
74. EVETT, S. R., DUTT, G. R. (1985): Effect of slope and rainfall intensity on erosion from sodium dispersed, compacted earth microcatchments. *Soil Sci. Soc. Am*. Journal 49: 202-206.

75. FAO, UNEP, UNESCO (1979): A Provisional Methodology for Soil Degradation Assessment. FAO, Rome, Italy, 130 p.
76. FARMER, E. E., FLETCHER, J. E. (1977): Highway erosion control systems: An evaluation based on the universal soil loss equation. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil Erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 12-21. p.
77. FLANAGAN, D. C., NEARING, M. A. (1995): USDA, Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Rep. 10, USDA-ARS-NSERL, West Lafayette, IN., 123 p.
78. FOGEL, M. M., HEKMAN, L. H., DUCKSTEIN, I. (1977): A stochastic sediment yield model using the modified universal soil loss equation. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil Erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 226-233. p.
79. FOLLY, A., QUINTON, J., POESEN, J. (2000): Sensitivity analysis of EUROSEM using Monte Carlo simulation II: the effect of rills and rock fragments. *Hydrological Processes*, 14: 927-939.
80. FOSTER, G. R. (1982): Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T., JOHNSON, H. P., BRAKENSIEK, D. L. (eds.), *Hydrologic Modeling of Small Watersheds*. American Society of Agricultural Engineers, Monograph no. 5., St. Joseph, MI, 297-380. p.
81. FOSTER, G. R., EPPERT, F. P., MEYER, L. D. (1979): A programmable rainfall simulator for field plots. In: *Proc. Rainfall Simulator Workshop*, Tucson, Arizona, March 7-9, 45-59. p.
82. FOSTER, G. R., MCCOOL, D. K., RENARD, K. G., MOLDENHAUER, W. C. (1981): Conversion of the USLE to SI metric units. *Journal of Soil and Water Cons*., 355-359. p.
83. FOSTER, G. R., MEYER, L. D. (1972): A closed-form erosion equation for upland areas. In: SHEN, H. W. (ed.), *Sedimentation (Einstein).* Colorado State Univ., Fort Collins. Chapter 12.
84. FOSTER, G. R., WISCHMEIER, W. H. (1974): Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Transactions of the. American Society of Agricultural Engineers 17 2, 305–309. p.
85. FREIRE, O., PESSOTTI, J. E. (1978): Il Nacional De Pesquisa sobre Conservacao do solo. Anais, EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa De Trigo Servicio Nacional De Levantamento E Conservacao do solo, Passo Fundo-RS, 185-192. p.
86. FREIRE, O., VASQUEZ, J. (1982): Erodibility of the Bora watershed soils, Brazil. *Rev. Agric. Bras*. 57(1/2):77-91.
87. FRICKEL, D. G., SHOWN, L. M., HADLEY, R. F., MILLER, R. F. (1981): Methodology for hydraulic evaluation of a potential surface mine: The Red Rim Site, Carbon and Sweetwater Counties, Wyoming, U. S. Geological Survey, Water-Resources Investigation, Open File Report 81-75, 59 p.
88. FU, B. (1989): Land use and management on the Loess Plateau. *Chinese Journal of Arid Land Research* 2: 361-368. p.

89. FÜLEKY, GY, BARCZI, A., CENTERI, CS. (1998): A Wischmeier-Smith-féle általános talajvesztési egyenlet talaj erodálhatósági tényezőjének pontosítása GIS (FIR) támogatású eróziós modellkísérletek segítségével. FM 30 503/98 JELENTÉS, 68 p.
90. GILLEY, J. E., GEE, G. W., BAUER, A., WILLIS, W. O., YOUNG, R. A. (1977): Runoff and erosion characteristics of surface-mined sites in Western North Dakota. *Transaction of ASAE.* 20:697-700, 704.
91. GILLEY, J. E., SCHROER, F. W., ZIMMERMANN, L. (1981): Suspended and dissolved solids in runoff from rangeland and surface mined sites in Western North Dakota. North Dakota Research Report 88, *North Dakota Experiment Station Bulletin*, Fargo.
92. GUSTAFSON, A. F. (1937): Conservation of the soil. McGraw-Hill, New York, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
93. HÄBERLI, R., LÜSCHER, C., PRAPLAN CHASTONAY, B, WYSS, C. (1991): L'affaire sol. Pour une politique raisonnée de l'utilisation du sol. Rapport final du programme national de recherche 'Utilisation du sol en Suisse' (PNR 22), Georg Editeur, Geneva.
94. HAHN, D. T., MOLDENHAUER, W. C., ROTH, C. B. (1985): Slope gradient effect on erosion of reclaimed soils. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng*. 20:805-808.
95. HALL, G. F., LOGAN, T. J., YOUNG, K. K. (1985): Criteria for determining tolerable erosion rates. In: FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (eds.) *Soil Erosion and Crop Productivity.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, 368 p.
96. HANYONA, S. (2001): Soil erosion threatens farm lands of sub-Saharan Africa. The Earth Times, January 10, http://forests.org/archive/africa/soerthre.htm, keresővel nem kereshető meg kizárólag ez a honlap, be kell írni az URL címet a „Cím:" ablakba, vagy az Earth Times-ra lehet keresni és azon belül megtalálni
97. HARMON, W. C., MEYER, L. D. (1978): Cover, slope and rain intensity affect interrill erosion. In: *Proceedings Mississippi Water Resources Conference.* Mississippi State University, 124-127 p.
98. HART, G. E. (1984): Erosion from simulated rainfall on mountain rangeland in Utah. *Journal of Soil and Water Cons*. 39(5): 330-334.
99. HAYES, W. A. (1977): Estimating water erosion in the field. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil erosion: Prediction and Control*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 6-11. p.
100. HICKEY, R., SMITH, A., JANKOWSKI, P. (1994): Slope length calculations from a DEM within Arc/Info Grid., Computers, Environment and Urban Systems, 18(5), 365 - 380. p
101. HILL, H. O., PEERY, W. J., MCCALL, A. G., BELL, F. G. (1944): Investigations in erosion control and reclamation of eroded land at the Blackland Conservation Experiment Station, Temple, Texas, 1931-41. *USDA Technical Bulletin*, 859:1-109.

102. HILLEL, D. (1998): Environmental Soil Physics, University of Massachusetts, Amberst, Massachusetts, Academic press, a division of Harcourt Brace & Company, San Diego, 456 p.
103. HINKLE S. E. (1990): The Akron USDA-ARS portable boom-mounted rainfall simulator. *Trans. ASAE* 33(3):818-820.
104. HOLBERGER, R. I., TRUETT, J. B. (1976): Sediment yield from construction sites. Proceedings of the Third Interagency Sedimentation Conference, PB-245-100, Water resources Council, Washington, D. C., 1-47 - 1-58. p.
105. HOLÝ, M. (1980): Erosion and environment. Pergamon Press, 225 p.
106. HORNER, G. M., MCCALL, A. G., BELL, F. G. (1944): Investigations in erosion control and reclamation of eroded land at the Palouse Conservation Experiment Station, Pullman, Washington, 1931-42. *USDA Technical Bulletin*, 860:1-83.
107. HUDSON, N. (1971): Soil conservation. Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons.*, May-June, 155-160. p.
108. HUDSON, N. (1973): Soil Conservation. London, Batsford, 320. p.
109. HUDSON, N. (1977): Soil Conservation. Cornell University Press. Ithaca, New York, 321 p.
110. HUDSON, N. (1981): Soil Conservation. Cornell University Press. Ithaca, New York. In: JOHNSON, L. C. (1987. *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
111. HUSZÁR, T. (1999): Talajerózió-becslés az EPIC-EROTÓP módszerrel. *Földrajzi Értesítő* XLVIII. évf. 1-2. füzet, 189-198. p.
112. HUTTEN, N. C., GIFFORD, G. F. (1988): Using the Green-Ampt Infiltration Equation on Native and Plowed Rangeland. *J. Range Mgmt*. 41 (2), 159-161. p.
113. IBRD (1992): Development and the Environment. World Development Report 1992. Oxford: Oxford University Press and International Bank for Reconstruction and Development, Washington D. C., 189 p.
114. IMESON, A. C., VIS, M. 1984. The output of sediments and solutes from forested and cultivated clayey drainage basins in Luxembourg. *Earth Surf.Proc.and Landforms*, 9: 585-594.
115. ISRAELSEN, C.E., CLYDE, C. G., FLETCHER, J. E., ISRAELSEN, E. K., HAWS, F. W., PACKER, P. E., FARMER, E. E. (1980): Erosion control during highway construction: Manual on principles and practices, National Cooperative Highway Research Program Reports 221, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 23. p.
116. JACKSON, W. I., GEBHARDT, K., VAN HAVEREN, B. P. (1986): Use of the modified universal soil loss equation for average annual sediment yield estimates on small rangeland drainage basins. In: HADLEY, R. F. (ed.), *Drainage Basin Sediment Delivery*, IAHS Publication no. 159, 413-422. p.
117. JENNY, H. (1959): Soil as a natural resource. In: HUBERTY, M. R. és FLOCK, W. L. (eds.) *Natural resources.* McGraw-Hill, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.

118. JOHNSON, L. C. (1987): Soil loss tolerance: Fact or myth? *Journal of Soil and Water Cons.*, May-June, 155-160. p.
119. KARAVAYEVA, N. A., NEFEDOVA, T. G., TARGULIAN, V. O. (1991): Historical land use changes and soil degradation on the Russian Plain. In: F. M. BROUWER, A. J. THOMAS, and M. J. CHADWICK (eds.), *Land Use Changes in Europe*, Kluwer Academic Publishers, London, Chapter 16, 351-377. p.
120. KAZÓ B. (1966): A talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak meghatározása mesterséges esőztető készülékkel. *Agrokémia és Talajtan,* Tom. **15**. (2.) p. 329–252.
121. KAZÓ B. (1967): Új módszer a talajpusztulás térképezésére mesterséges esőztetés útján. *Földrajzi Értesítő*, XVI. évf. 16. füz. p. 375–386.
122. KAZÓ B., KLIMES–SZMIK A. (1964): A mesterséges esőztetéssel párhuzamosan végzett kutatófilmezés módszere. *Időszerű Önt. Kut*. Vízgazd. Tud. Kut. Int. kiadvány, Bp., p. 99–101.
123. KELLOG, C. E. (1941): The soil that support us. The Macmillian Co., New York, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987*): Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
124. KERÉNYI, A. (1991): Talajerózió (Soil erosion). - Akadémiai Kiadó, Bp., 219 p.
125. KERTÉSZ, Á., RICHTER, G., R., G. SCHMIDT, BRAUNSCHWEIG, W., HUSZÁR, T., LÓCZY, D., SCHäFER, A., MÁRKUS, B., VARGA, G., HENZLER, B. (1997): The Balaton Project, ESSC Newsletter 2 + 3, 1-37. p.
126. KHOR M. (1996): Land degradation causes $10 billion loss to South Asia annually. *Third World Resurgence* No. 67. 5 p.
127. KINELL, P. I. A., RISSE, L. M. (1998): USLE-M: Empirical Modeling Rainfall Erosion through Runoff and Sediment Concentration. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 62, No. 6, 1667-1672. p.
128. KNISEL, W.G. (1980): CREAMS: A field-scale models for Chemicals, Runoff and Erosion form Agricultural Management Systems. - Rep. No. 26, U.S. Department of Agriculture., 156 p.
129. KNISEL, W. G., NICKS, A. D. (1980): CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. Vol. 1. Model documentations, Chapter 1., Introduction. U.S.D.A., Conservation Research Report, **26**., 1-12. p.
130. KISS R-NÉ., BUKOVSZKY GY., ANTALNÉ ANGSTER M. (1984): Talajvédelem és lefolyás. Vízgazdálkodási Intézet. Munkaszám: 591., 245 p.
131. KITAHARA, H., OKURA, Y., SAMMORI, T., KAWANAMI, A. (2000): Application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) to mountainous Forests in Japan. *Journal of Forest Research* Vol. 5 No. 4., 231-237. p.
132. KNISEL, W. G. (1980): CREAMS. A field scale model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management System. U. S. Dept. Agric., Conservation Res. Rep. No. 26, 640 p.
133. KNISEL, W. G., LEONARD, R. A., DAVIS, F. M. (1993): GLEAMS Version 2.1. Part I: Model Documentation. UGA-CPES-BAED, Pub. 5., 1-12 p.
134. KOZLIK, V. (1961): Vodná erózia boj proti nej v horskych oblastiach CLR. Lesnicky Casopis. Bratislava. 5. 386-394. p. In: DUCK, T., ERŐDI, B.

(1968): *Talajpusztulás, talajvédelem.* Mg-i és Élelmezésügyi Minisztérium Információs Központja (AGRINFORM), 75 p.

135. KOZMENKO, A. SZ. (1954): Bor'ba sz eroziej pocsv. Moszkva. Szel'hozgiz, 231 p.
136. KRUSEKOPF, H. H. (1943): The effect of slope on soil erosion. *Missouri Experiment Station Research Bulletin*, 363:1-23.
137. KURNIA, U., SUWARDJO, H. (1985): Effect of mechanical conservation methods on soil erosion in Tropudalf and Tropothent in Yogyakarta. Pembr. Pen. Tanah Dan Pupuk 4:46-50.
138. LAFLEN, J. M., ELLIOT, W. J., SIMANTON, R., HOLZHEY, S., KOHL., K. D. (1991/a): WEPP soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils. *J. Soil and Water Conserv.* 46(1):39-44.
139. LAFLEN, J. M., LANE, L. J., FOSTER, G. R. (1991/b): The water erosion prediction project-a new generation of erosion prediction technology. *J. Soil and Water Conserv.* 46(1):34-38.
140. LAGO, J. C. (1981): Erodabilidade de um solo podzólico, vermelho amarelo eutrófico, pelos métodos da chuva natural, simulador de chuvas e nomograma, no Sertão de Pernambuco. MSc thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil., 102 p.
141. LAL, R. (1984): Effects of slope length on erosion of some Alfisols in Western Nigeria. *Geoderma* 33:181-189.
142. LAL, R. (1990): Soil erosion in the tropics: principles and management. McGraw-Hill, Inc., 581 p., ISBN 0-07-036087-1
143. LANE, L. J., RENARD, K. G., FOSTER, G. R., LAFLEN, J. M. (1992): Development and application of modern soil erosion prediction technology - The USDA experience. *Australian Journal of Soil Research*, Vol. 30, 893-912. p.
144. LANG, K., PRUNTY, L., SCHROEDER, S., DISRUD, L. (1984): Interrill erosion as an index of mined land soil erodibility. *Trans. ASAE.* 27:99-104 és 109. p.
145. LARSON, W. E. (1981): Protecting the soil resource base. Journal of Soil and Water Cons. 36:13-16. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
146. LATTANZI, A. (1973): Influence of straw-mulch rate and slope steepness on interrill detachment and transport of soil. M. S. Thesis, Purdue University, 67 p.
147. LAWS, J. O. (1941): Measurements of fall velocity of water drops and raindrops. Trans. American Geophysical Union 22:709.
148. LÁNG, I., CSETE, L., HARNOS, ZS. (szerk.) (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mg. Kiadó, Bp., 265 p.
149. LÁNG, I. (1994): The Ecological Foundation of Sustainable Land Use in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, Tom. 43., No. 3-4., 264-268. p.
150. LEWIS, L. A., CLAY, D. C., DEJAEGHER, Y. M. J. (1988): Soil loss, agriculture, and conservation in Rwanda: Toward sound strategies for soil management. *Journal of Soil and Water Conservation,* 43: 418-421.
151. VAN LIEW, M. W., SAXTON, K. E. (1983): Slope steepness and incorporated residue effects on rill erosion. *Trans. ASAE*. 26: 1738-1743.

152. LINDSAY, J. I., GUMBS, F. A. (1982): Erodibility indices compared to measured values of selected Trinidad soils. *Soil Science Society of America Journal* 46(2): 393-396.
153. LITTLEBOY, M., SILBURN, D. M., FREEBAIRN, D. M., WOODRUFF, D. R., HAMMER, G. L. (1989): PERFECT - A computer simulation model of Productivity, Erosion, Runoff Functions to Evaluate Conservation Techniques. Queensland, Dept. of Primary Industries, Bulletin QB89005, 119 p.
154. LITTLEBOY, M., SILBURN, D. M., FREEBAIRN, D. M., WOODRUFF, D. R., HAMMER, G. L. (1989): PERFECT - Productivity, Erosion, Runoff Functions to Evaluate Conservation Techniques. Qld. Dept. Prim. Ind. Monograph, 119 p.
155. LOCH, R. J. (1984): Field rainfall simulator studies on two clay soils of the Darling Downs, Queensland. III. An evaluation of current methods of deriving soil erodibilities (K-factors). *Aust. J. Soil Res*. 22: 401-412.
156. LOCH, R. J. (1989): Aggregate breakdown under rain: its measurement and interpretation. Ph. D. thesis, Univ. of New England, Asutralia, 45 p.
157. LOCH, R. J., DONNOLLAN, T. E. (1982): Field Rainfall Simulator Studies on two Clay Soils of the Darling Downs, Queensland. II. Aggregate Breakdown, Sediment Properties and Soil Erodibility. *Aust. J. Soil Res*. **21**, 47-58. p.
158. LOCH, R. J., DONOLLAN, T. E. (1983): Field rainfall simulator studies on two clay soils of the Darling Downs, Queensland. I. The effects of plot size and tillage orientations on erosion processes and runoff and erosion rates. *Aust. J. Soil Res*. 21. 33-46.
159. LOCH, R. J., ROSEWELL, C. J. (1992): Laboratory Methods for Measurement of Soil Erodibilities (K factors) for the Universal Soil Loss Equation, *Aust. J. Soil Res*., 1992, 30, 233-48. p.
160. LOCH R. J., SO, H. B, ASPINALL, T. O, CARROLL C., WILLGOOSE, G. R., SHERIDAN, G. (1997): Post-mining landscape parameters for erosion control on coal mines. Workshop on Post-Mining Landform Stability and Design, Brisbane, Queensland, 18-20 September, 1996, 15-23. p.
161. LOCH, R. J., SLATER, B. K., DEVOIL, C. (1998): Erodibility values for surface soils. *Aust. J. Soil Res*., 36, 1045-55. p.
162. LOMBARDI, F. (1979): Universal Soil Loss Equation (USLE), runoff erosivity factor, slope length exponent, and slope steepness exponent for individual storms. PhD Thesis, Purdue University, W. Lafayette, Ind., 128 p.
163. LOZANO, F. J., SÁNCHEZ GÓMEZ, S. T., SÁNCHEZ GARRIDO, J. A., PUGNAIRE, F. I. (1998): Water erosion risk in the natural park of Cabo de Gata-níjar (Almería, Spain). 77-89. p. In: RIDRÍGUEZ RIDRÍGUEZ, A., JIMÉNEZ MENDOZA, C. C., TEJEDOR SALGUERO, M. L. (eds.), *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures*. *Geoforma Ediciones*, Legroño, 479 p.
164. MACHADO, S. A. (1978): First approximation of values of the erodibility factor (K), in some Colombian soils. Rev. Facult. Nac. Agron. Medellin, Colombia 31(1):1-22. In: LAL, R. (1990): *Soil erosion in the tropics: principles and management.* McGraw-Hill, Inc., 245 p.

165. MAENE, L. C., MAESCHALK, G. G., HUAN, L. H., MANAN, M. (1977): Soil Physics Annual Report October 1976-September 1977, Faculty Agric., Univ. Pertanian, Malaysia, 88 p.
166. MARTIN, W. (1988): Die Erodierbarkeit von Böden unter simulierten and natürlichen Regen und ihre Abhangigkeit von Bödeneigenschaften. PhD Thesis, Tech. Univ., München, 160 p.
167. MATI, B. M., MORGAN, R. P. C., GICHUKI, F. N., QUINTON, J. N., BREWER, T. R., LINIGER, H. P. (2000): Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: A case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. *JAG* • Vol. 2., Issue 1, 55. p.
168. MCCONKEY, B. G., NICHOLAICHUK, W., STEPPUHN, H., REIMER, C. D. (1997): Sediment yield and seasonal soil erodibility for semiarid cropland in western Canada. *Canadian Journal of Soil Science,* 77(1), 33 – 40. p.
169. MCCOOL, D. K., PAPENDICK, R. I., BROOKS, F. I. (1976): The universal soil loss equation as adapted to the Pacific Northwest. Proceedings of the Third Interagency Sedimentation Conference, PB-245-100, Water Resources Council, Washington, D. C., 2-135 to 2-147. p.
170. MCCORMACK, D. E., LARSON, W. E. (1981): A values dilemma: Standards for soil quality tomorrow. In: JESKE, W. E. (ed.), Eco*nomics, Ethics, Ecology: Roots of Productive Conservation.* Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa
171. MCGEE, W. J. (1911): Soil erosion. USDA, Bureau of soils-Bulletin No. 71, Washongton, Government Printing Office. 32. p.
172. MCPHEE, P. J., HARTMAN, M. O., KIECK, N. F. (1983): Soil Erodibility and Crop Management Factors of Soils under Pineapple Production. Paper 83-2073, *Trans. ASAE*, St. Joseph, Mich., 213 p.
173. MEYER, L. D., HARMON, W. C. (1985): Sediment losses form cropland furrows of different gradients. *Trans. ASAE*. 28: 448-453.
174. MEYER, L. D., HARMON, W. C. (1989): How row-sideslope length and steepness affect sideslope erosion. *Trans. ASAE*. 32:639-644.
175. MEYER, L. D., MCCUNE, D. L. (1958): Rainfall simulator for runoff plots. *Trans. ASAE* 39. 644-648.
176. MÉSZÁROS, E., JAKAB, G. (2001): Erodálhatósági értékek számítása talajtulajdonságok alapján. *Földrajzi Értesítő*, L. évf. 1-4 füzet, 137-142. p.
177. MILLER, R. W., DONAHUE, R. L. (1990): Soils, An introduction to Soils and Plant Growth (6th edition), Table 14-2., 455 p.
178. MITCHELL, J. K., BUBENEZER, G. D. (1980): Soil loss estimation. In: KIRKBY, M. J., MORGAN, R. P. C. (eds.), *Soil erosion,* John Wiley and Sons, New York, NY, 17-62. p.
179. MITCHELL, J. K., MOLDENHAUER, W. C., GUSTAVSON, D. D. (1983): Erodibility of Selected Reclaimed Surface Mined Soils. *Trans. ASAE*. 26: 1413-1417, 1421
180. MONDARDO, A., DE FORIAS, G. S., HENKLAIN, J. C., VIEIRA, M. J., CASTRO, C. DE FILHO, RUFINO, R. L., KEMPER B., DERPSCH, R. (1978): Indices de erodibilidade de alguns solos de Estado do Parana. Il Encontro Nacional

De Pesquisa sobre Conservacao do solo. Anais, EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa De Trigo Servicio Nacional De Levantamento E Conservacao do solo, 199-202. p.

181. MORGAN, R. P. C., MORGAN, D. D. V. (1981): Problems of Validating a Meyer-Wischmeier Type Soil Erosion Model with Field Data. In: MORGAN, R. P. C. (ed.), *Soil Conservation,* Wiley, Chichester, 327-334. p.
182. MORGAN, R. P. C, QUINTON, J. N, SMITH, R. E, GOVERS, G, POESEN, J. W. A, AUERSWALD, K, CHISCI, G, TORRI, D, STYCZEN, M. E. (1997): The European soil erosion model (EUROSEM): A process-based approach for predicting soil loss from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 527-544.
183. MORGAN, R. P. C., QUINTON, J. N., SMITH, R. E., GOVERS, G., POESEN, J., AUERSWALD, K., CHISCI, G., TORRI, D., STYCZEN, M. E. (1998): The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms.* 23: 527-544.
184. MORGAN, R. P. C., QUINTON, J. N., SMITH, R. E., GOVERS, G., POESEN, J., AUERSWALD, K., CHISCI, G., TORRI, D., STYCZEN, M. E. (1999): Reply to discussion on "The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments". *Earth Surface Processes and Landforms*. 24: 567-568.
185. MOTA, F. O. B., LIMA, F. A. M. (1976): Erodibility of the soils of FEVC (Farende Experimental Vale do Curn). Erodibilibade dos solos das FEVC. Solo 68(2):60-62.
186. MSZ 20133:1998
187. MTAKWA, P. W., LAL, R., SHARMA, R. B. (1987): An evaluation of the Universal Soil Loss Equation and field techniques for assessing soil erosion on a tropical alfisol in Western Nigeria. *Hydrol. Processes* 1:199-209.
188. MURPHREE, C. E., MUTCHLER, C. K., MCDOWELL, L. L. (1976): Sediment yields from a Mississippi delta watershed. Proceedings of the Third Interagency Sedimentation Conference, PB-245-100, Water Resources Council, Washington, D. C., 1-99 - 1-109. p.
189. MUTCHLER, C. K. (1965): Using the drift of water drops during fall for rainfall simulator design. *J. Geophys. Res*. 70, 3899-3902. p.
190. MUTCHLER C. K., CARTER, C. E. (1983): Soil Erodibility Variation During the Year. *Transaction American Society of Agricultural Engineers* **26**, 1102-1104. p.
191. MUTCHLER, C. K., MCGREGOR, K. C. (1979): Geographical differences in rainfall. In: *Proc. Rainfall Simulator Workshop*, Tucson, Arizona, March 7-9:8-16.
192. NACHTERGAELE, J., POESEN, J., VANDEKERCKHOVE, L., OOSTWOUD WIJDENES, D. J., ROXO, M. (2001): Testing the Ephemeral Gully Erosion Model (EGEM) for two Mediterranean environments. *Earth Surface Processes and Landforms.* 26: 17-30

193. NEAL, J. H. (1938): The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion. *Missouri Experiment Station Research Bulletin*, 280:1-47.
194. NELSON, J. D., SEPHERD, T. A. (1978): Evaluation of long-term stability of uranium mill tailings disposal alternatives. Final Report for Argonne National Laboratories, Contract No. 31-109-38-4199, 337 p.
195. NGATUNGA, E. L. N., LAL, R., URIYO, A. (1984): Effects of surface management on runoff and soil erosion from some lots of Mlingano, Tanzania. *Geoderma* 33:1-12.
196. NICKS, A. D. (1996): Errors and the use of USLE components in models. USDA/ARS Natl. Ag. Water. http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000006/68/0000066889.html, kereső: http://www.google.com, kulcsszavak:Tektran, USLE, errors
197. NOFZIGER, D. L., HORNSBY, A.G. (1985): Chemical movement in soil: IBM PC user's guide. IFAS, University of Florida, Circular 654., 89 p.
198. NOFZIGER, D. L., HORNSBY, A.G. (1986): A microcomputer-based management tool for chemical movement in soil. *Applied Agricultural Research* 1(1): 50-56.
199. NOFZIGER, D. L., HORNSBY, A. G. (1987): Chemical Movement through Layered Soils Model Users Manual. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 89 p.
200. NOWAK, P. J., TIMMONS, J., CARLSON, J., MILES, R. (1985): Economic and social perspectives on T values relative to soil erosion and crop productivity. In: FOLLETT, R. F., STEWART, B. A. (eds.) *Soil erosion and crop productivity.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisc. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
201. OECD (1987): Environmental Policies in New Zealand. In: CHISHOLM, A., DUMSDAY, R. (ed) (1986): *Land Degradation*, Cambridge University Press, London (404 p), 9-26. p.
202. OLSON, T. C., WISCHMEIER, W. H. (1963): Soil erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* **27**, 690-2. In: LOCH, R. J., ROSEWELL, C. J. (1992): *Laboratory Methods for Measurement of Soil Erodibilities (K factors) for the Universal Soil Loss Equation*, *Aust. J. Soil Res*., 1992, 30, 233-48. p.
203. OMMI. (év nélkül): Az egyetemes talajveszteség-becslési egyenlet alkalmazásának lehetősége és módja Magyarországon az üzemi talajvédelmi tervezésben. Kézirat.
204. ONSTAD, C. A., FOSTER, G. R. (1975): Erosion modelling on a watershed. *Trans. ASAE.* 18, 288-292. p.
205. OSBORN, H. B., SIMANTON, J. R., RENARD, K. G. (1977): Use of the universal soil loss equation in the semiarid Southwest. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil erosion: Prediction and Control*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 41-49. p.

206. OWEN, O. S. (1971): Natural resource conservation: An ecological approach. Macmillian Publ. Co., New York, N. Y. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
207. ØYGARDEN, L. (2000): Monitoring of soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway. Doctor Scientiarum Theses 2000:8, 167 p., ISSN 0802-3220
208. PATAKI, R. (2000): Talajerózió modellezése térinformatikai módszerekkel. Diploma Dolgozat, Gödöllő, 61 p.
209. PIMENTEL, D., TERHUNE, E. C., DYSON-HUDSON, R., ROCHERAU, S., SAMIS, R., SMITH, E. A., DENMAN, D., REIFSCHNEIDER, D., SHEPARD, M. (1976): Land degradation: Effects on food and energy resources. Science 194:149-155. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
210. PLATFORD, G. G. (1982): The determination of some soil erodibility factors using rainfall simulator. Proceedings of the 56th Annual Congress South African Sugar Technologists Association (1982), Johannesburg, South Africa, 130-133. p.
211. PUENTES, R. (1981): A framework for the use of the Universal Soil Loss Equation in Uruguay. M. Sc. Thesis, Texas A&M University. College Station, Texas., 78 p.
212. PUENTES, R. (1983): Una metodología para evaluar la capacidad de uso de las tierras. Dirección de Suelos, Programa MAP-IICA-INC, Montevideo-Uruguay., 123 p.
213. QUANSAH, C. (1985): Rate of soil detachment by overland flow, with and without rain, and its relationship with discharge slope steepness, and soil type. In: EL-SWAIFY, S. A., MOLDENHAUER, W. C., LOW, A. (eds.) (1985): *Soil erosion and conservation*. *Soil Cons. Soc. Am*., Ank. Iowa: 406-423. p.
214. REED, E. H., FALCONER, J. I. (1937): The effect of land use and management on erosion. *Ohio Experiment Station Bulletin*, 585:1-19.
215. REJMAN, J., USOWICZ, B., DEBICKI, R. (1999): Source of errors in predicting silt soil erodibility with USLE. *Polish Journal of Soil Science*, Vol. XXXII/1., 13-22. p.
216. RENARD, K. G. (1984): Use of USLE on rangelands. Forest Ecosystem Research and Assessment in Queensland. ACIAR Tropical Woodlands. *Rangelands* 6(5): 222-224.
217. RENARD, K. G., FOSTER, G. R. (1985): Managing rangeland soil resources: the universal soil loss equation. *Rangelands*, v. 7., no. 3, 118-122. p.
218. RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., MCCOOL, D. K., YODER, D. C. (1994a): Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE), USDA, Agricultural Handbook. 703. Publication pending, 384 p.
219. RENARD, K. G., LAFLEN, J. M., FOSTER, G. R., MCCOOL, D. K. (1994b): The revised universal soil loss equation. In: LAL, R. (ed.) *Soil Erosion Research Methods*, Soil and Water Cons. Soc., St. Lucie Press, DelRay Beach, Fl, 1-9. p.

220. RESCK, D. V. S., FIGUEIREDO, M. DE S., FERNANDES, B., RESEN, M. DE T. C., DA SILVA, A. (1978): Determinancao da erodibilidade de um Podzolico Vermelho Amarelo Cambico Distrofico fase terraco, localizado na zona da mata (MG), utilizando o simulador de chuva. INTO II Encontro Nacional De Pesquisa Sobre conservacao do solo, Anais, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa De Trigo Servicio Nacional De Levantamento E Conservacao do solo, Passo Fundo-RS, 193-198. p.
221. RISSE, L. M., NEARING, M. A., NICKS, A. D., LAFLEN, J. M. (1993): Error assessment in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:825-833.
222. ROOSE, E. J. (1974): Investigations of the stability of some tropical soils to erosion. *Trans. 10th Int. Congr. Soil Sci*. 11:54-61.
223. ROOSE, E. J. (1977a): Application of the Universal Soil Loss Equation to predict erosion in West Africa. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 60-74. p.
224. ROOSE, E. J. (1977b): Use of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa. In: GREENLAND, D. J. AND LAL, R. (eds.), *Conservation and Soil Management in the Humid Tropics*, Wiley, Chichester, U. K., 177-187. p.
225. RÖMKENS, M. J. M. (1985): The soil erodibility factor: a perspective. In: EL-SWAIFY, S. A., MOLDENHAUER, W. C., LO, A. (eds.) *Soil Erosion and Conservation,* Soil Cons.. Soc. Am. Ankany, USA, 445-461. p.
226. RÖMKENS, M. J. M., NELSON, D. W., ROTH, C. B. (1975): Soil erosion on selected high clay subsoils. *Journal of Soil and Water Conservation*, 30:173-176.
227. RÖMKENS, M. J. M., PRASAD, S. N. , POESEN, J. W. A. (1986): Soil erodibility and properties. In: *Proc. 13th Congr. Int. Soil Sci. Soc*., Vol. 5., 492-504. p.
228. RUBIO-MONTAYA, D., BROWN, K. W. (1984): Erodibility of strip-mined spoils. *Soil Sci*. 138: 365-373.
229. SALMON, J. T. (1975): The influence of man on the biota. In: KUSHEL, G. (ed.), *Biogeography and Ecology in New Zealand*, The Hague, Chapter XVI.
230. SAMRA, J., SIKKA, A. (1998): Participatory watershed management in India In: Advances in Geoecology, Vol. 31, 1145-1150. p.
231. SÁNCHEZ, DÍAZ, J., LILLO, PUIG, P., COLOMER MARCO, J. C. (1998): Application of the Universal Soil Loss Equation (adapted) in Gran Canaria Island. In: RIDRÍGUEZ RIDRÍGUEZ, A., JIMÉNEZ MENDOZA, C. C., TEJEDOR SALGUERO, M. L. (eds.) *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. Geoforma Ediciones*, Legroño, 479 p.
232. SCHERTZ, D. L. (1983. The basis for soil loss tolerance. Journal of Soil and Water Cons. 38: 10-14. In: JOHNSON, L. C. (1987): *Soil loss tolerance: Fact or myth? Journal of Soil and Water Cons*., May-June, 155-160. p.
233. SCHUMM, S. A., HARVEY, M. D. (1982): Natural erosion in the USA. In: Schmidt, B. L. et al. (eds.) Determinants of soil loss tolerance. ASA Publication 45. ASA and SSSA, Madison, WI., 15 - 22. p.

234. SCHWERTMANN, U., VOGL, W., KAINZ, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2.Aufl. Stuttgart: Ulmer, 64 p.
235. SHOWN, L. M., FRICKEL, D. G., MILLER, R. F., BRANSON, F. A. (1982): Methodology for hydrologic evaluation of a potential surface mine: Loblolly Branch Basin, Tuscaloosa County, Alabama, U. S. Geological Survey, Water-Resources Investigation, Open File Report 82-50, 93 p.
236. SILBURN, D. M., LOCH, R. J. (1989): Evaluation of the CREAMS Model. I. Sensitivity Analysis of the Soil Erosion/Sedimentation Component for Aggregated Clay Soils. *Aust. J. Soil Res*. **27**. 545-61
237. SIMANTON, J. R., WELTZ, M. A., LARSEN, H. D. (1991): Rangeland Experiments to Parameterize the Water Erosion Prediction Project Model: Vegetation Canopy Cover Effects. *J. Range Sci*. 44 (3), 276-282. p.
238. SINDEN, J. A., SUTAS, A. R., YAPP, T. P. (1990): Damage costs of land degradation: an Australian perspective. In: DIXON, J. A., JAMES, D. E., SHERMAN, P. B. (eds.), *Dryland Management: Economic Case Studies*, *Earthscan Publications*, Ltd., London, 265-281. p.
239. SINGER, M. J., BLACKARD, J. (1985): Slope angle - interrill soil loss relationship for slopes up to 50 %. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 46(6): 1270-1273.
240. SINGER, M. J., HUNTINGTON, G. L., SKETCHLEY, H. R. (1977): Erosion prediction on California rangelands: Research developments and needs. In: FOSTER, G. R. (ed.), *Soil erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 143-151. p.
241. SINGH, G., BABU, R., CHANDRA, S. (1985): Research on the universal soil loss equation in India. In: EL-SWAIFY, S. A., MOLDENHAUER, W. C., LO, A. (eds.) *Soil Erosion and Conservation*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 496-508. p.
242. SMITH, G. W. (Dátum nélkül): Existing conditions at waste dumps, Jackpile-Paguate Mine, Cibola County, New Mexico, Albuquerque District Mining Office, U. S. Geological Survey, Conservation Division, Albuquerque, N. M. 39 p. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (1963): *Erosion control research - bibliography.* An ASAE committee project. Special publication SP-SW-0166.
243. SMITH, R. E. (1979): Current rainfall simulators and simulator activities at Ft. Collins, Colorado. In: *Proc. Rainfall Simulator Workshop*, Tucson, Arizona, March 7-9: 163-I 65.
244. SOCIETY FOR THE PROMOTION OF WASTELANDS DEVELOPMENT (1990): Economic and social change in a small rural community in the degraded lower Shivalik hill range in north India. In: DIXON, J. A., JAMES, D. E., SHERMAN, P. B. (eds.), *Dryland Management: Economic Case Studies, Earthscan Publications*, Ltd., London, 177-195. p.
245. SOIL AND WATER CONSERVATION SOCIETY (1993): Agricultural Research to Protect Water Quality. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. 18-29. p.
246. SPAROVEK, G., WEILL, M. DE A. M., SILVA, E. F., SCHNUG, E. (1998): The life-time concept as a tool for erosion tolerance definition. [1-6. p.] In:

Abstracts and Proceedings. 16. World Congress of Soil Science, Symposium No. 31., Montpellier, France, 20-26/08/1998. [CD(CMSS_WCSS): bdd\symp31\1280-t.pdf]

247. SRIKHAJON, M., SOMRAG, A., PRAMOJANEE, P., PRADABWIT, S., ANECKSAMPHANT, C. (1984): Application of the Universal Soil Loss Equation in Thailand. In: *Proc. 5th ASEAN Soil Conf.*, DLD, Bangkok, Thailand, E8.1-E8.15 p.
248. STAMEY, W. L., SMITH, R. M. (1964): A conservation definition of erosion tolerance. *Soil Science*, Baltimore, Vol. 97, 183-186. p.
249. STEFANOVITS P. (1956): Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Bp., 442 p.
250. STEFANOVITS P. (1964): Talajpusztulás Magyarországon. OMMI, Bp., 56. p.
251. STEFANOVITS P. (1966/a): Talajvédelmi tervek talajtani megalapozása. Agrokémia és Talajtan, Tom. 15., No. 2.,
252. STEFANOVITS P. (1966/b): Mezőgazdasági Mérnöktovábbképző Intézet talajvédelmi tanfolyama. Egyetemi Jegyzet. 15-35. p.
253. STEFANOVITS P. (1971): A talajerodálhatósági tényező meghatározásának módjai. *Meliorációs Információk és Közlemények*, 2., 23 p.
254. STEFANOVITS P. (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Bp., 243. p.
255. STEFANOVITS P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Bp., 380. p.
256. STEFANOVITS, P., VÁRALLYAY, GY. (1992): State and Management of Soil Erosion in Hungary. Soil Erosion Prevention Workshop, Bp., 79-96. p.
257. STEIHARDT, R., HILLEL, D. (1966): A portable low-intensity rain simulator for field and laboratory use. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, Vol. 5. 661-663. p.
258. STEIN, O. R., ROTH, C. B., MOLDENHAUER, W. C., HAHN, D. T. (1983): Erodibility of selected Indiana reclaimed strip-mined soils. Proc. of the 1983 Symposium on Surface Mining, Hydrology, Sedimentology and Reclamation. University of Kentucky, 101-106. p.
259. STONE, R. P., HILBORN, D. (2000): Universal Soil Loss Equation (USLE). Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. ISSN 1198-712X, Ontario, Canada. (http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/00-001.htm, kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: Stone, Hilborn, 2000, erosion)
260. SUDJADI, M. (1984): Problem Soils in Indonesia and Their Management. FFTC Book Series. Centre for Soil Research, Ministry of Agriculture, Bogor, 124-132. p.
261. SUKMANA, S. (1987): Alang-alang land in Indonesia: Problems and prospects, Soil Management under Humid Conditions in Asia and Pacific, IBSRAM Proceedings No. 5, Bangkok, 397-411. p.
262. SWANSON, N. P. (1965): Rotating-boom rainfall simulator. Trans. ASAE 8(1):71-72.
263. SZALAI, GY. (1989): A domb- és hegyvidéki melioráció időszerű kérdései. *Hidrológiai közlemények*. 69. évf., 1. szám, 1-15. p.

264. TAKKEN, I., BEUSELINCK, L., NACHTERGAELE, J., GOVERS, G., POESEN, J., DEGRAER, G. (1999): Spatial evaluation of a physically based distributed erosion model (LISEM). *Catena*, 37: 431-447.
265. THOMAS, D. B., BARBER, R. G. (1983): The control of soil and water losses in semiarid areas: some problems and possibilities. *The Kenyan Geographer 5,* no. 1&2:72-79.
266. TOY, T. J., OSTERKAMP, W. R. (1995): The applicability of RUSLE to geomorphic studies. *Journal of Soil and Water Cons*., 498-503. p.
267. TRIESTE, D. J., GIFFORD, G. F. (1980): Application of the Universal Soil Loss Equation to rangelands on a per-storm basis. *J. Range Manag*. 33:66-70.
268. U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1969): Engineering field manual for conservation services. Washington, D. C., 63 p.
269. U.S.D.A. SOIL CONSERVATION SERVICE (1974): Erosion and sediment control handbook for urban areas. West Virginia. Morgantown, West Va., 59 p.
270. U.S.D.A. SOIL CONSERVATION SERVICE (1977): Preliminary guidance for estimating erosion on area disturbed by surface mining activities in the interior western United States, Interim Final Report, EPA-908/4-77-005, 57 p.
271. UTOMO, W. H., MAHMUD, N. (1984): The possibility of using the Universal Soil Loss Equation in mountainous areas of east Java with humus rich andosols. In: *Proc. 5th ASEAN Soil Conference*, DLD, Bangkok, Thailand, E5.1-E5.13. p.
272. VANELSLANDE, A., ROUSSEAU, P., LAL, R., GABRIELS, D., GHUMAN, B. S. (1984): Testing the applicability of a Soil Erodibility Nomogram for Some Tropical Soils. IAHS Publication 144, Washington, 463-473. p.
273. VANELSLANDE, A., LAL, R., GABRIELS, D. (1985): Erodibility of some Nigerian soils. Proc. Int. Symp. on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan, *Erosion Contr. Eng. Soc*., 51-56. p.
274. VICTORIA, C., KACEVAS, A., FIORI, H. (1998): Soil erodibility assessments with simulated rainfall and with the USLE nomograph in soils from Uruguay. [1-7. p.] In: Abstracts and Proceedings. 16. World Congress of Soil Science, Symposium No. 31., Montpellier, France, 20-26/08/1998. [CD(CMSS_WCSS): bdd\symp31\1041t-t.pdf]
275. WALL, G. J., DICKINSON, W. T., RUDRA, R. P., COOTE, D. R. (1988): Seasonal soil erodibility variation in southwestern Ontario. *Can. J. Soil Sci*. 68: 417-424.
276. WATTS, S. R. (1982): Erosion characteristics of four surface mined soils using laboratory rainfall simulation. Unpublished AE 299 Research Report. Dept. Of Agr. Eng., University of Illinois at Urbana-Champaign. 334 p.
277. WATSON, D. A., LAFLEN, J. M. (1986): Soil strength, slope and rainfall intensity effects interrill erosion. *Trans. ASAE*. 29:98-102.
278. WELTZ, M. A., RENARD, K. G., SIMANTON, J. R. (1987): Revised universal soil loss equation for western rangelands. 104-111. p. In: *US/Mexico Symposium on Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones*. U. S. Forest Serv. Gen. Techn. Rep. RM-150.

279. WHITFIELD, C. J., VAN DOREN, C. E., JOHNSON, W. (1949): Stubble mulch management for water conservation and erosion control on hardlands of the Southern Great Plains. *Texas Agriculture Experiment Station Bulletin*, 711:1-15.
280. WILKINSON, G. E. (1975): Rainfall characteristics and soil erosion in the rainforest area of Western Nigeria. *Exp. Agric*. 11:247-255.
281. WILLIAMS, J. R. (1975): Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: U. S. Department of Agriculture Agricultural Research Service, *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*, ARS-S-40, 244-252. p.
282. WILLIAMS, J. R. (1981): Soil erosion effects on soil productivity: A research perspective. *Journal of Soil and Water Cons*. 36:82-90.
283. WILLIAMS, J., DYCK, P., JONES, A. (1982): EPIC-a Model for Assessing the Effects of Erosion on Soil Productivity, User's manual. 67 p.
284. WILLIAMS, J. R., DYKE, P. T., JONES, C. A. (1983): EPIC - A model for assessment of effects of erosion on soil productivity. In: *Proceedings of Third International Conference on State-of-the-Art in Ecological Modeling*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, NY, 553-572. p.
285. WILLIAMS, J. R., DYKE, P. T., FUCHS, W. W., BENSON, V. W., RICE, O. W., TAYLOR, E. D. (1990): EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator: 2. User Manual. In: SHARPLEY, A. N., WILLIAMS, J. R. (eds.) *USDA Tech. Bull*. No. 1768. 127. p.
286. WISCHMEIER, W. H. (1959): A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*. 23:246-249.
287. WISCHMEIER, W. H. (1962): Rainfall erosion potential. *Agric. Eng*. 43:212-214, 225.
288. WISCHMEIER, W. H. (1974): New development in estimating water erosion. In: *Proc. 29th Annual Meeting*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, 179-186. p.
289. WISCHMEIER, W. H. (1975): Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. In: U.S.D.A. Sci. and Educ. Admin. *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. ARS-S-40:118-124.
290. WISCHMEIER, W. H. (1976): Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31(1): 5-9.
291. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1958): Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union* 39:285-291.
292. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., UHLAND, R. B. (1958): Evaluation of factors in soil loss equation. *Agric. Eng*. 39:458.
293. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1962): Soil-loss estimation as a tool in soil water management planning. Comm. de l`erosion continentale. Coll. de Bari 1-8. 10. 1962. Publ. 59 IASH. Gentbrugge. 148-159. p.
294. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1965): Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. USDA Agr. Handbook 282., 47 p.

295. WISCHMEIER, W. H., MANNERING, J. V. (1969): Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*. 33:131-137.
296. WISCHMEIER, W., JOHNSON, B. V., CROSS, B. V. (1971): A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26(5): 189-193.
297. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978): Predicting rainfall erosion losses. USDA Agriculture Handbook 537, Washington, D. C., 58 p.
298. YOUNG, R. A., MUTCHLER, C. K. (1977): Erodibility of some Minnesota soils. *Journal of Soil and Water Cons.*, 32: 180-182.
299. YOUNG, R. A., ONSTAD, C. A., BOSCH, D. D., ANDERSON, W. P. (1987): AGNPS, Agricultural Nonpoint Source Pollution Model: A large watershed analysis tool. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service Conservation Research Report No. 35, 88 p.
300. ZANCHI, C. (1988): Soil loss and seasonal variation of erodibility in two soils with different texture in the Mugello valley in central Italy. *Catena Supplement* 12: 167-173.
301. ZINGG, A. (1940): Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. *Agr. Eng*. 21:59-64.
302. ZSEMBERY, Z. (1999): Összefüggés vizsgálatok Tihany talajviszonyai és növénytakarója között. Diploma Dolgozat. GATE-KTI, 80 p.

Irodalmi hivatkozások a Világhálóról:

HTTP 1. http://www.wcc.nrcs.usda.gov/water/quality/common/h2oqual.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: USDA, NRCS, water field scale
HTTP 2. http://www.wcc.nrcs.usda.gov/water/factsheets/agnps.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: AGNPS, factsheet, Morris
HTTP 3. http://www.wcc.nrcs.usda.gov/water/quality/common/h2oqual.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: URL cím
HTTP 4. http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/calendar/meetings1996/cranfield.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: IMPEL, Cranfield
HTTP 5. http://www.netc.net.au/enviro/fguide/soiloverview.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: URL cím
HTTP 6. http://www.sardc.net/imercsa/Programs/CEP/Pubs/CEPFS/CEPFS01.htm
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: URL cím
HTTP 7. http://www.orst.edu/instruction/bi301/erosion.htm
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: URL cím
HTTP 8. http://pages.hotbot.com/edu/geoinformatics/f92.html
kereső: http://www.google.com, kulcsszavak: URL cím

M2. Táblázatok

2/a. táblázat. Az USLE modell alkalmazása az USA–ban (TOY és OSTERKAMP 1995) és egyéb országokban (saját kiegészítések)

Alkalmazás	Helyszín	Hivatkozás	Megjegyzés
A. Mező–gazdasági terület	USA, Iowa	HAYES (1977)	Talajvédelmi tervezéshez.
	ÉNy USA	MCCOOL et. al. (1976)	A faktorok adaptációja a régióra.
	USA, Hawaii	BROOKS (1977)	
	Lublini Felföld	REJMAN et al. (1999)	
	Balaton-vízgyűjtő	FÜLEKY et al. (1998)	A talajerodálhatósági tényező pontosítása
B. Legelő	USA, Arizona	OSBORN et. al. (1977)	USLE legelőn való használatának értékelése.
	USA, California	SINGER et. al. (1985)	
	USA, nyugati rész	RENARD és FOSTER (1985)	
	Ausztrália, Queensland	RENARD (1984)	USLE használata legelőn.
C. Erdő	Az USLE kézikönyve erdőkre	DISSMEYER és FOSTER (1980)	Erdő alatti használat és szükséges módosítások.
	Japán	KITAHARA et al. (2000)	USLE használata Japán hegyvidéki erdeiben.
D. Felszíni bányászat (szén)	USA, Alabama USA, Wyoming	SHOWN et. al. (1982) FRICKEL et. al. (1981)	USLE használata az erózió becslésére a bá–nyászat és rekultiváció egyes fázisaira.
	Az USLE kézikönyv bányákra (Ny USA)	USDA, SOIL CONS. SERVICE (1977)	Útmutató az USLE alkalmazásához a nyugati bá-nyaterületeken.
E. Felszín alatti bányászat meddői (uránium)	USA, Új Mexikó	SMITH (dátum nélkül)	Felhasználás szeméttelep lejtőjén.
	USA, Colorado–fennsík, Sziklás–hegység, Nagy Alföld	BEEDLOW (1984)	Használaton kívüli med–dők talajveszteségének becslése.
	Feltételezett esetek (R = 40, 100, 150)	NELSON és SHEPHERD (1978)	Meddők fedőréteg–csökkenésének becslése.
F. Építkezés	8 különböző alkal–mazás építkezéseken az USA államaiban	HOLBERGER és TRUETT (1976)	USLE + szedimentáció számítása építkezésekhez

2/b. táblázat. Az USLE modell alkalmazása az USA–ban (TOY és OSTERKAMP 1995) és egyéb országokban (saját kiegészítések)

F. Építkezés	Feltételezett autópálya kereszteződések Közép Ny. USA–ban	FARMER és FLETCHER (1977)	A frissen épített autópálya kereszteződések talajveszteségeinek becslése.
	Útmutató a legtöbb esethez	ISRAELSEN et al. (1980)	Talajveszteség és útépítés kapcsolata.
	USA, Arizona	FOGEL et al. (1977)	Módosított USLE hordalékhozam számítására.
G. Vízgyűjtő szintű alkalmazás	USA, Idaho, Colorado, Arizona,	JACKSON et al. (1986)	Módosított USLE horda–lékhozam számítására legelő vízgyűjtőjén.
	USA, Mississippi	MURPHREE et al. (1976)	A becslések és a hordalék mérések összehasonlítása.
	Magyarország Balaton–felvidék	KERTÉSZ et al. (1997)	USLE az Örvényesi–séd vízgyűjtőjén.
	Kenya, Felső Ewaso Ng'iro	MATI et al. (2000)	Talajveszteség becslése Észak–Kenyai vízgyűjtőn.
	Chile	ARANEDA et al. (1999)	Tavak vízgyűjtőjének izotópos vizsgálata.
	Nyugat–Európa	BOLLINE, 1985	Az USLE alkalmazásának lehetőségei az egyes térségekben
H. Adaptációk	Nyugat–Afrika	ROOSE, 1977	Az USLE alkalmasságának vizsgálata.
	India	SINGH et al., 1985	

3. táblázat. K tényező mérések francia Nyugat-Afrika területére (ROOSE 1974)

Hely	Talajtípus	Mért K érték		
		Max.	Min.	Használt érték
Adiopodoume	Low-base, saturated ferralitic on argillic-sandy tertiary material	0,17	0,05	0,1
Agonkamey	Medium-based, saturated ferralitic on argillic-sandy tertiary material	0,11	0,03	0,1
Bouake	Eroded, reworked ferralitic on granite	0,16	0,02	0,12
Korhogo	Impoverished, reworked ferralitic on granite	0,02	0,01	0,02
Gampela	Tropical ferruginous on lateritic pan at 20 cm	0,32	0,05	0,25
Saria	Tropical ferruginous on lateritic pan at 50 cm	0,28	0,06	0,25
Sefa	Leached tropical ferruginous with stains and concretions	0,17	0,05	0,25

4. táblázat. Erodálhatóság eloszlása textúra osztályoknak megfelelően (VANELSLANDE et al. 1985)

Mért K tényező					
Textúra osztály	Minták száma	Minimum	Maximum	Átlag	SD érték
Sandy loam	24	0,013	0,378	0,160	0,104
Sandy clay loam	16	0,000	0,237	0,126	0,078
Loam, silt loam	4	0,116	0,342	0,230	0,063
Clay loam	5	0,123	0,355	0,237	0,082
Clay	6	0,000	0,535	0,316	0,232
Nomogram alapján számított K tényező					
Textúra osztály	Minták száma	Minimum	Maximum	Átlag	SD érték
Sandy loam	24	0,03	0,42	0,085	0,079
Sandy clay loam	16	0,02	0,13	0,052	0,035
Loam, silt loam	4	0,23	0,37	0,322	0,063
Clay loam	5	0,08	0,29	0,224	0,082
Clay	6	0,01	0,27	0,152	0,111

5. táblázat. A becsült és mért K tényezők különbsége 3 nigériai talaj esetében (VANELSLANDE et al. 1984)

Helyszín	Talaj	Alapkőzet	K tényező*	
			Mért	Becsült
Ikom	Rhodustalf	Bazalt	0,015	0,039
Heipang	Paleustalf	Basemenet komplexum	0,04	0,18
Onne	Paleudult	Tengerparti üledék	0,04	0,025

* SI mértékegység

6. Táblázat K tényező mérések USLE egységparcellán (KINELL és RISSE 1998)

Hely	Talaj csoport	Talaj típus	Dátum	Lejtő-szög	Átlag K_u	Átlag K_{um}
				(%)	(*)	(*)
Presque Isle, ME	Caribou	Grav. silt L.	1962-69	8,0	0,0162	0,0536
Arnot (Ithaca), NY	Bath	Flaggy silt L.	1935-45	19,2	0,0031	0,0088
Marcellus, NY	Honeoye	Silt L.	1939-43	18,0	0,0390	0,0836
Morris, MN	Barnes	L.	1961-71	6,5	0,0345	0,1337
Castana, IA	Monona	Silt L.	1960-70	14,0	0,0262	0,0737
Bethany, MO	Shelby	Silt L.	1931-40	8,0	0,0619	0,1228
McCredie, MO	Mexico	Silt L.	1959-69	4,0	0,0327	0,0728
LaCrosse, WI	Fayette	Silt L.	1932-38	16,0	0,0521	0,0996
Holly Springs, MS	Grenada	Silt L.	1962-68	5,0	0,0667	0,0933
Tifton, GA	Tifton	Loamy sand	1959-66	3,0	0,0067	0,0185
Watkinswille, GA	Cecil	Sandy clay L.	1962-66	7,0	0,0264	0,0547
Statesville, NC	Cecil	Sandy clay L.	1931-38	10,0	0,0270	0,0504
Madison, SD	Egan	Silty clay L.	1962-70	5,8	0,0554	0,1037
Guthrie, OK	Stephensville	Fine sandy L.	1930-56	7,7	0,0119	0,0256

* ($t * h * MJ^{-1} * mm^{-1}$), L = loam, K_U = parcellás mérésből származó K, K_{UM} = nomogram alapján számolt K

7. táblázat. A talaj erodálhatósági tényezőjének (K) értékei Ontarioban (DICKINSON et al. 1989)

Fizikai féleség	K tényező	Fizikai féleség	K tényező
Sand	0,11	Silt loam	0,35
Fine sand	0,17	Silt	0,52
Very fine sand	0,5	Sandy clay loam	0,21
Loamy sand	0,12	Clay loam	0,25
Loamy fine sand	0,19	Silty clay loam	0,32
Loamy very fine sand	0,47	Sandy clay	0,13
Sandy loam	0,15	Silty clay	0,14
Fine sandy loam	0,22	Clay	0,10
Very fine sandy loam	0,39	Heavy clay	0,04
Loam	0,31		

8. táblázat A talajerodálhatóság körülbelüli értékei Hawaii 10 fontosabb talajára vonatkozóan (EL-SWAIFY és DANGLER 1977)

Rend	Alrend	Nagy csoport	Alcsoport	Család	Sorozat	K
Ultisols	Humults	Tropohumults	Humoxic Tropohumults	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Waikane	0,1
Oxisols	Torrox	Torrox	Typic Torrox	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Molakai	0,24
Oxisols	Ustox	Eutrustox	Tropeptic Eutrustox	Clayey, kaolinitic, isohyperthermic	Wahiawa	0,17
Vertisols	Usterts	Chromusterts	Typic Chromusterts	Very fine, montmorillonitic, isohyperthermic	Lualualei	0,28
					Kawaihae	0,32
Inceptisols	Andepts	Dystrandepts	Hydric Dystrandepts	Thixotropic, isothermic	Kukaiao	0,17
Inceptisols	Andepts	Eutrandepts	Typic Eutrandepts	Medial, isohyperthermic	Noolehu v.	0,2
Inceptisols	Andepts	Eutrandepts	Entic Eutrandepts	Medial, isohyperthermic	Pakini	0,49
Inceptisols	Andepts	Hydrandepts	Typic Hydrandepts	Thixotropic, isohyperthermic	Hilo	0,1
Inceptisols	Tropepts	Ustropepts	Vertic Ustropepts	Very fine, kaolinitic, isohyperthermic	Waipahu	0,2

9. táblázat. Amerikai K tényező mérések (MILLER és DONAHUE 1990)

Talajtípusok neve és származása	K	Talajtípusok neve és származása	K
Albia gravelly loam (N. Y.)	0,03	Austin Clay (Tex.)	0,29
Freehold loamy sand (N. J.)	0,08	Mansic clay loam (Kans.)	0,32
Tifton loamy sand (Ga.)	0,1	Marshall silt loam (Iowa)	0,33
Molokai clay (Haw.)	0,20	Shelby loam (Ind.)	0,41
Boswell fine sandy loam (Miss.)	0,25	Keene silt loam (Ohio)	0,48
Cecil sandy loam (N. C.)	0,28	Dunkirk silt loam (N. Y.)	0,69

10. táblázat. Mesterséges esőztetés (Ks) és az USLE nomogram alapján számolt (K) talajerodálhatósági értékek összehasonlítása Uruguayban (VICTORIA et al. 1998)

Talajtípus	**K s**	**K**
ARGISOL – Tomkinson	0,21	0,73
BRUNOSOL - Fray Bentos	0,17	0,21
BRUNOSOL – Pando	0,09	0,40
BRUNOSOL – Mercedes	0,09	0,10
BRUNOSOL - Aguas Corrientes	0,08	0,36
VERTISOL - Jesús María	0,07	0,21
VERTISOL – Tala	0,03	0,20
BRUNOSOL - Colonia Brause	0,01	0,21
VERTISOL – Canelones (*)	0,004	0,17

(*) száraz viszonyok között

(*) WISCHMEIER 1971, modified by PUENTES 1981

11/a. táblázat. Erodálhatósági értékszámok felszíni talajrétegekre (LOCH et. al. 1998.)

Talaj	Helyszín	K_m	N. S. (g/cm^3)	P_{125}	A. %	V. %	F. H. %	D. H. %
Soloth, Dy5.31, Grey Kurasol	Kholo	0,007	1,66	8,4	32	24	30	14
Grey podzolic, Dy 3.22, Grey Kurasol	Brown's Plains (Logan)	0,010	1,55	9,5	39	41	9	11
Krasnozem, Ferrosol	Atherton	0,012	1,57	18	62	13	16	9
Krasnozem, Ferrosol	Toowoomba	0,014	1,59	16	53	17	19	11
Krasnozem, Ferrosol	Kingaroy (Corbett)	0,010	1,56	13	58	21	17	4
Krasnozem, Ferrosol D	Kingaroy	0,029	1,7	28	62	21	14	3
Yellow earth, Kandosol	Gin Gin	0,031	2,17	40	13	2	78	6
Red earth, Gn2.11, Kandosol	Ardentrive (Roma)	0,064	1,8	42	21	7	29	42
Red earth, Kandosol	Pinnarendi, N. Qld	0,012	2,2	22,5	20	6	23	51
Gleyed Podzolic, Hydrosol	Gin Gin	0,025	1,87	31	12	21	46	21
Gleyed Podzolic, Hydrosol	Gin Gin	0,022	2,2	32	13	1	57	28
Lateritic Podzolic, Chromosol	Gin Gin	0,016	2,05	26	11	11	48	30
Red Podzolic, Chromosol	Gin Gin	0,015	2,2	27	8	6	33	52
Yellow Podzolic, Chromosol	Bundaberg	0,023	1,95	32,5	15	13	60	12
Red Podzolic, Chromosol	Bundaberg	0,047	1,74	40,8	23	22	25	30
Yellow Podzolic, Chromosol	Bundaberg	0,008	2,2	16,3	9	5	25	61

K_m = talajerodálhatóság; P_{125} = 0,125 mm-nél kisebb szemcsefrakciók százalékos aránya, N. S. = nedves sűrűség, A. = agyag, V. = vályog, F. H. = finom homok, D. H. = durva homok, NB = nem beazonosítható talajtípus, D = degradált

11/b. táblázat. Erodálhatósági értékszámok felszíni talajrétegekre
(LOCH et. al. 1998.)

Talaj	Helyszín	K_m	N. S. (g/cm^3)	P_{125}	A. %	V. %	F. H. %	D. H. %
Yellow Podzolic, Chromosol	Bundaberg	0,051	1,99	50,6	19	9	48	24
Non-calcic brown soil, Dr2.22, Chromosol	Cowra	0,023	2,2	41	8	7	40	45
Yellow Podzolic, Chromosol	Gin Gin	0,030	2	36,6	14	9	52	25
NB	Gunnedah	0,046	1,8	28	23	20	38	19
NB	Inverell	0,045	1,5	16	78	20	0	2
Chernozem, Uf6.31, Dermosol	Tent Hill, Lo-ckyer Valley	0,024	1,5	17,9	41	28	30	1
Solodic, Dy2.43, Brown Sodosol	Gatton	0,015	2,03	21,8	13	10	53	24
Solodic, Dy2.33, Brown Sodosol	Holyrood (Roma)	0,071	2	54	18	12	55	17
Brown Solodic, Dr2.33, Brown Sodosol	Dalmally (Roma)	0,106	1,6	48	28	24	40	12
Soloth, Grey Sodosol	Gin Gin	0,056	1,96	54	9	18	68	5
Solodic, Grey Sodosol	Ryeford (Clifton)	0,022	1,99	29	19	7	47	28
Solodic, Brown Sodosol	Brigalow Res. Stn.	0,017	1,8	22	32	7	33	29
Red brown earth, Brown Sodosol	Billa Billa	0,073	1,8	50	24	16	55	6
Black earth, Ug5.15, Black Vertosol	Greenmount	0,037	1,5	19	62	30	7	1
Black earth, Ug5.16, Black Vertosol	Pittsworth (Irving clay)	0,039	1,54	27	66	18	12	4

K_m = talajerodálhatóság; P_{125} = 0,125 mm-nél kisebb szemcsefrakciók százalékos aránya, N. S. = nedves sűrűség, A. = agyag, V. = vályog, F. H. = finom homok, D. H. = durva homok, NB = nem beazonosítható talajtípus, D = degradált

11/c. táblázat. Erodálhatósági értékszámok felszíni talajrétegekre (LOCH et. al. 1998.)

Talaj	Helyszín	K_m	N. S. (g/cm^3)	P_{125}	A. %	V. %	F. H. %	D. H. %
Black earth, Ug5-16, Black Vertosol	Pittsworth (Irving clay)	0,044	1,55	30	64	16	19	1
Black earth, Ug5.16, Black Vertosol	Warwick/Hermitage	0,051	1,53	34	70	19	9	2
Black earth, Ug5.12, Black Vertosol	Darlin Downs	0,049	1,55	28,1	68	13	18	n.a.
Black earth, Ug5.3, Vertosol	Lawes, Lockyer Valley	0,024	1,9	30	46	23	27	4
Grey clay, Ug5.16, Black Vertosol	Acland	0,044	1,6	26	40	17	33	10
Grey clay, Ug5.16, Grey Vertosol	Darlin Downs	0,024	1,57	23,4	57	17	26	n.a.
Grey clay, Ug5.24, Grey Vertosol	Biloela	0,060	1,63	40	37	24	37	5
Grey clay, Ug5.24, Grey Vertosol	Warra	0,047	1,6	30,8	52	16	23	9
Grey clay, Ug5.22, Grey Vertosol	Roma	0,055	1,6	31	57	19	21	3
Red clay, Ug5.33, Red Vertosol	Acland (Mason, red)	0,061	1,67	44	43	12	38	7

K_m = talajerodálhatóság; P_{125} = 0,125 mm-nél kisebb szemcsefrakciók százalékos aránya, N. S. = nedves sűrűség, A. = agyag, V. = vályog, F. H. = finom homok, D. H. = durva homok, NB = nem beazonosítható talajtípus, D = degradált

12. táblázat. Kelet-Jávai K tényező vizsgálatok Andosolon (UTOMO és MAHMUD 1984)

Talaj	Textúra	K faktor	
		Nomogram	Terep
Barna Regosol és „humid gleic” asszociációja	M	0,26	0,21
	M	0,16	0,07
Sárgásbarna Andosol és barna Regosol asszociációja	M	0,22	0,18
	C	0,22	-
Barna Andosol és Lithosol komplexe	M	0,10	-
	C	0,22	0,11

M = középkötött, C = agyag

13. táblázat. Mért és becsült K tényezők nyolc, parcellás mérés alapján (SUDJADI 1984)

Talaj	Textúra osztály	Helyszín	Lejtő-hajlás	EI_{30}	Kutatás ideje	Talaj-veszteség	Mért K tényezők		K_N
			(%)		(év)	($t*ha^{-1}*év^{-1}$)	Szélsőérték	Átlag	
Haplorthox	Ne. agyag	Damoga (Nyugat Jáva)	15	1476-3539	4	82,9-385,8	0,02-0,05	0,04	0,05
			18	1476-3539	4	121-391,4	0,02-0,04	0,03	0,05
			22	1476-3539	4	113,9-376,6	0,01-0,03	0.03	0,05
Haplorthox	Ne. agyag	Citayam (Nyugat Jáva)	14	2573-3548	3	440,7-532	0,06-0,09	0,09	0,09
Troporthents	Agyag	Taojungharo (Yogyakarta)	10	1092-1410	3	133,1-249,3	0,11-0,16	0,14	0,16
Chromuderts	Agyag	Jegu (Kelet Jáva)	7	1106-1683	2	152,8-285	0,24-0,3	0,27	0,27
Tropudults	Agyag	Pekaiongan (Lampung)	3,5	1194-2922	3	97,7-144,5	0,14-0,27	0,16	0,19
Tropohumults	Agyag	Citaman (Nyugat Jáva)	14	811-1892	7	101,5-421,2	0,09-0,11	0,1	0,12
Tropudalfs	Ne. agyag	Putat (Yogyakarta	9	1017-2627	7	259,1-607,2	0,16-0,29	0,23	0,21
Tropuqualfs	Agyag	Punung (Kelet Jáva)	10	830-2159	7	220,2-459,2	0,18-0,25	0,22	0,22

N = nomogram alapján becsült, Ne = Nehéz Forrás: KURNIA és SUWARDO (1985) LAL (1990) könyvében

14. táblázat. Talajfizikai jellemzők és nomogram alapján számolt K tényező 13 nyugat-szumátrai és észak-karami talajra (SUKMANA 1987)

Talaj	Textúra osztály	Iszap + finom homok (%)	Homok (%)	Szerves anyag (%)	Kódok		Becsült K
					Szerkezet	Vízáteresztés	
Nyugat Szumátra							
Tropohumults	Nehéz agyag	32	6	3,55	4	3	0,16
Tropohumults	Iszapos agyag	47	4	6	3	3	0,15
Tropudults	Nehéz agyag	27	10	4,5	3	5	0,19
Haplorthox	Iszapos agyag	25	39	5,71	4	3	0,16
Haplorthox	Agyag	32	26	3,84	4	3	0,21
Tropudults	Agyag	30	9	4,29	4	3	0,17
Tropudults	Iszapos agyag	44	7	4,71	4	3	0,21
Tropudults	Homokos agyagos vályog	33	39	2,88	4	3	0,27
Tropudults	Homokos vályog	25	47	2,74	4	3	0,21
Észak Karam							
Tropudalfs	Vályog	65	11	3,4	4	5	0,4
Tropudalfs	Homokos vályog	31	52	1,86	2	2	0,19
Tropudalfs	Homokos agyagos vályog	42	38	3,52	4	3	0,33
Tropudults	Iszapos agyagos vályog	54	7	6	4	5	0,31

Forrás: KURNIA és SUWARDO (1985) LAL (1990) könyvében

15. táblázat. K tényező mérések értékei indiai talajokon (LAL 1990)

Kód	Talajtípus	K tényező
1.	Fine L. Typic, Argiudolls, Fine L. Mollic, Hapludolfs	0,25
2.	L. Askeletal, Typic Hapludolls, L. Skeletal, Typic Eutrochrepts	0,19
3.	Fine L. Typic, Eutrochrepts, Fine L. Typic, Hapludolfs	0,25
4.	L. Skeletal, Typic Udorthents, Fragmental Typic, Udorthents	0,24
5.	Coarse L. Typic, Eutrochrepts, L. Skeletal, Typic Eutrochrepts	0,24

L. = Loamy

21/a. Táblázat: Parcellás kísérletek az erózió mérésére

Szerzők/ Vizsgált eróziós forma	Helyszín/ Változó	Textúra	Eső			Parcellaméret	Meredekség
			Típusa	Intenzitása [mm/h]	Időtartama [perc]	[m*m]	[%]
I. Csepperózió							
1. HARMON-MEYER, 1978	-	NA	SZ	58.0	120	0.61*0.61	1-20
2. LANG et al., 1984	Falkish	25/52/23	SZ	50.8	120	0.61*0.61	3/9
	Indian	24/48/28	SZ	50.8	120	0.61*0.61	3/9
3. LATTANZI, 1973			SZ	64.0	120	0.61*0.61	2-20
4. RUBIO-MONTAYA-BROWN, 1984	-	93/5/2	SZ	88.9	60	0.15*0.61	2
		14/32/54	SZ	88.9	60	0.15*0.61	9
		44/28/28	SZ	88.9	60	0.15*0.61	18

21/b. Táblázat: Parcellás kísérletek az erózió mérésére

Szerzők/ Vizsgált eróziós forma	Helyszín/ Változó	Textúra	Eső			Parcellaméret	Meredekség
			Típusa	Intenzitása [mm/h]	Időtartama [perc]	[m*m]	[%]
II. Barázdaközi erózió							
5. AGASSI et al., 1990	Wádi fala	27/25/48	T	-	-	1*5	12/31/65
	útbevágás	27/25/48	T	-	-	1*5	8.7/58
6. ANDREWS, 1981	Mecco	2/60/38	SZ	63.5	120	0.95*0.95	4.5/9
	Sunspot	5/70/25	SZ	63.5	120	0.95*0.95	4.5/9
7. DULAY-HAYS, 1932	2. tábla	-	SZ	25	60	0.61*3.05	0-20
	3. tábla	-	SZ	25	60	0.61*3.05	0.5-16
	4. tábla	-	SZ	50	30	0.61*3.05	0.5-8
8. EVETT-DUTT, 1985	-	46/26/28	T	-	-	2*3	1-15
9. HARMON-MEYER, 1978	-	-	SZ	58	120	0.61*0.61	1-20
10. LANG et al., 1984	Falkish	25/52/23	SZ	50.8	120	0.61*0.61	3.9/9
	Indian	24/48/28	SZ	50.8	120	0.61*0.61	3.9/9
11. LATTANZI, 1973	-	11/62/27	SZ	64	120	0.61*0.61	2-20
12. MEYER-HARMON, 1989	Atwood	17/60/23	SZ	60/30/15	150	0.3*0.15-0.6	5-30
	Dubbs	26/50/24	SZ	60/30/15	150	0.3*0.15-0.6	5-30
	Brooksville	15/48/37	SZ	60/30/15	150	0.3*0.15-0.6	5-30
	Loring	3/80/17	SZ	60/30/15	150	0.3*0.15-0.6	5-30
13. NEAL, 1938	-	3/41/56	SZ	38/76	38-104	1.1-3-7	0-16
14. RUBIO-MONTAYA/BROWN, 1984	-	93/5/2	SZ	88.9	60	0.15-0.61	2/9/18
	-	14/32/54	SZ	88.9	60	0.15-0.61	2/9/18
	-	44/28/28	SZ	88.9	60	0.15-0.61	2/9/18

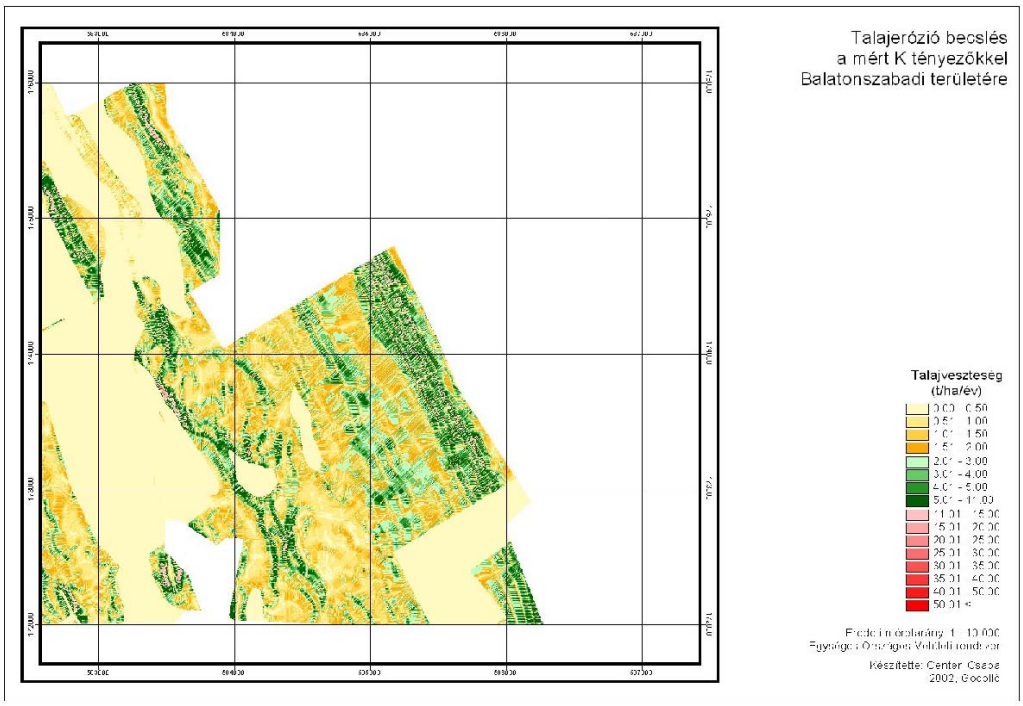
21/c. Táblázat: Parcellás kísérletek az erózió mérésére

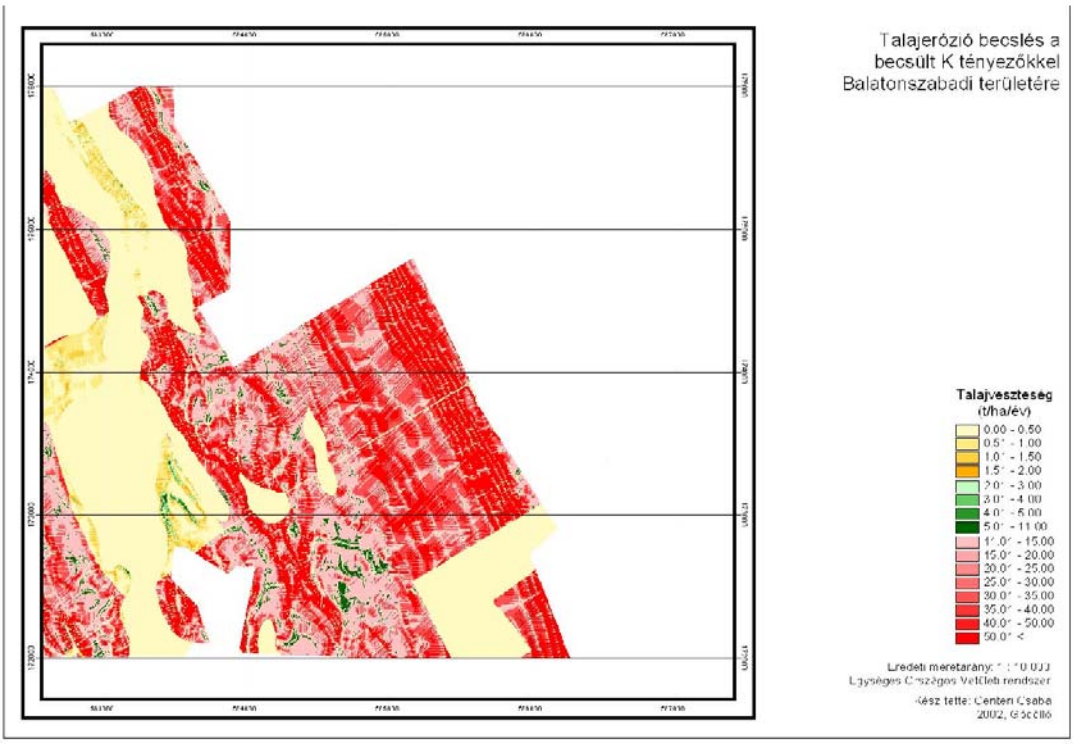
Szerzők/ Vizsgált eróziós forma	Helyszín/ Változó	Textúra	Eső			Parcellaméret	Meredekség
			Típusa	Intenzitása [mm/h]	Időtartama [perc]	[m*m]	[%]
15. SINGER-BLACKARD, 1982		2/61/36	SZ	76	30	0.6-1.2	3-40
	Hillgate	40-43-17	SZ	76	30	0.6-1.2	3-50
16. WATSON-LAFLEN, 1986	Ames	60/16/24	SZ	48-150	60	0.71*0.71	10/20/50
	Castana	5/67/28	SZ	48-150	60	0.71*0.71	10/20/50
	Nashua	43/29/28	SZ	48-150	60	0.71*0.71	10/20/50
17. WATTS, 1982	Ayreshire	3/66/31	SZ	63.5	120	0.95*0.95	6/12
	Captain	2/74/24	SZ	63.5	120	0.95*0.95	4.5/9
18. ZINGG, 1942	Bethany	L	SZ	80	45	1.1*2.5	4/8/12
III. Barázdás erózió							
19. VANLIEW-SAXTON, 1983	Palouse	18/71/11	SZ	0.013-0.025	240	0.1*9*15	10/18/22
20. MEYER-HARMON, 1989	Loring	UL	SZ	0.018	15	1*9.3	0.5-6.5
	Loring	UL	SZ	0.037	15	1*9.3	0.5-6.5
	Loring	UL	SZ	0.058	15	1*9.3	0.5-6.5
	Loring	UL	SZ	0.077	15	1*9.3	0.5-6.5
21. QUANSAH, 1985	St. Sand	100/0/0	SZ	0.028-0.078	20	0.56*0.1	3.5-14
	Cottenh.	94/1/5	SZ				
	Oak	35/30/35	SZ				
	Wicken	38/18/44	SZ				

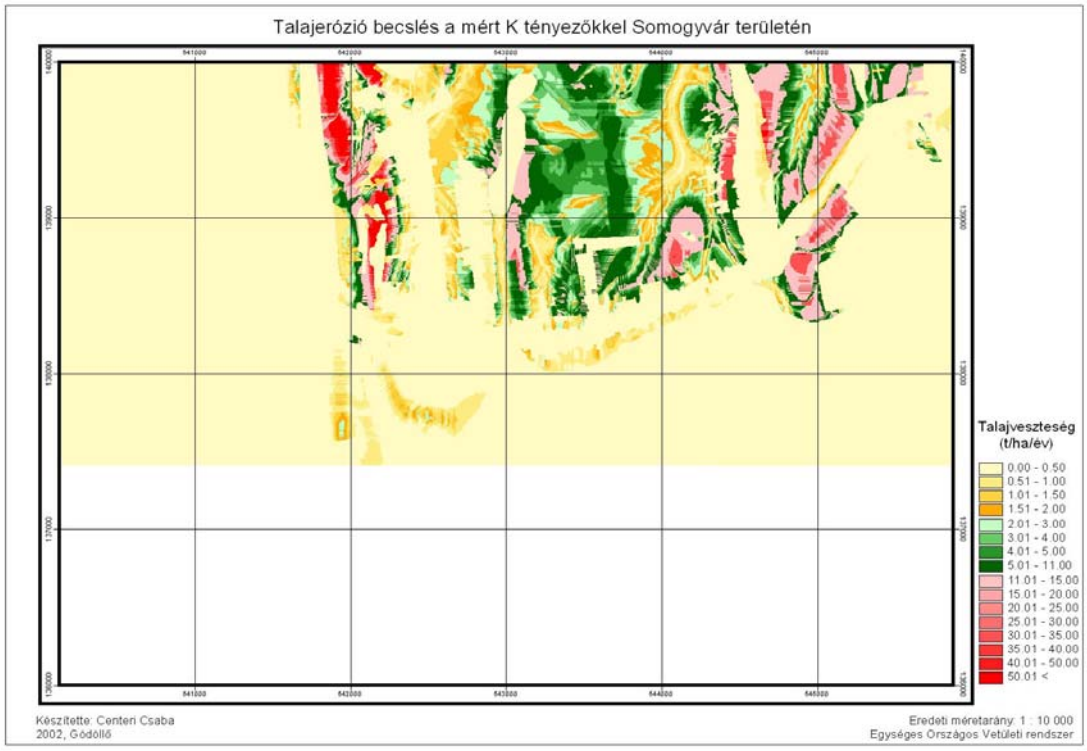
21/d. Táblázat: Parcellás kísérletek az erózió mérésére

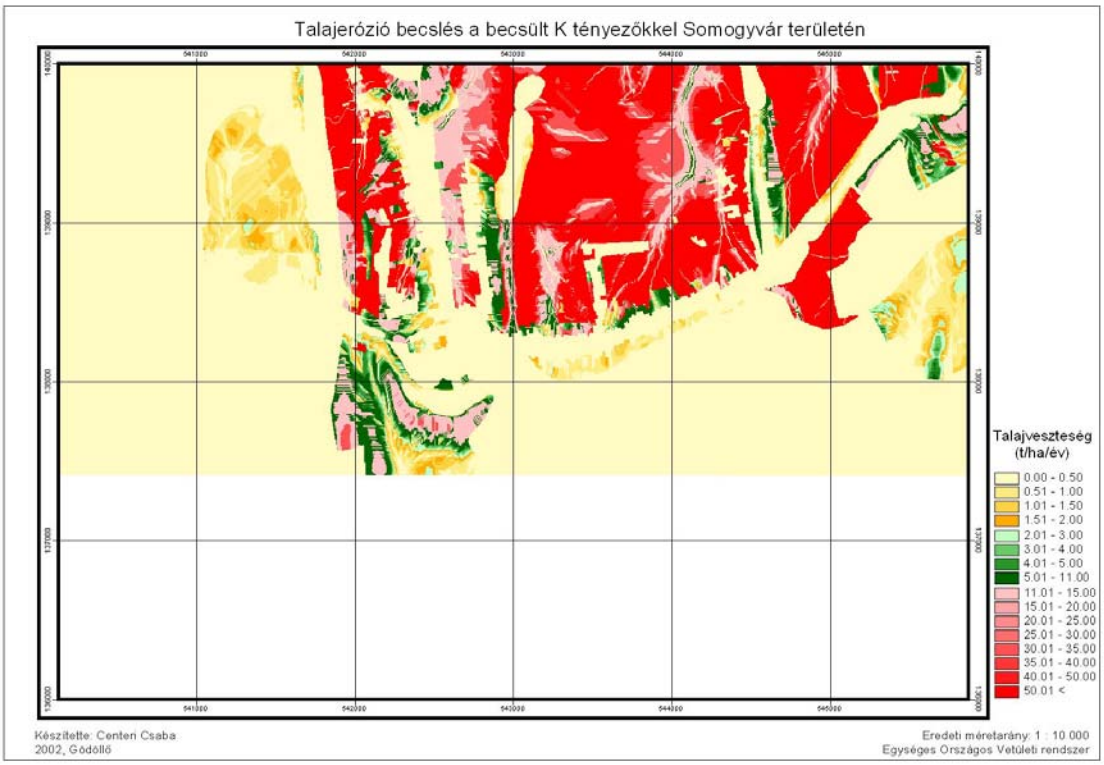
Szerzők/ Vizsgált eróziós forma	Helyszín/ Változó	Textúra	Eső			Parcellaméret	Meredekség
			Típusa	Intenzitása [mm/h]	Időtartama [perc]	[m*m]	[%]
IV. Felületi erózió							
22. BONTA-SUTTON, 1983	A szint	53/36/11	T	-	-	4.57*22.1	16/23/30
	szennyezett	54/32/14					9/16/30
23. DISEKER-YODER, 1936	1934-35	3/45/52	T	-	-	4.57*15.24	0-20
	Brache		SZ	173.2	22		
	Saatbett		SZ	173.2	22		
24. DULEY-HAYS, 1932	Kutatófarm	utL	SZ	25.4-50.8	150	0.88*7.62	1-6
	St. George	SL	SZ	0.8-101			0.6-11.4
25. EVETT-DUTT, 1985	-	46/26/28	T	-	-	2*6	1-15
26. GILLEY et al., 1977	-	58/22/20	SZ	64	120	4.1*22.1	4.6-17
27. GILLEY et al., 1981	-	58/21/21	T	-	-		0.7-4.8-17.6
28. HAHN et al., 1985	Ayreshire	UL.	SZ	63.5	110	3*10.7	5-15.6
	Solar	UL.	SZ				5.5-16.4
29. HART, 1984	Utah	UL.	SZ	29	60	1.8*22.1	10-32
30. LAL, 1984	-	69/16/15	T	-	-	4*5-20	1-15
31. ISRAELSEN et al., 1980		utL	SZ	4-100-19	55	1.2*5.9	9-84
		TL	SZ				
32. MEYER-HARMON, 1985	-	UL	SZ	70	90	1-9.3	0.5-6.5
33. MITCHELL et al., 1983	A szint	UL	SZ	53-64	120	3*10.7	5-15.6
34. MITCHELL et al., 1981	A szint	UL	SZ	52-75	120	3*10.7	5.4-10.3
35. MOLDENHAUER-HAHN	B szint	UL	SZ	61-65	120	3-10.7	5.8-9.5

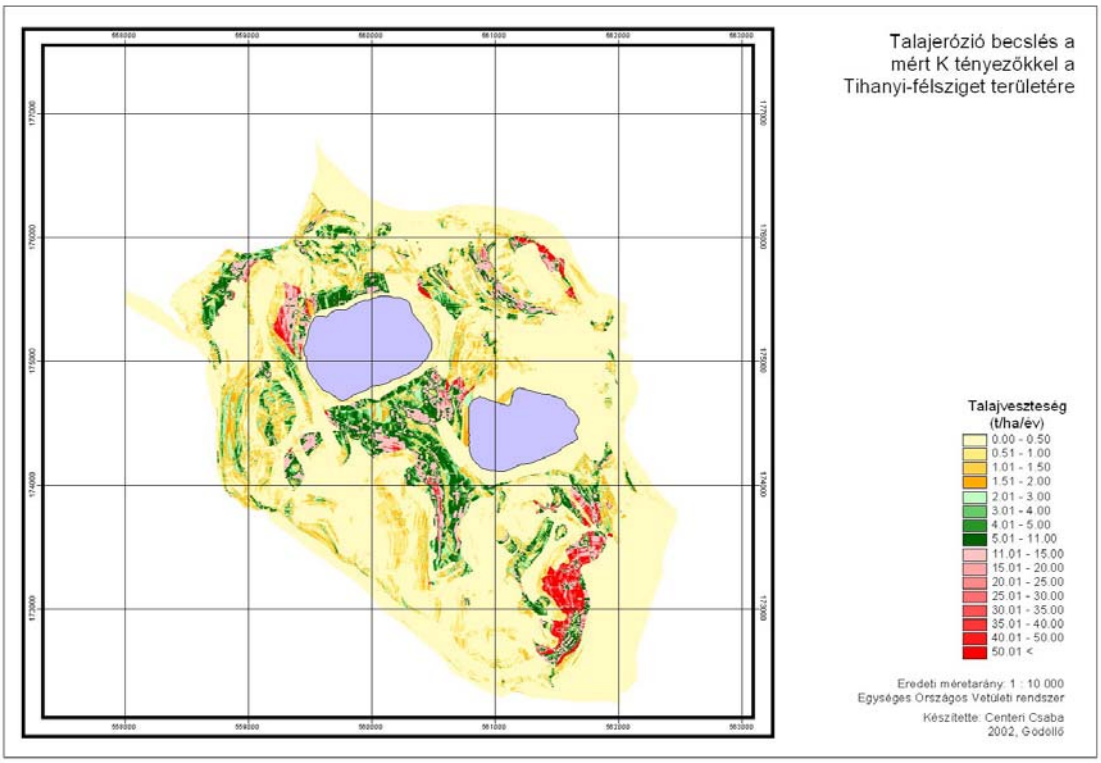
M3. Ábrák

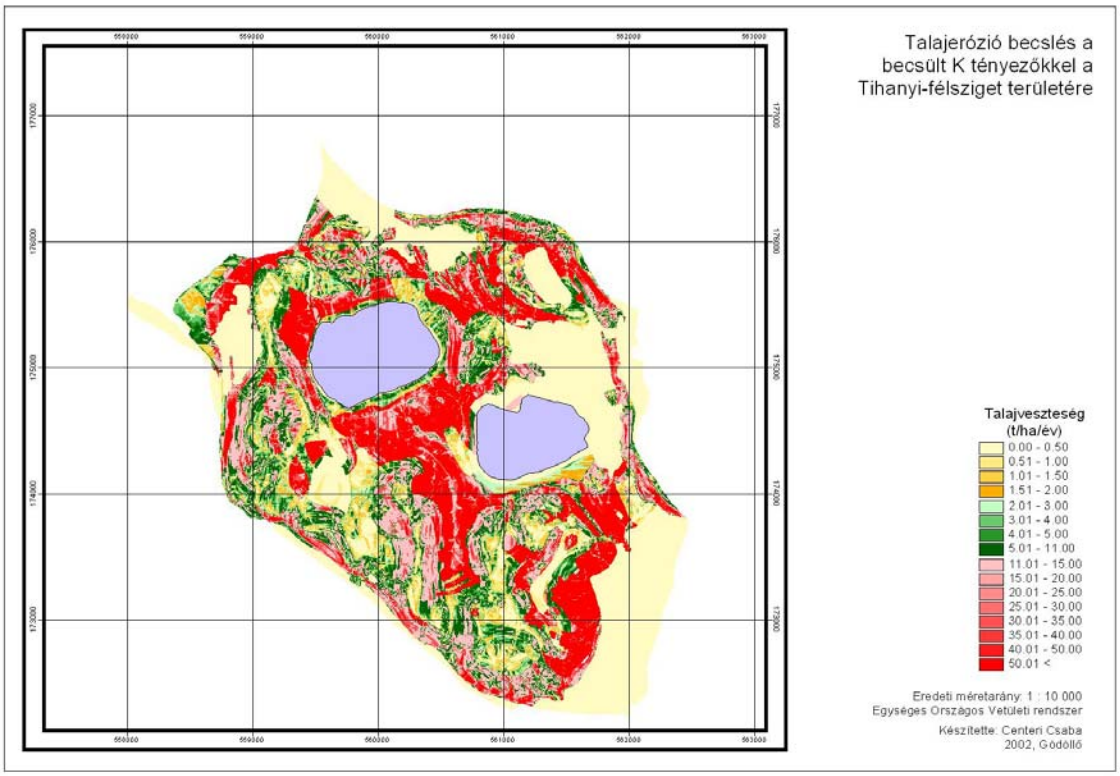

Talajerózió becslés
a mért K tényezőkkel
Balatonszabadi területére
Talajveszteség
(t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 10.00
10.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Térképi méretarány: 1 : 10.000
Egységes Országos Vetületi rendszer
Készítette: Center Csapa
2002, Geocollé

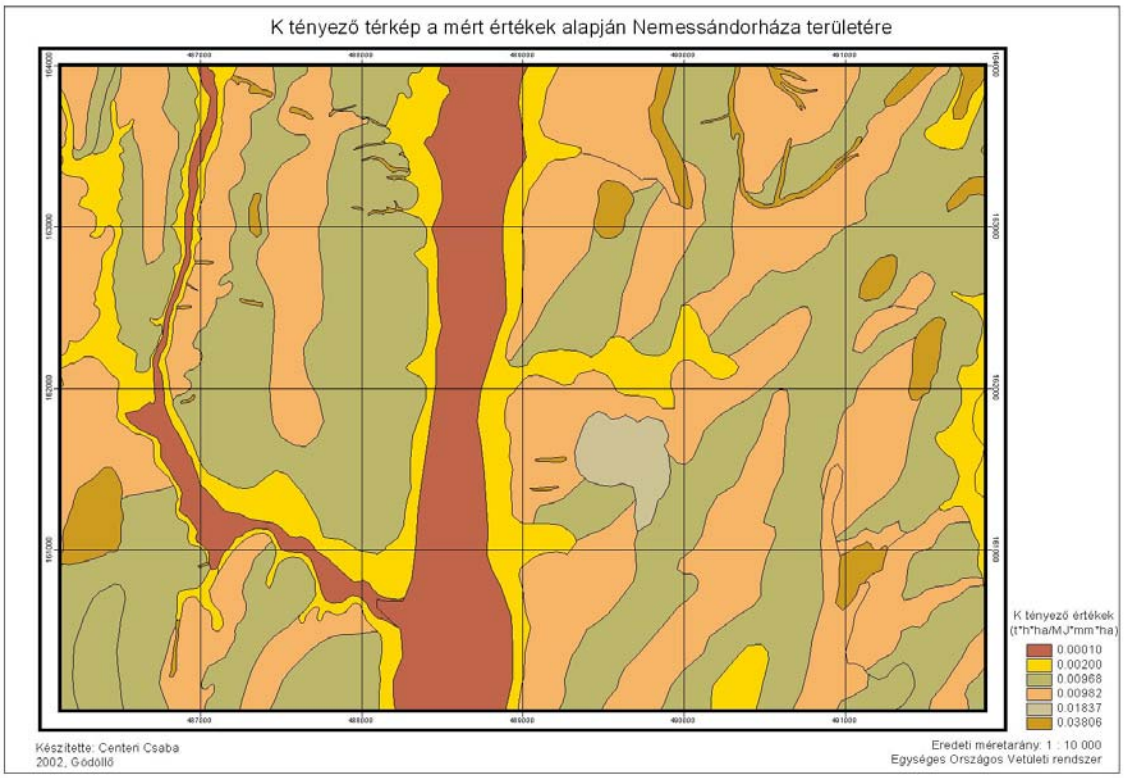

Talajerózió becslés a
becsült K tényezőkkel
Balatonszabadi területére
Talajveszteség
(t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.5° - 1.00
1.0° - 1.50
1.5° - 2.00
2.0° - 3.00
3.0° - 4.00
4.0° - 5.00
5.0° - 11.00
11.0° - 15.00
15.0° - 20.00
20.0° - 25.00
25.0° - 30.00
30.0° - 35.00
35.0° - 40.00
40.0° - 50.00
50.0° <

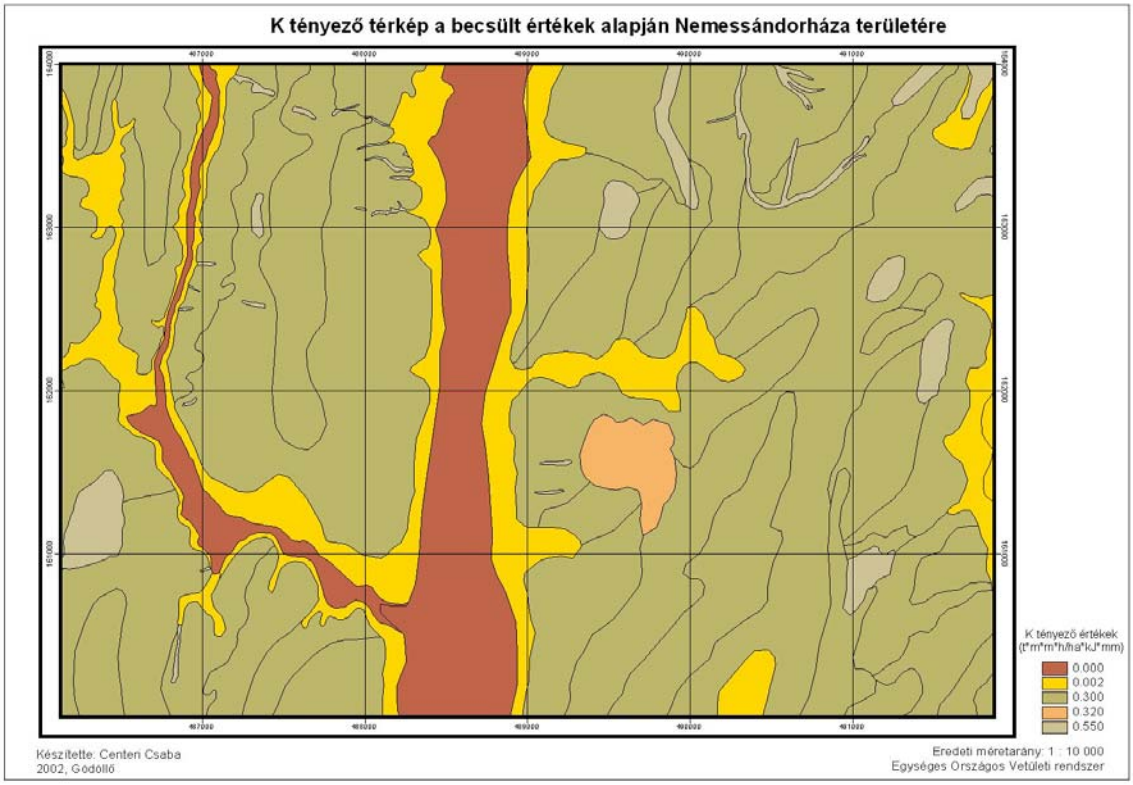

Talajerózió becslés a mért K tényezőkkel Somogyvár területén
Talajveszteség (t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 11.00
11.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer

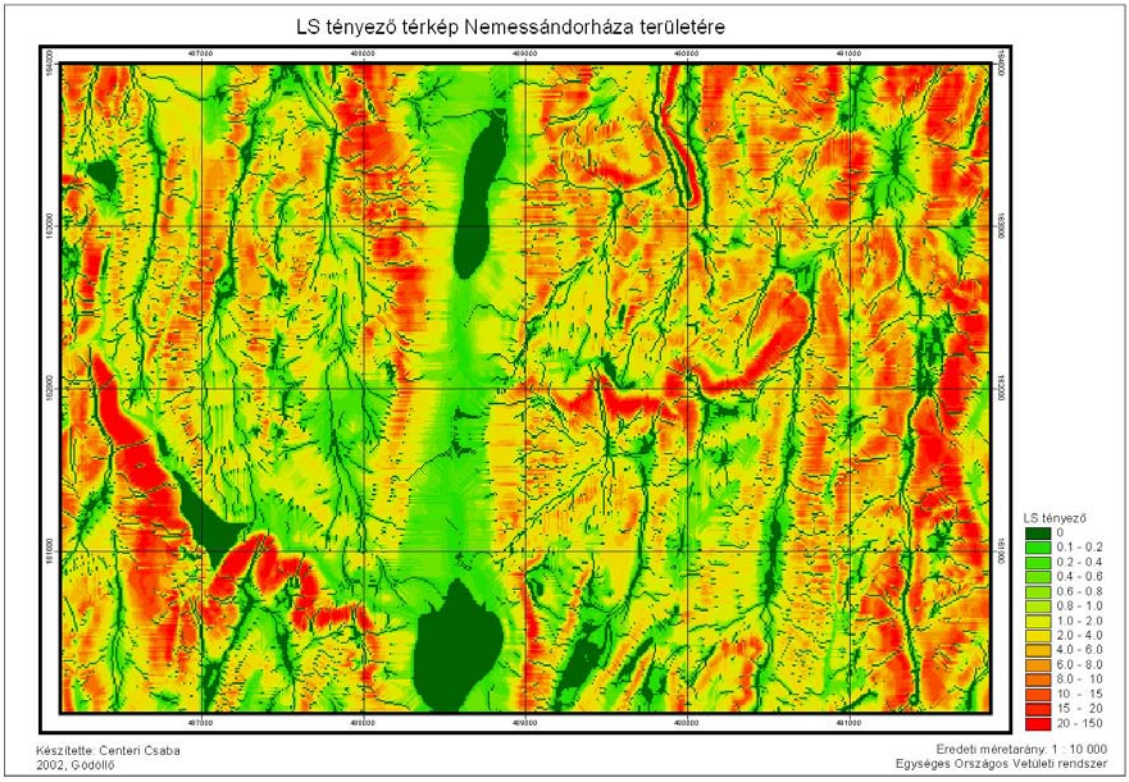

Talajerózió becslés a becsült K tényezőkkel Somogyvár területén
Talajveszteség (t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 11.00
11.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10.000
Egységes Országos Vetületi rendszer

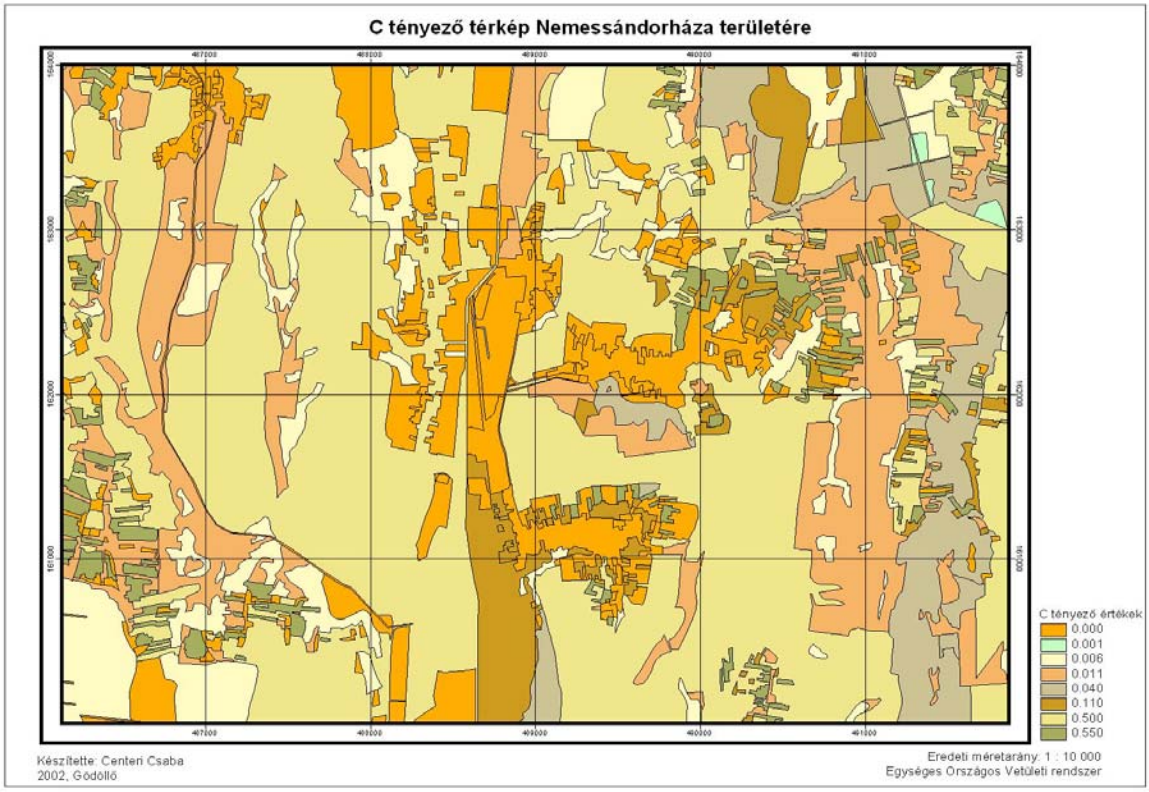

Talajerózió becslés a
mért K tényezőkkel a
Tihanyi-félsziget területére
Talajveszteség
(t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 11.00
11.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő

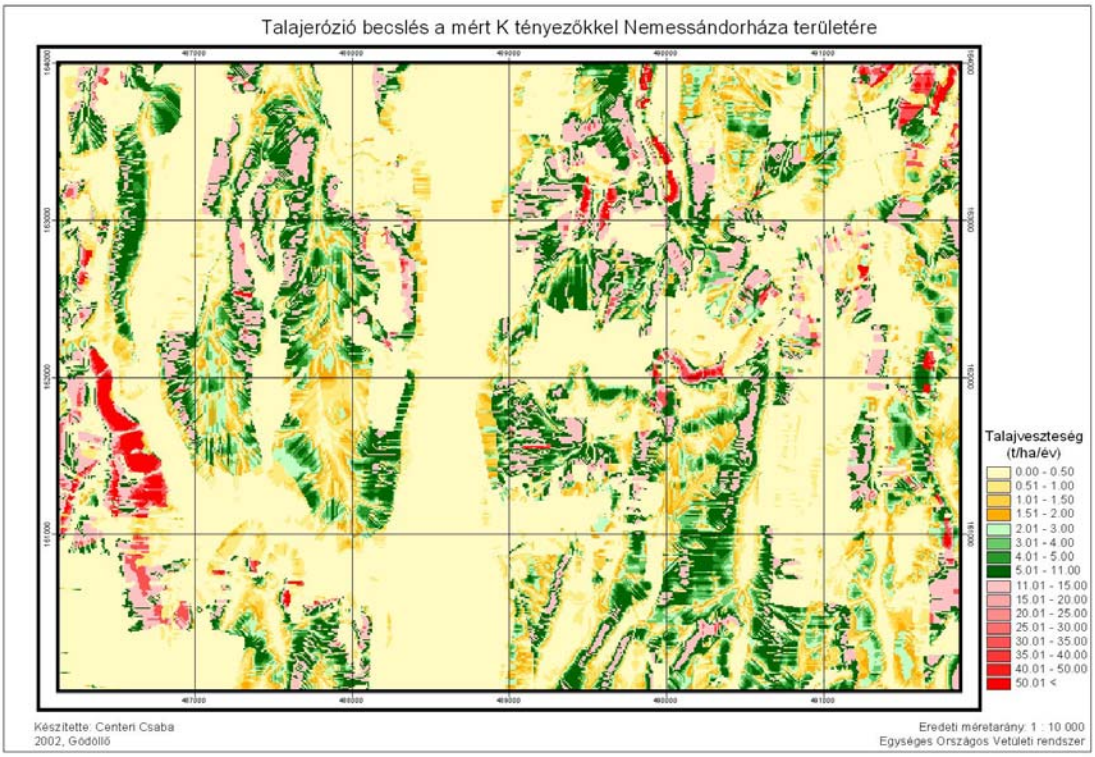

Talajerózió becslés a becsült K tényezőkkel a Tihanyi-félsziget területére
Talajveszteség (t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 11.00
11.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Eredeti méretarány: 1 : 10.000
Egységes Országos Vetületi rendszer
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő

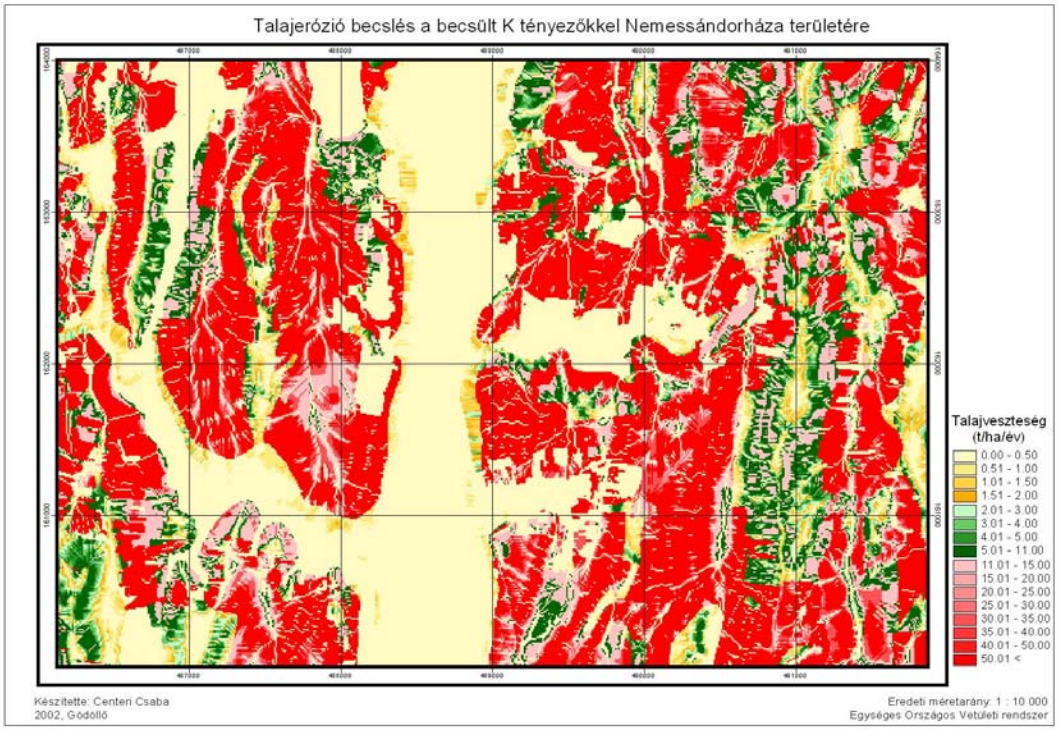

K tényező térkép a mért értékek alapján Nemessándorháza területére
K tényező értékek
(t*h*ha/MJ*mm*ha)
0.00010
0.00200
0.00968
0.00982
0.01837
0.03806
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer


K tényező térkép a becsült értékek alapján Nemessándorháza területére
K tényező értékek
(t*m*m*h/ha*kJ*mm)
0.000
0.002
0.300
0.320
0.550
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer


LS tényező térkép Nemessándorháza területére
LS tényező
0
0.1 - 0.2
0.2 - 0.4
0.4 - 0.6
0.6 - 0.8
0.8 - 1.0
1.0 - 2.0
2.0 - 4.0
4.0 - 6.0
6.0 - 8.0
8.0 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 150
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer


C tényező térkép Nemessándorháza területére
C tényező értékek
0.000
0.001
0.006
0.011
0.040
0.110
0.500
0.550
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer


Talajerózió becslés a mért K tényezőkkel Nemessándorháza területére
Talajveszteség (t/ha/év)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 3.00
3.01 - 4.00
4.01 - 5.00
5.01 - 11.00
11.01 - 15.00
15.01 - 20.00
20.01 - 25.00
25.01 - 30.00
30.01 - 35.00
35.01 - 40.00
40.01 - 50.00
50.01 <
Készítette: Centeri Csaba
2002, Gödöllő
Eredeti méretarány: 1 : 10 000
Egységes Országos Vetületi rendszer



	K tényező	Esetek száma (n)
CSBET	0,0176-0,0183	47
H. karbonát		42
RBET		37
Csernozjom		51
Fekete nyirok		
ABET		
Ramann BET		

M4. Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyvek

1. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	1	Lejtő alakja	Domború
Lejtő %	5,8	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	HO
Lejtőkategória	3	EOV	33-323
Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	CSBET
A talajszelvény mélysége (cm)	130	Humuszos réteg (cm)	25
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	Lösz
Karb. r. mélysége (cm)	90-	Fenolftalein lúgosság	O
Talajtípus (agrotopokód)	161	FAO típus	Cambisol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-25	A_{sz}	5-20	CSBET A	10YR 5/2	4	Sz/M	T
25-90	B	40-60	CSBET B	10YR 5/6	3	M	ET
90-	C	100-120	CSBET C	10YR 6/6	4	O	L

Mélység cm	Nedvesség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-25	F	+	1	-	-	K	T
25-90	F	++	1	ER	S GJ, KR	K	F
90-		+++	1	ER	-	O	H

Egyéb észrevételek:	Hiányzik a morzsás, humuszos A genetikus talajszint. Az A_{sz} szint gyakorlatilag B_{sz}-nek tekinthető. Bár szinte az egész szelvény mésszel átjárt, az eredeti talajtípus BET volt.

Felvételező: Centeri Csaba

Megjegyzések:
a szelvényben kb. 40 cm-től határozott, jól

2. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	2	Lejtő alakja	domború
Lejtő %	7,3	Erózió, defláció	4
Kitettség	-	Fekvés	LKH
Lejtőkategória	3	EOV	33-323

Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	FKOP

A talajszelvény mélysége (cm)	85	Humuszos réteg (cm)	0-38
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	lösz
Karb. r. mélysége (cm)	0-85	Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	60	FAO típus	Regosol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-20	A_{sz}	10-30	FKOP A	10YR 6/3	4	M	ET
20-38	A			10YR 6/3	4	M	T
38-85	C	45-65	FKOP C	10YR 7/4	4	O	ERT

Mélység cm	Nedvesség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-20	F	IE	1	S LEP	-	O	T
20-38	F	IE	1	S LEP	-	O	
38-85	F	IE	1	S LEP	-	O	É

Egyéb észrevételek	

Felvételező:	Centeri Csaba
Dátum:	1999. V. 5.

Megjegyzések: - a szelvényben láthatóan erős eróziós hatások érvényesülnek és bár a kritériumok alapján túl vastag földes kopárnak, tulajdonságait tekintve inkább ahhoz hasonlít

3. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	3	Lejtő alakja	domború
Lejtő %	5,15	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	LFH
Lejtőkategória	3	EOV	33-324
Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	RBET
A talajszelvény mélysége (cm)	90	Humuszos réteg (cm)	38
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	homok
Karb. r. mélysége (cm)		Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	132	FAO típus	Cambisol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-15	Asz	3-13	RBET A	10YR 4/4	2	KT	ET
15-23	B	15-23	RBET B	10YR 4/3	3	O	T
23-40	BC	-	-	10YR 4/4	3	O	ET
40-	C	50-70	RBET C	10YR 7/6	4	O	ET

Mélység cm	Nedvesség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-15	F	GY	-	-	-	-	SZI, H, M
15-23	F	GY	-	-	-	-	
23-40	F	K	-	-	-	-	SZI
40-	F	IE	-	-	-	-	SZI

Egyéb észrevételek	Az alapkőzet löszös.

Felvételező: Dr. Barczi Attila

Dátum: 1999. V. 7.

Megjegyzések: alacsony humusztartalmú szelvény

4. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	4	Lejtő alakja	domború
Lejtő %	5	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	LKH
Lejtőkategória	2	EOV	44-312
Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	BSZAB
A talajszelvény mélysége (cm)	120	Humuszos réteg (cm)	0-25
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	Lösz
Karb. r. mélysége (cm)	120	Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	191	FAO típus	Chernozem

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-25	A	3-18	BSZAB A	10YR 3/2	4	D	ERT
25-60	B	25-55	BSZAB B	10YR 4/3	5	A M	T
60-90	BC	-	-	10YR 6/4	4	O	T
90-	C	95-115	BSZAB C	10YR 6/4	4	O	T

Mélység cm	Nedvesség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-25	F	GY	1	-	-	O	SZ, T
25-60	F	K	1	-	GJ	O	
60-90	F	E	1	-	GJ	O	SZI
90-	F	IE	1	-	-	O	SZI

Egyéb észrevételek	

Felvételező: Centeri Csaba

Dátum: 1999. VI. 1.

Megjegyzések:

5. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	5	Lejtő alakja	egyenes
Lejtő %	8,75	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	LFH
Lejtőkategória	3	EOV	43–412
Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	TIH
A talajszelvény mélysége (cm)	35	Humuszos réteg (cm)	0-35
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	Bazalttufa
Karb. r. mélysége (cm)	-	Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	80	FAO típus	Leptosol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-35	A	5-25	TIH A	10YR 2/1	7	SZ	T
35-	C	-	-	-	-	-	IET

Mélység cm	Nedvesség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-35	F	O	2	-	-	-	É
35-	F	O	2	-	-	-	

Egyéb észrevételek	

Felvételező: Centeri Csaba

Dátum: 1999. V. 5.

Megjegyzések: a lejtő mentén a talajvastagság 30 és 60 cm között változik, a felszínen a gyakori művelésnek megfelelően 30-60 cm átmérőjű bazalttufa darabok

6. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	6	Lejtő alakja	domború
Lejtő %	12	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	LFH
Lejtőkategória	4	EOV	42-334

Művelés:	Fekete ugar	Kód:	NSH ABET

A talajszelvény mélysége (cm)	80	Humuszos réteg (cm)	0
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	lösz
Karb. r. mélysége (cm)	36-80	Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	112	FAO típus	Luvisol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-20	A_{sz}	2-18	NSH ABET A	10YR 5/4	5	SZ	T
20-36	B	22-34	NSH ABET B	10YR 5/6	6	SZ	ERT
36-80	C	40-60	NSH ABET C	10YR 7/4	4	O	T

Mélység cm	Nedves-ség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-20	F	O	1	-	-	-	F
20-36	F	O	1	AH	-	-	
36-80	F	IE	1	-	-	-	É

Egyéb észrevételek	

Felvételező: Bozzay Balázs

Dátum: 1999. V. 31.

Megjegyzések: az erózió már elhordta az A szintet, így az A_{sz}-el jelölt szintet B_{sz}-nek is lehet jelölni.

7. HELYSZÍNI TALAJVIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Talajszelvény	7	Lejtő alakja	homorú
Lejtő %	11,6	Erózió, defláció	2
Kitettség	-	Fekvés	LKH
Lejtőkategória	3	EOV	42-334

Művelés: fekete ugar	Fekete ugar	Kód:	NSH RAM

A talajszelvény mélysége (cm)	90	Humuszos réteg (cm)	0-20
Talajvízszint mélysége	-	Alapkőzet	Lösz
Karb. r. mélysége (cm)	60-90	Fenolftalein lúgosság	-
Talajtípus	141	FAO típus	Cambisol

Mélység cm	Szint jele	Mintavétel (cm) -tól -ig	Minta jele	Szín	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömő-döttség
0-20	A_{sz}	2-18	NSH RAM A	10YR 6/3	4-5	SZ	ET
20-60	B	25-45	NSH RAM B	10YR 6/6	4-5	SZ	ET
60-90	C	70-90	NSH RAM C	10YR 7/4	3	O	ET

Mélység cm	Nedves-ség	Pezsgés	Talajhibák	Kiválások, konkréciók	Egyéb kiválások	Gyökér	Átmenet
0-20	F	O	1	-	-	-	É
20-36	F	O	1	VH	-	-	
36-80	F	IE	1	-	-	-	É

Egyéb észrevételek	

Felvételező:	Centeri Csaba
Dátum:	1999. VI. 1.

Megjegyzések:

Köszönetnyilvánítás

Mindenki előtt köszönetet kell mondanom Stefanovits Pál Professzor Úrnak, aki elvállalta témavezetőséget és az elmúlt négy év során folyamatos figyelemmel kísérte előrehaladásomat, emberi és szakmai segítséget nyújtott számomra.

Vele párhuzamosan kell köszönetet mondanom Dr. Barczi Attilának, a Tájökológia Tanszék tanszékvezetőjének, aki a diplomadolgozatom írásánál konzulensem volt és a Professzor Úrral karöltve kísérte pályafutásomat az elmúlt kilenc évben. Ő volt az, aki figyelmemet a talajvédelemre irányította és aki nélkül most valószínűleg nem írnám ezeket a sorokat.

A doktori kutatásban és az oktatásban nyújtott szakmai segítségért köszönetet kell mondanom Várallyay György Professzor Úrnak, Láng István Akadémikus Úrnak, Dr. Kerényi Attilának, Dr. Kertész Ádámnak és még egyszer Stefanovits Pál Akadémikus Úrnak.

Az esőztetési munkák elvégzésében kitüntetett köszönet illeti Dr. Csepinszky Béla és Csiszár Béla Tanár Urakat, valamint Jakab Gergelyt.

Köszönöm a szakmai műhely és laborháttér megteremtését az Agrokémiai és Talajtan Tanszéknek: Dr. Füleky György tanszék- és programvezetőnek, Dr. Fekete József Professzor Úrnak, Dr. Micheli Erika docens asszonynak, Dr. Czinkota Imrének, Dr. Tolner Lászlónak, valamint Vejzerné „Erzsi Néni”-nek, Büttner Györgynének, Rétháty Gabinak, Kolozs Lajosnénak a labormunkákban és Ugrósdyné Zsuzsának az adminisztrációban nyújtott végtelen segítségért.

Köszönöm a gazdáknak, ismét a vizsgálatok sorrendjében Dr. Gyenes Sándornak, Szabó Péternek, a Balatonszabadi TSZ-nek, Szeremley Hubának és Vörös Józsefnek, hogy rendelkezésre bocsátották a mintaterületeket; a gépeket kezelő személyzetnek, hogy nem szántották be a kísérletet és a talajművelés történeti előzményeiben kiegészítő információkkal láttak el. A terület kiválasztásában, szállás, étkezés ügyében és a további munkákban is segítségemre voltak Bozzay Balázs és Bozzayné Andrási Erika.

Köszönöm barátaimnak a folyamatos segítséget és támogatást. Ez a munka nem jöhetett volna létre Dr. Grónás Viktor, Gentischer Péter, Gentischerné Tarnik Csilla, Szelényi Gábor, Kovács Bea, Pataki Róbert, Tóth Péter, Marticsek József, Belényesi Márta, Janovszky Zsolt és Néráth Melinda nélkül.

Az eróziós modellezésben nyújtott segítségért köszönet illeti Dr. Huszár Tamást, Barta Károlyt és László Pétert. A térképezési munkák során és a publikációs tevékenységben nyújtott segítségért, a digitális domborzatmodell elkészítéséért és a

folyamatos baráti és szakmai segítségért külön és kiemelt köszönet illeti Pataki Róbert barátomat.

Az alaptérképek beszerzésében segítségemre voltak Dr. Barczi Attila, Dr. Kuti László, Dr. Scharek Péter, Dr. Chikán Géza, Dr. Markó András a Kaposvári NTÁ-ból, a balatonboglári földhivatal és a balatonszabadi TSZ.

A parcellák, építésénél és folyamatos művelésénél, ellenőrzésénél nyújtott segítségért külön köszönetet kell mondanom a következőknek: a BARCZI család, Janovszki Zsolt, Végh Nóra, Szegi Tamás, Tóth Sándor, Simsa Péter, Joó Katalin, Chlepkó Tamás, Kiss Csaba, Pintér Balázs. Ismét meg kell említenem a barátok között felsoroltak segítségét. A parcellák kiválasztását és a terepbejárást zömében Janovszki Zsolttal végeztem.

A publikációs tevékenységben nyújtott segítségét szeretném megköszönni az Európai Talajvédelmi Társaság által Pozsonyban és Valenciában rendezett konferencia szervezőinek Sylvia Morovának és Sabina Asinsnak. Szintén köszönöm a szerkesztők megértését és gyors válaszát a hazai szaklapoknál: Dr. Sutka József, Tiner Tibor, Dr. Borhidi Attila, Dr. Bócsa Iván.

A szakmai anyagok, újságcikkek, használati útmutatók beszerzésében köszönöm a segítségét témavezetőmnek Stefanovits Professzor Úrnak, a Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet és a Magyar Állami Földtani Intézet könyvtárának, valamint külföldi kutatóknak, Dr. Kai Sondernek, Dr. Rattan Lalnak, Dr. Rob Lochnak, Dr. Don McCoolnak, Dr. Walter Martinnak és Dr. Keith C. McGregornak.

Köszönöm az ausztrál Rob Lochnak és az amerikai Don McCoolnak a parcella előkészítésben, a K tényező számításában és a három éven át nyújtott folyamatos segítségét, az elektronikus leveleimre írt gyors választ. Mindketten évtizedek óta foglalkoznak eróziós modellezéssel, **parcella beállítással és ma is tevékenyen működnek terepen és az** előadóteremben is.

Köszönöm a családi autónak a földutakon tanúsított kitartást és a gyártó cégnek az autó földtől való távolságának állítási lehetőségét.

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani családomnak és barátnőmnek a kitartó támogatásért, türelmükért, megértésükért és a nyugodt háttér megteremtéséért.