

Veszélyes hulladékok felszíni elhelyezése lösszel borított területen (Püspökszilágy)

SCHWEITZER FERENC–BALOGH JÁNOS¹

Abstract

Deposition of hazardous wastes upon surfaces covered by loess (Püspökszilágy)

Revitalization of geographical studies in the vicinity of the nuclear waste disposal site at Püspökszilágy has been made indispensable by the decreasing capacity of the depository being close to be filled completely. On the other hand, one of the versions to dispose wastes of low and medium activity from the Paks Nuclear Power Plant is the enlargement of this site. For this reason complex investigations were conducted into physical geographical features of the site and its environs (including studies on geomorphic evolution) and impact of present day processes, and predictions for the future were made.

Soil profiles were taken, boreholes deepened, samples collected and laboratory analyses of the samples performed along with a subsequent mapping of data. Using the method of modelling scenarios were drawn concerning soil loss in the future. Geomorphological, slope category maps were essential whereas genetic map of soils was important for the outline of soil erosion.

As for the calculation of the extent of soil erosion, variants of the WISCHMEIER–SMITH general soil loss equation were applied. Future surface modifications and soil cover removal were expressed in tons/hectare and mm/year.

Wastes stored at the Püspökszilágy depository are to be considered hazardous until the final decay of radionuclides, i.e. for long decades to come. That is the reason why the complex interaction of physical and social components of the geographical environment should be monitored even after the closure of the site.

Bevezetés, cél és alkalmazott módszerek

A régóta működő RHFT környéki újabb földrajzi vizsgálatokat az tette szükségessé, hogy egyrészt a műszaki létesítmény jelenlegi befogadó képessége a telítődéshez közeledik, másrészt a Paksi Atomerőműből kikerülő kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezése egyik lehetsé-

¹ MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

ges változataként a püspökszilágyi telephely bővítése is felmerült. Ehhez mindenekelőtt az objektum és közvetlen környéke komplex természetföldrajzi adottságainak, sajátságainak részletes feltárása, a felszínfejlődés korábbi menetének megismerése, a jelenlegi folyamatok hatása és ezek ismeretében a várható változások előrejelzése volt a célunk (1–2. kép).

A természetföldrajzi sajátságok ismerete az alapja annak a komplex tematikus, köztük talajeróziós térképezés során felhasználásra kerülő földrajzi információs rendszernek (GIS), amely szerint a talajpusztulás hagyományos, terepi felvételezésen alapuló és számítógépes kutatási változatainak összevetésével és alkalmazásával a dombsági felszín geomorfológiai adottságainak ismeretében prognosztizáljuk a jövőbeni felszínformálódás várható alakulását (SCHWEITZER F.–TINER T. 1996).

Vizsgálati módszereink a szakirodalmi tájékozódás–értékelés, korábbi eredményeink célorientált csoportosítása–átértékelése alapján a terület helyszíni bejárását, meglévő feltárásokon kívül talajszelvények, fúrások létesítését, mintagyűjtést, a szelvényezés és jegyzőkönyvezés során végzett helyszíni mintavizsgálatok kiegészítéseként laboratóriumi elemzésre begyűjtött mintavételezést, térképi megfigyeléseket–pontosításokat foglalnak magukba, majd modellezési módszer alkalmazással a talajpusztulásban megmutató felszínfejlődési prognózist is megkísérülünk felvázolni.

Mindenekelőtt a felszíni formák főbb típusait ábrázoljuk és minősítjük. Az ezt megalapozó térképek közül a geomorfológiai (1. ábra, színes mellékletként), a lejtőkategória (2. ábra, színes mellékletként), valamint a talajeróziós viszonyok alapját képező genetikai talajtérképet készítettük el.

A talajpusztulás mértékének meghatározásához a nemzetközi és hazai gyakorlatban ismert és használt (WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1962, 1978) általános talajvesztési egyenlet különböző változatait alkalmaztuk. A talajerózió számításának eredményeiből, a módszerek összehasonlításával a jövőbeni felszínformálás és anyagmozgás értékeit t/ha/év-ben, valamint mm/év-ben határoztuk meg.

A talajpusztulás számítógépes modellezésére az objektum (RHFT) közvetlen környezetében, a telephely központjától ÉNy–DK irányba húzódó tetőszintre merőlegesen 500–500 m-re a Szilágyi-patak és a Némedi-patak erózióbázisáig terjedő területet határoltuk le (1. ábra).

Az erózió mértékének állapotát, a domborzat 600–1000 év múlva várható alakulását 1:10 000 ma. tematikus térképsorozaton dolgoztuk fel.

A terület általános természetföldrajzi jellemzése

Rétegtani–domborzati jellemzés

A felsőoligocén, pliocén² és a negyedidőszaki, főként löszből és löszszerű üledékekből felépült, hegységperemi, dombsági felszínrész, amely a hulladéklerakót foglalja magába, a Szilágyi-patak és a Némedi-patak által közrefogott területen helyezkedik el. A 0,7 km² nagyságú terület 220 m átlagmagasságú. A térképezett terület legmagasabb pontja 234 m, a legalacsonyabb 164 m tszf-i magasságú.

A vizsgált terület legnagyobb része hosszú, keskeny völgyközi hát, deráziós lépcsőkkel – ezek feltehetően a patakok hajdani teraszmaradványai – tagolt, kisebb része pedig széles, lapos patakmenti teraszokkal kísért vizenyős alluviális térszín. A vizsgált területhez É–ÉK-ről Püspökszilágy, Ny–ÉNy-ről pedig Némedi kapcsolódik.

² A pliocén időszakon az 5,3–2,4 millió év közötti időszakot értjük.



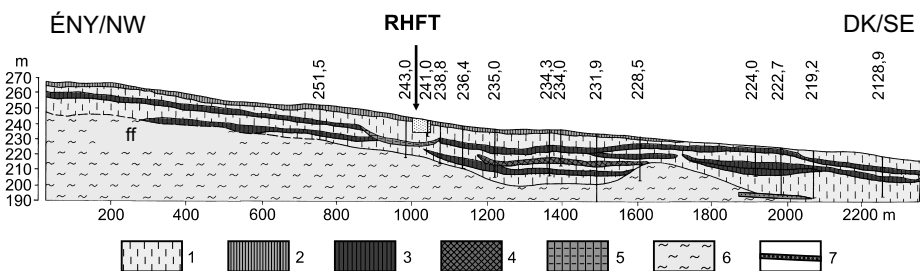
1. kép. A püspökszilágyi RHFT telephelye
General view of the nuclear waste disposal site (RHFT) at Püspökszilágy



2. kép. A püspökszilágyi RHFT kis- és közepes aktivitású hulladéktárolói
Depositories of nuclear wastes of low and medium activity

A változatos, vörösgyaggal és sötétbarna fosszilis talajokkal tagolt pliocén és negyedidőszaki üledékek fekkjút – az FTV, a MÉLYÉPTERV fúrásadatai alapján – a felsőoligocén képződmények képviselik. Az oligocén üledékek vastagsága 400–1200 m körüli. Alsó részében hárshgyi homokkő és tardi agyag, felső részében kiscelli agyag található.

A miocénben erősen lepusztult oligocén üledékösszlet egyenetlen felszínére vékony, 0,5–1 m vastagságú homokkő, kvarckavicsos, a hegyláb felszínét borító korrelatív üledék³, majd vörösgyag települ, amit a pliocén térszín teresztrikus üledékeként értelmezhetünk. A vörösgyag a plasztikus index, ill. a fúrási jegyzőkönyv alapján nagy hasonlóságot mutat az ún. Dunaföldvári vagy Tengelici vörösgyag formációval, aminek kora a hazai és nemzetközi adatok alapján 3–4 millió év közötti. A hegységperemi domborzat fejlődésében azonban már előbb, a felsőmiocén–alsópliocén határán jelentős változást eredményezett a Kárpát-medencében is kialakult félsivatagi klímaváltozás⁴, amihez a hegységperemeken a hegyláb felszínének kialakulása, hegységelőtérben a törmelékűpos, nagy vastagságú homokösszletek – pl. a Gödöllői homok, Órbottyán stb. – létrejötte vezetett. A térképezett terület is ennek a nagy kiterjedésű, gyengén lejtő egységes hegyláb felszínnek a tartozéka volt. Rajta korrelatív üledékként a mállott oligocén homokkő kavicsos törmelékű összlet képződött, aminek maradványait, csonkjait 0,5–1 m vastagságban néhány fúrásban meg lehet figyelni (3., 4. ábra) (SCHWEITZER F. et al. 2003).

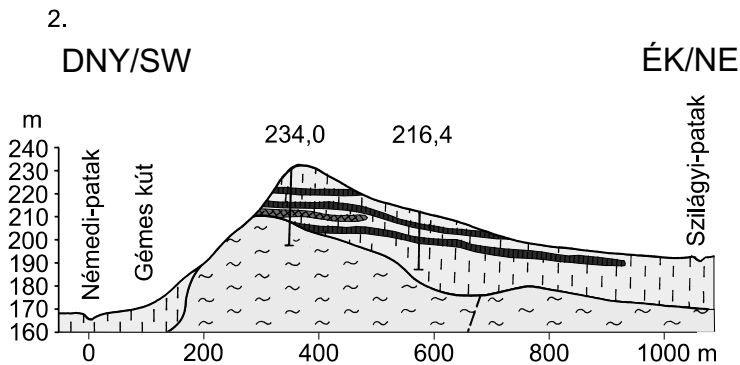
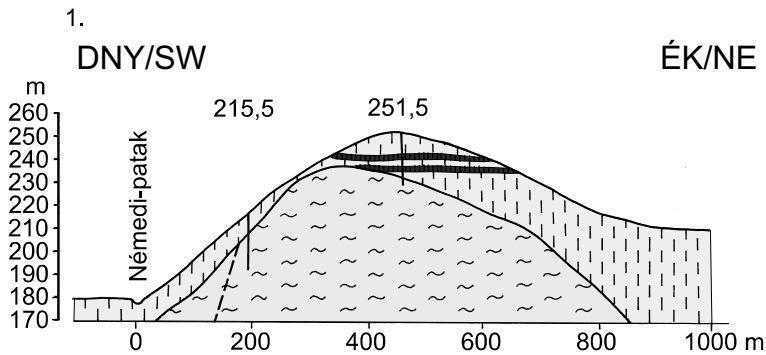


3. ábra. Az RHFT tetőfelszínén mélyített fúrások alapján szerkesztett földtani hossz-szelvény (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1999). – 1 = lösz; 2 = recens talaj; 3 = fosszilis barna erdőtalaj; 4 = fosszilis vörös talaj; 5 = fosszilis hidromorf talaj; 6 = oligocén agyag; 7 = homokkőpad; ff = feltételezett felszín

Geological cross section constructed by using data of deepened boreholes from the summit level of RHFT (Compiled by BALOGH, J. and SCHWEITZER, F. 1999). – 1 = loess; 2 = recent soil; 3 = brown forest fossil soil; 4 = red fossil soil; 5 = hydromorphous fossil soil; 6 = oligocene clay; 7 = sandstone bench; ff = assumed surface

³ Genetikáját tekintve hordalékűpos-összlet erősen lepusztult maradványa.

⁴ Ez a klímazakasz kb. 5,3–4,5 millió év között kb. egy millió évig tartott.



4. ábra. Földtani keresztmetsvények az RHFT-től É-ra (1. szelvény) és D-re (2. szelvény). (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1999)

Geological cross-sections north of RHFT (Profile 1) and south of it (Profile 2). Compiled by BALOGH, J. and SCHWEITZER, F. 1999)

A félsivatagi száraz–meleg – évi csapadékátlag 150–250 mm, évi átlaghőmérséklet 18–22 °C – klímazakaszt követően alakult ki a meleg–nedves szubtrópusi vörösgyagképző klímazakasz. A megnövekedett csapadék hatására az egységes heglábfel-színek kezdtek feldarabolódni kezdetleges völgyközi háttakká, gerincekké, amit elősegített az előtér süllyedése, ill. a hegységelőtér emelkedése. Ezeken a heglábfel-színeken völgyek képződése indult meg és az előtér süllyedése következtében a pliocén végétől a negyedidőszakon keresztül a vízfolyások és a lejtőleemosás révén nagy mennyiségű, mintegy 20–30 m vastag üledék pusztult le, ill. hordódott ki. A középsőpliocén – 4,2–3 millió év – térszín mélyedéseiben, völgyeiben vörösgyag képződött (3. ábra). A denudált felsőoligocén, ill. pliocén felszínre az uralkodóan hideg–száraz pleisztocén időszak alatt mintegy 20–25 m átlagvastagságú löszösszlet települ.

A negyedidőszaki löszképződmények agyagos jellegükkel tűnnek ki, a környékbeli völgyközi háttakat is befedik. Alsó részükben kompakt és glejes, vörösesbarna

fosszilis talajokkal tagolt, felső részükben lazább szerkezetű feketésbarna vagy mocsári talajokkal osztott. A löszösszletet több generációs eróziós és eróziós–deráziós völgyek tagolják, amelyekben a több generációs alsó- és felsőpleisztocén fosszilis talajok helyezkednek el (PÉCSI M. 1993).

A mélyebben fekvő térszíneken a patakok elhagyott meanderekkel tagolt árterén, alacsony teraszfelszíneken az ártéri üledékek több típusa, lápi agyag, réti agyag, öntésagyag fordul elő.

A 210 m átlagos tszf-i magasságú völgyközi hátat és az eróziós völgyek közötti völgylejtőt derázióval, kisebb részben csuszamlásokkal átalakított lapos deráziós völgyek, vízmosások, lejtőalji kisebb hordalékkúpok jellemzik.

Éghajlati adottságok

A terület mérsékelt hűvös, mérsékelt száraz, enyhe telű éghajlati körzetbe tartozik. A napsütés évi összege 1950 óra körüli, ebből nyáron 780–800 óra, télen 180 óra várható.

Az évi középhőmérséklet 9,5 °C, a vegetációs időszaké 16,6–16,5 °C. 180 napnál kevesebb fagymentes nap várható. 33,5–34,0 °C között van az évi abszolút maximumok átlaga, míg az abszolút minimumoké –16,5 °C.

A csapadék évi összege 580–600 mm. A 24 órás csapadékmaximum értéke 70 mm. Évente 35–40 napig takarja hó a felszínt, a maximális átlagos hóvastagság 20–22 cm.

Vízgazdálkodási adottságok

A Némedi- és a Szilágyi-patak vízgyűjtőjéhez tartozó vízfolyások és források vízhozama nem jelentős. Vízáadó réteg részben a pleisztocén, ill. a pliocén összlet bázison található fellazult oligocén rétegek, részben pedig a homokkő kavicsos szürke hegyláb felszínt borító korrelatív üledékek.

A talajvíz nyugalmi szintje a geomorfológiai viszonyok függvényében változik, a hulladéklerakóhely környezetében általában 16–22 m között van (URBANCSEK J. 1963, 1981).

A mélyebben fekvő patak menti alluviális térszíneken a talajvíz szintje 3–5 m közötti értékkel jellemezhető.

Növényzet

A püspökszilágyi izotóptemetőt és közvetlen környékét növényzetileg három részre oszthatjuk:

1. A Szilágyi-patak felé eső lankás völgyoldalon, a két patak közti hát tetőszintjének egy jelentős részén, valamint a Némedi-patak völgytalpán szántóföld van, ezért ez a terület cönológiailag értékelhetetlen.

2. Az izotóptemető területe növényzetét tekintve kettős képet mutat. A cellák környékén a kiszolgáló épületek és az út menti sávban a lágyszárú szinten *ruđerális gyomnövényzet* található. Ezen a területen a kora tavaszi aspektusban meghatározható jellemző faj a martilapu (*Tussilago farfara*), ami bolygatott löszterületet jelez. A fásszárú vegetációt szintén betelepített fajok képviselik (pl. lucfenyő [*Pineae abies*], erdei fenyő [*Pinus sylvestris*], ostorfa [*Celtis australis*]), ezért cönológiailag ez a szint értékelhetetlen. A temető mögötti elkerített részre a Némedi-patak felé eső meredek völgyoldal növényzete is jelentős hatással van. A növényzet rendszeres felégetése fokozott zavaró hatást jelent. Az itt található lágyszárú növények a Némedi-patak felé eső meredek völgyoldalon is jelen vannak. Jellemzőek a különféle csenkeszek (*Festuca sp.*) és perjék (*Poa sp.*), a lila ökörfarkkóró (*Verbascum phoenicum*), valamint a pontosan csak később meghatározható ernyős virágzatú fajok. A növényzetet itt is az inkább szárazabb, zavart területekre jellemző fajok képviselik (SIMON T. 1992; SZALAI Z. 2003).

3. A Némedi-patak felé eső meredek völgyoldal lágyszárú növényzete az előző területhez hasonló. Az egyes foltokban megjelenő *Festuca sp.* vízhatást jelezhet (4. ábra 2. szelvény a meredekebb lejtő inflexiós sávja), de ez csak a pontos faji meghatározás után tisztázható. A cserjeszintben a tipikus gypűrózsa (*Rosa canina*) és az erdei iszalag (*Clematis vitalba*) fordul elő.

A kora tavaszi terepbejárás során a növények jelentős része még meghatározhatatlan, pontos cönológiai vizsgálatokhoz a mintavételezéseket a tavaszi és a nyári aspektusokban kell végrehajtani.

A tároló bővítése esetén a cönológiai vizsgálatok a következő eredményeket hozhatják:

– A növényzet képes a kisebb környezeti változások (pl. lokális megjelenésű vízhatás) megjelenítésére (vagy indikációjára).

– A cönológiai karakterek, a T, W, R és TVK érték-elemzések kiegészítik a geomorfológiai vizsgálatokat és jelzik a hulladéktároló hatását a környezetre.

A térképezett terület túlnyomó része mezőgazdasági művelés alatt áll. Felszínének 2/3-a szántó, 1/3-a pedig rét, legelő.

Talajtani adottságok

A lösztakaróval fedett dombsági rész, völgyközi hát talajai túlnyomóan a csernozjom barna erdőtalajok típusába tartoznak (STEFANOVITS P. 1956).

A patakok ártéri felszíneinek legelterjedtebb talajtípusai réti és mocsári talajok. A völgyközi hát peremeit és a völgytalpakat lejtőhordalék-talajok övezik. A völgyközi hát talajpusztulása egyes szakaszokon erőteljesebb, ami a lejtőleemosás, a barázdás erózió s néhány helyen a szőnyegszerű lejtőcsuszamlásos folyamatok hatására következett be.

A geomorfológiai térkép magyarázója, a domborzati formák jellemzése

A terület a Szilágyi-patak és Némedi-patak részvízgyűjtőjéhez és helyi erózióbázisához, valamint a Galga fő vízgyűjtő területéhez tartozik (MAROSI S.–SOMOGYI S. 1990).

Az oligocén fekvő jórészt negyedidőszaki üledékekkel fedett felszínét mély, eróziós és derázióval átalakított eróziós völgyek tagolják. Irányuk ÉNy–DK-i, jellemzőjük a völgyoldali aszimmetria a Némedi-patak és Szilágyi-patak eróziós, szerkezeti-leg jelzett völgyében. A bal oldali völgyoldalak meredek, 250–500 m, míg a jobb oldali völgyoldalak lankásak és hosszan elnyúlóak. 500–1000 m hosszú lejtőszakaszokkal kapcsolódnak a tetőszintekhez.

A 20–30 m vastag lösztakaróval fedett, kiemelt helyzetű tetőszintek a terület pleisztocén óta tartó felszínfejlődése során néhol 30–80 m széles gerincekké, völgyközi hátakká keskenyedve jelzik a valamikor nagyrészt egységes lösztakaró 310–210 m tszf-i magasságú eredeti felszínét.

A tetőszintek, gerincek, völgyközi háta kisformái jelzik a felszínfejlődés várható tendenciáit, deráziós fülkék, vízmosások, lejtőpihenők, mélybarázdák egyaránt előfordulnak.

A meredek lejtőszakaszok erdővel való fedettsége tudatosan tükrözi az erózióval és a tömegmozgásokkal szembeni érzékenységet, míg a lankás jobboldali lejtőszakaszokon nagytáblás mezőgazdálkodás folyik. A telephely közvetlen környékén antropogén hatások érvényesülnek.

Tetőszintek, tetőhelyzetű gerincek, völgyközi háta

A tetőszintek lényeges szerkezeti–morfológiai sajátossága, hogy ÉNy–DK-i fő irányban helyezkednek el, s jelentős mértékben magasodnak környezetük fölél: Némedi és Püspökszilágy között 250–310 m, a telephely alatt a Némedi-patak és Szilágyi-patak között 200–250 m között. Felszínük DK-i irányban fokozatosan alacsonyodik.

Az eróziós és deráziós folyamatok hatására és kisebb szerkezeti mozgások során alakultak ki a löszös térszín legegységesebb felszínarabjai. A telephely alatt a magasabb, 250 m feletti és az alacsonyabb, 200–250 m tszf-i tetőfelszínnek 30–80 m-es gerincekké keskenyedve kapcsolódnak egymáshoz.

A telephely alatt a kerítés vonalától 150 m-re DK-i irányban, a meredek lejtőben hátravágódó deráziós völgyfő már elérte a gerinc közel sík területét (3. kép).

A Némedi-patak felőli meredek völgyoldalon alakult rövid, völgyközi háta erdő borítja; az eróziós folyamatok védelme miatt itt a lekerekített formák és pusztuló domború és homorú lejtők jellemzik a keskeny völgyközi háta. Talajtakarójuk is a legnagyobb mértékben erodált. Az eróziós és deráziós völgyek fejlődése következtében a lösszel fedett tetőszintek, gerincek, völgyközi háta ma is fokozatosan pusztulnak, keskenyednek.



3. kép. Deráziós völgyfő az RHFT telephelytől 150 m-re D–DK-re, amely lassan elnyeri a néhol löszgerinccé keskenyedő tetőfelszín területét

Head of a derasional valley within 150 m southeast of RHFT advancing at the expense of the summit level which narrows into a loess ridge in some places

Eróziós völgyek

Kialakulásuk és fejlődésmenetük szoros kapcsolatban van a löszborította domb-ság feldarabolódásával, a tetőszintek, löszös háta kialakulásával. Az ÉNy–DK-i irányú Némedi- és Szilágyi-patak széles talpú völgyeinek fejlődésmenetét a szerkezeti preformáltság mellett döntő mértékben a lineáris erózió szabta meg, de formálódásuk-ban a periglaciális szoliflukciónak, a lejtőleöblítésnek és a deráziós mellékvölgyek kiala-kulásának is fontos szerepe volt.

A két fővölgyben lefutó patakok nagyvizei elszállították a mellékvölgyek tor-kolatainál képződött lejtőhordalékokat, így jelentősebb hordalékok nem alakultak ki a vizsgált területen. Az eróziós mellékvölgyhálózat a holocén csapadékosabb klímasza-kaszaiban kezdett kialakulni.

Eróziós–deráziós völgyek

Ebbe a formatípusba tartoznak a térképezett terület összes olyan korábbi szá-rzavölgyei, amelyek eredetileg deráziós völgyként alakultak ki, alakrajzi és egyéb mor-

fológiai sajátosságaik alapján többé–kevésbé még ma is a deráziós völgyekre emlékeztetnek, de már állandó vagy időszakos vízfolyásuk van.

Deráziós völgyek

A száraz deráziós völgyek leggyakrabban teknő vagy tál alakú, homorú és domború lejtőkkel határolt, sok esetben völgytalp nélküli hosszanti mélyedések. Méretük, akárcsak formájuk, nagyon különböző, a löszös területek legelterjedtebb felszíni formái. Legfontosabb geomorfológiai tulajdonságuk, hogy nincs állandó vízfolyásuk, a völgyfő felé jelentékenyen kiszélesednek. Kizárólag nagyobb esőzések és záporok alkalmával folyik le bennük a víz.

Jellegzetes tál alakú, többnyire völgytalp nélküli a keresztmetszetük, a felületi erózió – felszíni leöblítés, szoliflukció, csuszamlásos mozgások stb. – és a vonalas erózió kölcsönhatásában alakultak ki.

A hosszan elhúzódó völgyfők jellegzetes felső szakaszának hátrálása a hátak és tetőszintek területét veszélyezteti. Sűrű hálózatukkal irányt szabnak a felszín morfológiai fejlődésének és területenként különböző mértékben befolyásolják a vízháztartás térbeli rendjének alakulását. A deráziós völgyek fejlődésük során több helyen megnyitották a talaj- és rétegvízadó összleteket. Az így kialakult időszakos vízfolyások jelentik a deráziós völgyek fejlődésében a döntő változást.

Eróziós vízmosások, aszóvölgyek

A formák fejlődésük során a bennük lefolyó csapadékvizek eróziós hatására „érdemlik ki” más–más erodáltsági állapotban megnevezésüket. A mélybarázdák a lejtőkön gyorsan harapódnak hátra a fedetlen vagy az eróziótól nem kellőképpen védett lejtőszakaszok, a lejtő inflexiós sávja felé. A bennük lefolyó csapadékvizek különösen nagy záporok idején patakokká is növekedhetnek, míg a mélységük függvényében és a vízadó rétegeket megcsapolva aszóvölgyekké és vízmosásokká válnak. A térképezett területünkön a nagy esésű függő deráziós völgyfőkön, a meredek lejtőszakaszokon, a völgyközi hátak peremlein és a nagy reliefenergiájú völgylejtőkön jellegzetes a mélybarázdák. A kialakult negatív formák többsége nem éri el az 5 m-es mélységet. Antropogén hatásra vagy omlásos folyamatok következtében könnyen betemetődnek, de nagyobb esőzések, záporok alkalmával ismét megnyílnak, könnyen ki is újulnak.

Deráziós fülkék

A térképen ábrázolt kerekded és ovális alakú kisformák völgyoldalak lejtőin, a löszhátak peremlein és a deráziós völgyek völgyfőiben alakultak ki. Ezek a kisformák ki-

vétel nélkül jelenkori kifejlődésük, genetikájuk azonos a deráziós völgyekével (völgykezdemények), számuk azonban gyakoribb. Elsősorban ott alakulnak ki, ahol a felszín lefolyásviszonyainál fogva a lineáris és felületi erózióval együtt járó talajeróziós folyamatok hatékonyabbak. Ovális alakjuk tömegmozgásos folyamatok során is kialakul.

Lejtőpihenő

A lejtőszakaszok lankásabb, gyenge lejtésű jellegzetes ovális alakú formája, amelynek felszíne három irányba is lejtősödhet. Kisebb völgyek, deráziós fülkék köztes formája. A tetőfelszínhez mindig meredek lejtővel csatlakozik. Morfológiai sajátosságait eróziós és deflációs folyamatok alakítják, de mint már régen stabilizálódott fosszilis csuszamláshalmaz is alakulhatott a holocén során.

Lejtőtípusok

A *lejtő általában* jelzéssel jelöltük az 5%-nál meredekebb stabil lejtőszakaszokat.

Meredek lejtőszakasznak minősítettük a 25%-os lejtésnél meredekebb lejtősődéseket, amelyek már szántóföldi művelésre nem alkalmasak.

Csuszamlásos lejtőszakaszokkal jelöltük a stabilizálódott fosszilis csúszásokat, valamint az aktív csuszamlásos lejtőket.

Antropogén formák

A Szilágyi-patak vízgyűjtőjére a lapos deráziós völgytalpon a mesterségesen burkolt vízfolyás medrében vezetik le a telephely felszínén keletkezett és tárolt csapadékvizeket. A telephely felszíne a löszgerincen mesterségesen tereprendezéssel alakított; a Szilágyi-völgy lankás lejtőjén a sík felszín kialakítása céljából több méter vastag feltöltéssel emelték síkba a tetőfelszínt.

A csapadékvizek elvezetése a tároló telephelyen szervezett, rendezett.

A lejtőkategóriák és a lejtősődés vizsgálata

A modern dinamikus geomorfológia a felszíni formákat genetikailag csoportosítja és ennek keretében analitikusan foglalkozik azok kialakulásával és fejlődésével. Az egyes felszíni formákat azonban úgy is felfoghatjuk, mint különböző típusú, genezisű lejtőket, amelyeket a kutatás célirányos voltának megfelelően kategorizálunk és analizálunk (PÉCSI M. 1991).

A terület felszabdaltságának következtében a lejtősödés igen jelentős, a lejtőkiterjedések és a reliefenergia viszonyok változatosak. Emiatt a domborzati paraméterek különböző sajátosságainak területi vizsgálata részben elméleti, részben pedig gyakorlati szempontból fontos, befolyásolnak néhány jelenkori felszínformáló folyamatot és említésre méltó mikro- és makro-geomorfológiai módosulásokat okoznak (pl. talajerózió, földcsuszamlás). A domborzati elemek e néhány sajátosságának térbeli elterjedése a legszorosabb kapcsolatban lehet a pleisztocén kori tektonikai mozgásokkal.

A Szilágyi-patak és a Némédi-patak által határolt területen a lejtős felszínek kiterjedése változatos, ezért a lejtőviszonyok fölmérését 1:10 000 ma.-ban végeztük el. A lejtőkategóriáknál a talajeróziós számítások gyakorlatában használt %-os beosztást alkalmaztuk (100% = 45°-os lejtőszögnek felel meg).

0–5% közötti lejtősödési értékek a tetőhelyzetű felszínek peremein és a keskeny lejtős völgytalpakon, valamint a meredek lejtőszakaszok peremein általában keskeny, néhol kivastagodó sávban kísérik a domborzatformákat. A Némédi-patak jobb oldali lejtője lankás, hosszán elnyúló lejtőszakasza is ebbe a kategóriába tartozik.

12–17% közötti értékek a lejtős völgyközi hátakon és völgyoldalakon találhatóak. A nagy kiterjedésű lejtőpihenőket kísérik, szántóföldi művelésben vannak.

17–25%-os lejtőtartományokat erdős területek, valamint parlag területek jellemzik. A Némédi-patak bal oldali lejtőszakaszainak jellemző lejtősödése.

25–35% közötti értékek a Némédi-patak alsó szakaszát jellemzik a telephely alatti gerinc peremén; ebbe a szakaszba vágódnak be a deráziós völgyek és vízmosások, felszínüket erdő borítja.

35% feletti lejtősödések kis foltokban találhatóak, felszínüket lankás erdőtakaró védi az eróziótól. Igen érzékeny, lösszel fedett területek. Felszínrészeiken vízmosásos folyamatok és tömegmozgásos csuszamlásos folyamatok végbemehetnek.

A lejtőkategória térkép hajlásszögeinek mértékéből számítani lehet területegységben vagy hosszegységben bekövetkező reliefenergia változásokat, vizsgálni lehet a lejtők alakját, típusát, közvetlenül mérhetők a lejtőhosszak. A lejtők hosszának változása, növekedése, csökkenése, a talajeróziós folyamatok, a felületi, barázdás, árkos és szakadékos erózió lehetőségeinek kialakulását prognosztizálják a fedettség függvényében.

Az 1:10 000 m. a. lejtőkategória térképen a nagyfokú lejtősödés miatt az összes jellemző lejtőalak vizsgálható, amely közel egyenes vonalú, domború és homorú szakaszokból összetett lehet. Ezek megszabják az eróziós folyamatok lejtőalakítását, a pusztítás és felhalmozás helyi hatását.

Az erózió a közel egyenes vonalú lejtőn a középső és alsó harmadrészben rombolja a felszínt. A domború lejtőn a talaj a lejtő alsó harmadában erősen károsodik, viszont a felső harmadában változatlan marad, vagy csak kis mértékben pusztul. A középső szakaszban a kiterjedés fokától függően a lejtő inflexiós sávja felett igen kevésbé változik, alatta viszont a felszíni lepusztulás mértéke nő.

A homorú lejtős felszín, a felső és a középső szakasz inflexiós sávja felett a lejtőalak gyorsan változik, pusztul, az alsó harmadában viszont a ráhordás alakítja jelentősen a lejtőformát.

A vizsgált területen a rövid nagyfesű, hosszú egyenes vonalú, domború és homorú lejtőszakaszokból összetett lejtőformák egyaránt jelentős mértékben találhatóak, amelyeken az előbb említett felszínalakító folyamatok összetetten és szakaszosan, a lejtők mentén változóan jelentkeznek.

A lejtő alakitási vizsgálatából, valamint az azt borító lejtőüledékek tanulmányozása alapján következtetni lehet a lejtőt korábban alakító folyamatokra, de a várható további fejlődésre és a lejtőmozgásra is.

Ezek ismerete pedig mérnökgeomorfológiai szempontból a műtárgyak biztonságos tervezése miatt egyre nagyobb jelentőségűvé válik.

A lejtősődéseket a %-os kategorizálás keretében az erózióveszélyeztetettség típusai szerint is jellemeztük.

Az erdővel fedett felszíneken a lejtősődéstől függetlenül erózió nincs. A fedetlen mezőgazdasági művelésű vagy parlag területeken a különböző lejtőtartományokban a tapasztalatok szerint az erózió alább felsorolt típusai jellemzőek:

0–5% sík felszín, enyhe lejtők, az erózióveszélyeztetettség gyenge vagy nincs. Völgytalpi helyzetben viszont az akkumulációs folyamatok dominálnak,

5–12% erózióval gyengén vagy areális erózióval veszélyeztetett lejtők,

12–25% areális, barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők,

25–35% árkos, barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők,

> 35% árkos, vízmosásos erózióval veszélyeztetett meredek, felszabdalt lejtők.

Talajtani vizsgálatok

Az eróziós folyamatokat befolyásoló tényezők közül kétségtelenül egyik legfontosabb a talaj. A talaj részben közvetlenül, részben közvetve hat azokon a tulajdonságain keresztül, amelyek a felületi elfolyó vizek keletkezésében jutnak szerephez. Természetesen a közvetlen és közvetett hatás együtt, egy időben, sokszor egymást erősítve érvényesül.

A genetikai talajterképezést a RHFT közvetlen környezetében végeztük. A kutatás célja az volt, hogy olyan jellemző talajszelvényeket tárjunk fel a telephely 500 m-es körzetében a Némedi- és Szilágyi-patak közötti löszhát reprezentáns pontjain, amelyek referencia pontokként figyelembe vehetők az erózióérzékenység vizsgálatában és a későbbiekben is alapul szolgálhatnak a lepusztulás mértékének meghatározásában.

Az I., III. kutatóárokban vizsgált talajok genetikájuk szerint barna erdőtalajok (Ramann-féle barna erdőtalajok). A csernozjom barna erdőtalaj az RHFT-től D-re a völgyközi hát lealacsonyodó tetőszintjén található egy kis foltban. E talajfolt arra utal, hogy e területen az erdőhiány előbb volt, mint környezete többségében. Ezt bizonyítja a vizsgált terület határán található deráziós völgy kialakulása is.

Az ilyen típusú talaj szelvényében két talajképződési folyamat nyomai láthatók. Az egyik a kilúgozás, ami a talajtípust a barna erdőtalajokhoz kapcsolja és ami-

nek következménye a vasas agyagosodás, a másik az erőteljes humuszosodás, ami már a csernozjom talajok főtípusára jellemző. Vízgazdálkodásuk kedvező, mert a közepes vízáteresztő képességhez jó víztartó képesség társul. Szerkezeti állapotuk is kedvező, mert szerkezeti elemeik vízállóak.

A Némedi-patak felett a meredek lejtőszakaszokat földes kopárok vázталajai fedik (4. kép). A nagyfokú erózió miatt kialakult felszíneken a talajképződés folyamatát nem a mállékony anyaghiány vagy a kevés mállástermék elszállítása, hanem a felszín gyors és állandó lepusztulása akadályozza. A talajréteg humuszos szintje sekély, 10–25 cm között változik, vastagságát az egykori talajművelés során az eketalp mélysége és a szántás műveletei is befolyásolták.

A völgytalpak peremein és a völgytalpakon lejtőhordalék talajok jellemzőek.

A Szilágyi-patak völgytalpán, ahol időszakos vízborítások és a közeli talajvíz is hatással van a talajképződésre, réti talaj keletkezett. Itt a helyi jellemző talajképződési folyamatok mellett a közeli területekről lepusztuló talajok akkumulációs hatásával is számolni kell.

A barna erdőtalajok és a csernozjom barna erdőtalajok esetében a talaj- és kőzetviszonyok megszabják az erózió formáját és folyamatának fejlődését. A területen a felületi rétegerózió hatása a jellemző.

A talajszelvények és az I–IV. felszíni minták vizsgálatából kitűnik, hogy a talajok felszín közeli rétegeiből az erózió kezdeti ellenállásával szemben gyengébben ellenálló humuszos A szintek már jórészt lepusztultak. Ennek folyamán az agyagos, vízálló szerkezetű és ezért ellenálló B szintek kerültek a felszínre.

A II. kutatóárok vizsgálatából (5. kép) kitűnik, hogy a felszíni lepusztulás következtében a Szilágyi-patak mentén található lankás lejtőszakaszokon a fosszilis talajok is felszínközelsébe kerültek és néhány helyen mezőgazdasági művelésben is hasznosulnak.

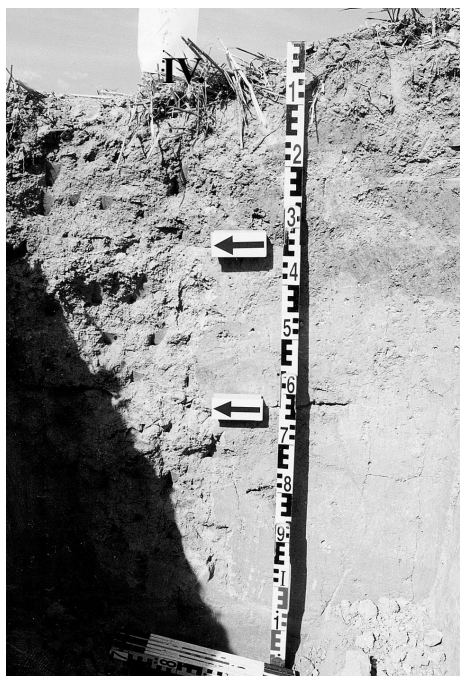
Amikor a talajpusztulás a talajszinteket, tehát a felhalmozódási szint maradványait és a talajképző kőzetet – adott esetben a löszet – is elhordja, anyagát károsítja, az erózió üteme hirtelen felgyorsul. Ezt figyelembe véve az RHFT közvetlen környezetében a Némedi-patak felőli meredek lejtőszakaszok, rét hasznosítású területek mezőgazdasági művelésbe vonása esetén az erózió hirtelen megnövekedése várható.

A talajpusztulás

A számításokat WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. talajveszteségi egyenlete és ennek továbbfejlesztett számítógépes változata, az EPIC modell felhasználásával dolgoztuk fel.

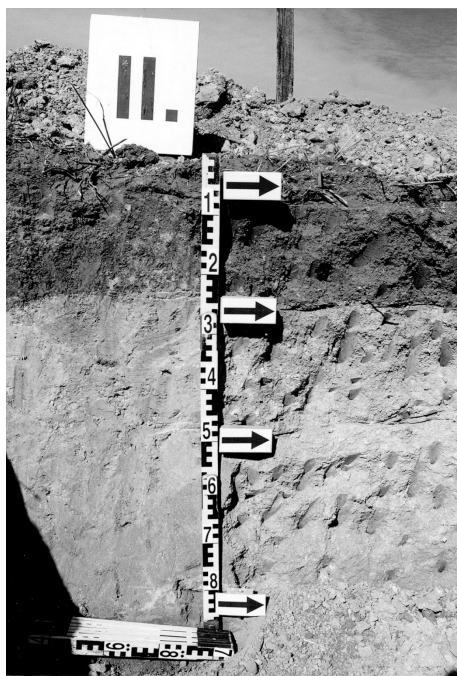
A két változatban történt számítások szemléletesebb képet adnak az RHFT környezetének eróziós állapotáról.

A talajpusztulási térképet számítógépes feldolgozásban több variációban készítettük.



4. kép. Erősen erodált földeskopár talajszelvény a IV. sz. kutatóárokban, a Némedi-patak meredek völgylejtőjén, az RHFT alatt

Heavily eroded profile of earthy barren soil from exploration trench IV in the valley of Némedi Stream downslope the RHFT



5. kép. A II. sz. kutatóárokban feltárt fosszilis talaj a felszínen a Szilágyi-patak völgyoldalának az RHFT alatti lejtőjén

Fossil soil exposed in exploration trench II of the valley side of Szilágyi Stream downslope the RHFT

Szerkesztésénél tematikus térképeket, valamint az FKI-ban található meteorológiai adatbázist, talajvizsgálati eredményeket használtunk fel, amelyek szorosan kapcsolódnak az intézetben jelenleg is folytatódó termőhely kutatásokhoz.

A Némedi-patak és a Szilágyi-patak között vizsgált löszháton található telepely környezetében a völgyoldalakon aszimmetrikus a lejtősődés.

A vízfolyások bal oldalain meredek lejtőszakaszok, míg jobb oldalain lankás hosszú lejtőszakaszok találhatóak. Így a Némedi-patak felé meredek lejtőket, a Szilágyi-patak oldalán lankás lejtőket vizsgáltunk az RHFT 500 m-es környezetében.

A terület nagy része mezőgazdasági hasznosítású és a Zöldmező Kft. tulajdonában van. Kisebb erdőfoltok a Némedi-patak meredek lejtőszakaszain találhatóak. Rét és parlag területek is előfordulnak az RHFT-től Ny-ra, ahol a szántó és jelenleg műveletlen területek telekkönyvi nagysága 30 ha.

Az 500 m-es körzetben vizsgált terület Szilágyi-patak felőli lejtői egy 85 ha-os nagytábla és egy 95 ha-os homogén hasznosítású nagytábla részei. Püspökszilágy területe alatt pedig zártkerti művelésű felszínnek találhatóak.

Kisnémedi és Püspökszilágy tágabb környezetében hosszú meteorológiai adat-sorok alapján a talajerózióra jellemző „R” esőtényező átlagos értéke ombográffal történő mérések ismeretében (az EI) 130 t/ha/év.

Püspökszilágyon a Zöldmező Kft. területén található mérőállomás havi csapadékösszleteinek relatív gyakoriság vizsgálatából kitűnik, hogy a csapadékmaximumok (június 57,7 mm, hat éves átlag havi közepe), ill. októberben megmutatkozó másodmaximumok (48,8 mm, hat éves átlag havi közepe) idején várható nagyobb mértékű talajpusztulás, elsősorban a vegetáció nélküli fedetlen felszíneken.

Meg kell említenünk, hogy az itt mért átlagok 30 mm-rel eltérnek az országos átlagoktól.

A kutatási területen vizsgált földes kopár talajokra a talajeródálhatósági tényező, $K = 0,33-0,35$, a csernozjom barna erdőtalajokra $K = 0,35-0,37$, a Ramann-féle barna erdőtalajokra $K = 0,38-0,4$ viszonylag magas értékei a jellemzőek.

A vizsgált területre jellemző lejtőszakaszok és művelt területek eróziós pusztulását az általános talajveszteségi egyenlettel, $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ (t/ha/év) számítottuk. A számított értékeket a jellemző lejtőszakaszok és művelt területek eróziós pusztulását táblázatokban foglaltuk össze (1. táblázat).

Az eredménytáblázatokban közölt számítások az ugar területekre, valamint a mezőgazdasági táblákra érvényesek.

A talajpusztulás menete a területen bonyolult és összetett folyamat, a természeti tényezők paraméterei alapján számított lepusztulási értékek a legmagasabbak.

A 0–60,0 t/ha/év értékek között az erózió veszélye gyenge, 60,1–150,0 t/ha/év esetén közepes az erózió veszélye, 150,0 t/ha/év felett pedig magas.

A vizsgált területeken az erózió kicsi a löszháton az RHFT alatt és felett, gyenge a Szilágyi-patak felőli oldalon és közepes a 12%-nál meredekebb lejtőkön. Nagy az erózió veszélye a Némedi-patak meredek völgyoldalában, a középső részeken. Ebből következik, hogy az alluviális völgytalpakon az akkumulációból eredő károsodások veszélye áll fenn.

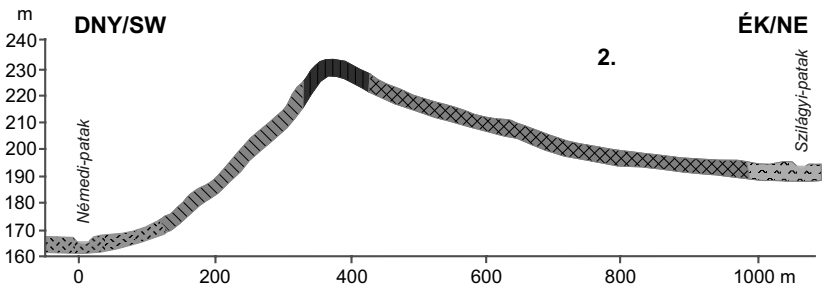
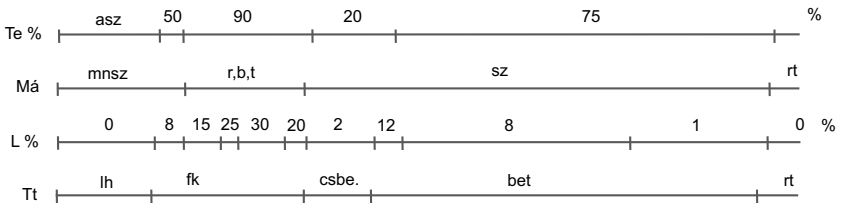
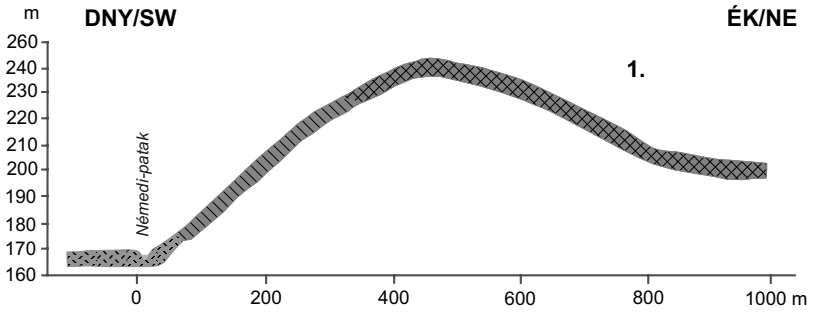
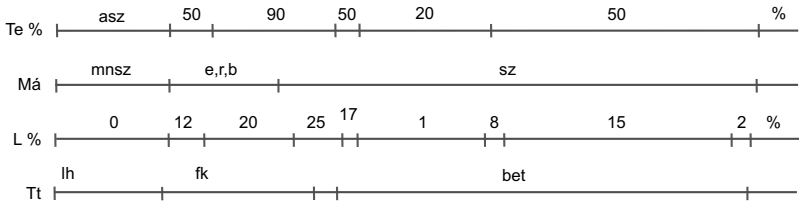
Az eredmények foltszerű értékek, fontos információt adnak a hasznosítás jelenlegi fázisában, hogy az adott helyen milyen lepusztulás várható, de mélyebb területi következtetéseket sem az időtartam, sem a módszer miatt nem lehet megállapítani. A területen ezért az RHFT környezetében célszerű lenne egy vagy több eróziós mintakertet telepíteni.

Az erózió mértékének jellemzésére a területen két katéna-szelvényt jelöltünk ki (5. ábra). A szelvények nyomvonalában árkolással és sekélyfúrásokkal több helyen meghatároztuk a talajok vastagságát, ezek értékét a völgyközi hát felszínén vizsgált kutatógödrökben feltárt talajok vastagságához hasonlítottuk. Ez az érték jelzi, hogy az „eredeti” völgyközi háton előforduló talajvastagsághoz képest hány %-ban erodált a szelvény nyomvonalában vizsgált talaj.

Nem erodált talajok a genetikailag jól megállapítható rétegvastagságú, „A” szintjükben sértetlen, vagyis teljesen ép talajszelvények, amelyekben eróziós hatás nem észlelhető, lepusztulás: 0%; ilyen a területen nem található.

1. táblázat. A lepusztulás mértékének számítása természeti tényezők alapján

Lejtőhajlás %	R esőtényező	K erod. tényező	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	Lepusztulás mm/év
			20 m	t/ha/év	30 m	t/ha/év	40 m	t/ha/év	50 m	t/ha/év	80 m	t/ha/év	100 m	t/ha/év	A t/ha/év	J g/cm ³			
0-5	130	0,34	0,44	19,5	0,53	23,4	0,62	27,4	0,69	30,5	0,88	38,9	0,98	43,3					
5-12	130	0,34	1,47	65,0	1,79	79,1	2,09	92,4	2,32	102,5	2,94	129,9	3,30	145,9					
12-25	130	0,34	2,58	114,0	3,15	139,2	3,67	162,2	4,08	180,3	5,17	228,5	5,97	255,9					
25-	130	0,34	5,01	221,4	6,15	271,8	7,14	315,6	7,93	350,5	10,40	459,7	11,26	497,7					
0-5	130	0,36	0,44	20,6	0,53	24,8	0,62	29,0	0,69	32,3	0,88	41,2	0,98	45,9					
5-12	130	0,36	1,47	68,8	1,79	83,8	2,09	97,8	2,32	108,6	2,94	137,6	3,30	154,4					
12-25	130	0,36	2,58	120,7	3,15	147,4	3,67	171,8	4,08	190,9	5,17	242,0	5,97	271,0					
25-	130	0,36	5,01	234,4	6,15	287,8	7,14	334,1	7,93	371,1	10,40	486,7	11,26	527,0					
0-5	130	0,39	0,44	22,3	0,53	26,9	0,62	26,9	0,69	35,0	0,88	44,6	0,98	49,7					
5-12	130	0,39	1,47	74,5	1,79	90,7	2,09	106,0	2,32	117,6	2,94	149,1	3,30	167,3					
12-25	130	0,39	2,58	130,8	3,15	159,7	3,67	186,1	4,08	206,9	5,17	262,1	5,97	293,6					
25-	130	0,39	5,01	254,0	6,15	311,8	7,14	362,0	7,93	402,1	10,40	527,3	11,26	570,9					
Lejtőhajlás %	R esőtényező	K erod. tényező	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	LS	A	Lepusztulás mm/év
			150 m	t/ha/év	200 m	t/ha/év	250 m	t/ha/év	300 m	t/ha/év	A t/ha/év	J g/cm ³							
0-5	130	0,34	1,20	53,0	1,38	61,0	1,54	68,1	1,69	74,7	44,00	1,5	2,9						
5-12	130	0,34	4,05	179,0	4,66	206,0	5,20	229,8	5,70	251,9	148,20	1,6	9,3						
12-25	130	0,34	7,09	313,4	8,18	361,6	9,13	403,5	10,00	442,0	260,10	1,7	15,3						
25-	130	0,34	13,80	610,0	15,91	703,2	17,75	784,6	19,45	859,7	507,40	1,8	28,2						
0-5	130	0,36	1,20	56,2	1,38	64,6	1,54	72,1	1,69	79,1	46,30	1,5	3,1						
5-12	130	0,36	4,05	189,5	4,66	218,1	5,20	243,4	5,70	266,8	155,80	1,6	9,7						
12-25	130	0,36	7,09	331,8	8,18	382,8	9,13	427,3	10,00	468,0	257,40	1,7	16,2						
25-	130	0,36	13,80	645,8	15,91	744,6	17,75	830,7	19,45	910,3	533,60	1,8	29,6						
0-5	130	0,39	1,20	60,8	1,38	60,8	1,54	78,1	1,69	85,7	48,70	1,5	3,2						
5-12	130	0,39	4,05	205,3	4,66	205,3	5,20	263,6	5,70	289,0	165,70	1,6	100,4						
12-25	130	0,39	7,09	359,5	8,18	414,7	9,13	462,9	10,00	507,0	298,30	1,7	17,5						
25-	130	0,39	13,80	699,7	15,91	699,7	17,75	899,9	19,45	986,1	567,30	1,8	31,5						



5. ábra. Katéna keresztmetszelvények az RHFT-től É-ra (1. szelvény) és D-re (2. szelvény). (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1999). – Te = Talajerosió; asz = akkumulációs szint; Má = Művelési ág; mnsz = műveletlen szántó; e,r,b = erdő, rét, bokorerdő; sz = szántó; L = Lejtő; Tt = Talajtípus; lh = lejtőhordalék; fk = földes kopár; bet = barna erdőtalaj; csbe = csernozjom barna erdőtalaj; rt = réti talaj

Catena cross profiles north of RHFT (Profile 1) and south of it (Profile 2) (Compiled by BALOGH, J. and SCHWEITZER, F. 1999). – Te = soil erosion; asz = level of accumulation; Má = line of cultivation; mnsz = uncultivated ploughland; e,r,b = woodland, meadow, shrub; sz = ploughland; L = slope; Tt = type of soil; lh = slope debris; fk = earthy barren; bet = brown forest soil; csbe = chernozem brown forest soil; rt = meadow soil

Gyengén erodált talajok: az „A” szintnek csak egy része hiányzik, az erózió mértéke még nem érte el a „B” szintet. Az „A” és „B” szint összesített vastagságának csak 0–25% közötti rétegét pusztította le az erózió (5. ábra, 2. szelvény).

Közepesen erodált talajok: az „A” szint teljesen lepusztult és a „B” szint már a felszínen található. Az „A” + „B” szint összegének kb. 25–75% közötti vastagságú rétege pusztult le (5. ábra, 1. szelvény).

Erősen erodált talajok: a „B” szint is csaknem teljesen lepusztult és a talajfelszín anyagát lényegében már az alapkőzet képviseli. A lepusztulás mértéke 75–100% közötti; ide sorolhatók az antropogén humuszkarbonát talajok is (5. ábra, 1–2. szelvény).

A szelvényekről az erózió mértéke mellett leolvashatók a nyomvonalban található genetikai talajtípusok, a művelési ágak, a lejtőszakasz általános lejtése %-ban. A reliefenergia viszonyok és a domborzat szemléletessé tételére a szelvényeket 2,5-szeres magassági torzítással ábrázoltuk. A szelvények helyei a geomorfológiai térképről olvashatók le.

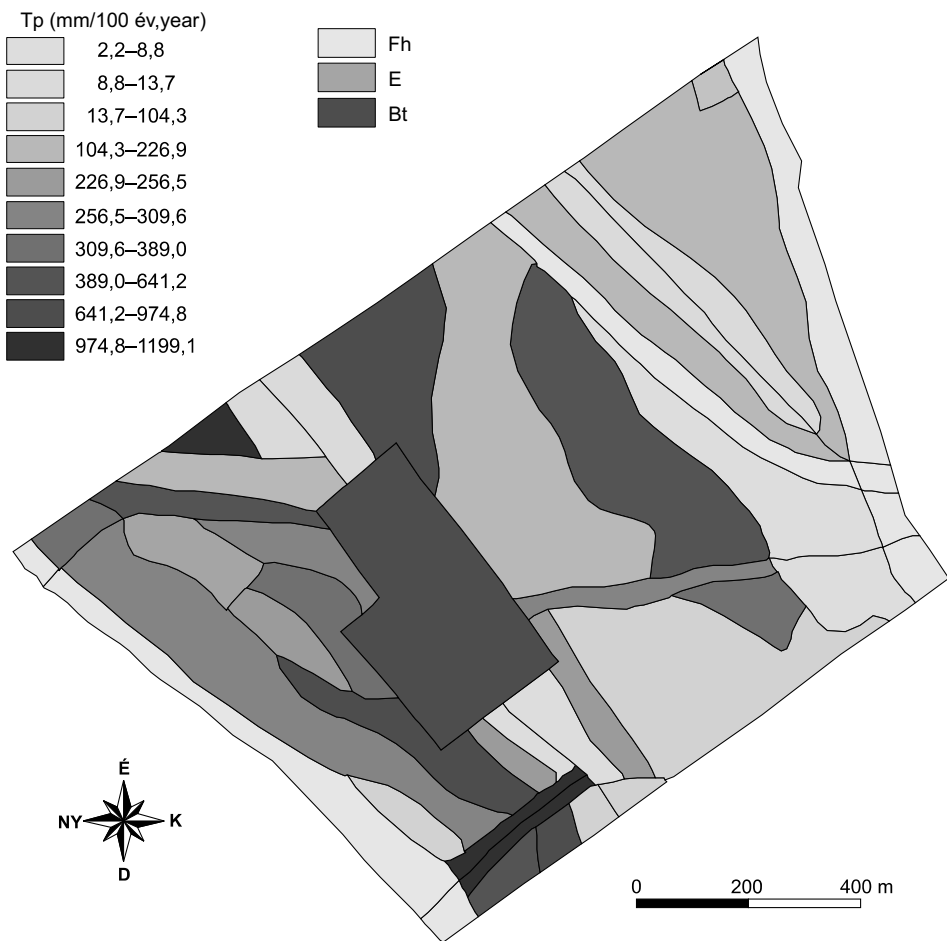
A talajpusztulás történeti távlatokban bekövetkező prognosztizálását EPIC modell alkalmazásával végeztük. Az előzetesen lehatárolt részvízgyűjtőket a terület genetikai talajtípus térképe alapján homogén talajtulajdonságú területekre, ún. erotópokra osztottuk. RICHTER, G. et al. (1995) szerint az erotóp olyan terület egység, amelyen a lefolyás iránya állandó, ugyanakkor az erotópon belül nincs irányított vízösszegyűjtés (völgy, delle). Határát a görbületi vonalak (dombhát-szerű és völgybevágás-szerű vonalak), a völgyek és dellék, továbbá az állandó vegetációjú területek (pl. erdő) határai adják meg. Ezen kritériumok szerinti tagolás alapján 34 erotópot különítettünk el, amelyeken Ramann-féle barna erdőtalaj, csernozjom barna erdőtalaj, valamint földes kopár talajok találhatóak. A kijelölt mintaterületen előforduló lejtőhordalék és réti talajok a felhalmozódási zónában képződtek, így kimaradtak az erózióveszélyeztettség vizsgálatból.

Az általános adatok közül az egyes erotópok topográfiai adatait (terület, átlagos lejtőhossz és meredekség) az 1:10 000 méretarányú szintvonalas térképről nyertük.

A több lehetőség közül a talajvesztés kiszámítására az Általános Talajvesztés Becslési Egyenlet módosított változatát, a MUSLE-egyenletet választottuk. A MUSLE annyiban tér el a hagyományos WISCHMEIER–SMITH-formulától (USLE), hogy az esőenergia-faktor helyett a lefolyást jellemző változók kerülnek az egyenletbe. Ezáltal megnövekedett az előrejelzés pontossága, szükségtelessé vált a lepusztulási arányszám (ami az USLE hordalékhozam-becsléséhez kell), valamint az egyenlet alkalmazhatóvá vált az egyedi csapadékeseményekhez kapcsolódó hordalékhozam-számításokhoz.

Az adatbázis *időjárás*i paramétereit a püspökszilágyi RHFT területén található csapadékmérő adatai, valamint az EPIC-modell beépített WXGEN időjárás-generátora által számított havi átlagértékek alapján készült generált, szintetikus időjárás paraméterek szolgáltatták (HUSZÁR T.–BALOGH J. et al. 2003).

A mechanikai összetétel és a humusztartalom jelentősen befolyásolja az erózió mértékét. Minimálisan a talajok C szintjéig mélyült talajszelvények és fúrások laboreredményeit az erotópokhoz tartozó talajtípus, lejtőmeredekség és kitétség tulajdonságok alapján extrapoláltuk. Ezek adták az alapot az erotópok EPIC-talajparamétereinek meghatározásához, amelyek talajrétegenként az alábbiak voltak: talajfelszín



6. ábra. Az erodálódott talajréteg vastagsága szántóföldi gazdálkodás esetén (100 éves szimulációs) (Szerk.: BALOGH J.–HUSZÁR T. 1999) – Fh = felhalmozódás; E = erdő; Bt = beépített terület; Tp = talajpusztulás

Thickness of eroded soil cover estimated for a 100 years period in case of cropland cultivation. (Compiled by BALOGH, J. and HUSZÁR, T. 1999) – Fh = accumulation; E = woodland; Bt = built-up area; Tp = soil erosion

albedója, homok- és iszapfrakció részaránya, pH, szerveszén- és CaCO_3 -tartalom, térfogattömeg, hervadáspont, vízkapacitás, CN2 „runoff curve number”a felszíni lefolyás becslésére.

A földhasznosításra vonatkozó input-paraméterek meghatározásakor két szélsőséges esetet vettünk figyelembe.

Természetesen a privatizáció óta a mezőgazdaság jelenlegi helyzetében, az egész területre kiterjedő, ideális vetésgörögöl nem lehet beszélni, ezért az egységes

és ezáltal az erózió szempontjából jobban összevethető talajgazdálkodás figyelembevétele mellett döntöttünk: kukorica → búza → tavaszi árpa → repce → búza vetésforgó. A generált időjárás adatssal történő futtatáskor, a 600 éves talajeróziós prognózis elkészítéséhez a szántóföldi művelésen kívül a rét-legelő gazdálkodással történő földhasznosítási körülményeket is szimuláltuk. A mezőgazdasági művelésre, az alkalmazott vetésforgóra és a terméseredményekre vonatkozó információkat a földet a tulajdonosoktól bérlő, nagyüzemi gazdálkodást folytató gazdaságtól szereztük be. Az alkalmazott vetésforgó és az agrotechnológiai eljárások ezért egységesnek tekinthetők. A növények ökológiai igényére és élettani tulajdonságaira, valamint művelési ágakra vonatkozó paramétereket igyekeztünk a magyarországi, ill. helyi sajátosságokhoz igazítani, amiben szakavatott agrármérnök kollégák voltak segítségünkre. A valós terméseredmények szintén ismeretesek voltak.

A modellel 100 éves szántóföldi és 1000 éves legelő földhasznosítási viszonyokat is szimuláltunk, s az így kapott output-paramétereket a már elkészült Földrajzi Információs Rendszerbe vittük át. Ezáltal a 34 erotóphoz, ill. a fentebb felsorolt EPIC output-paraméterek mellé az alábbi attribútumok váltak hozzárendelhetővé: terület, átlagos lejtőhossz, átlagos lejtőmeredekség, átlagos magasság, talajtípus. Az így tárolt adatok térben ábrázolhatóvá és tetszőleges szempontok alapján lekérdezhetővé váltak.

A 6. ábrán látható talajpusztulás-értékek az erodált talajrétegnek a MUSLE-egyenlet alapján becsült vastagságát ábrázolják mm-ben kifejezve.

A szántóföldi művelés szimulációja azt mutatja, hogy a 100. év végén keletkezett lepusztulásértékek lényegesen nagyobbak, mint a rét-legelő földhasznosítás alapján kapott eredmények. Szélsőséges esetben az erodált talajréteg vastagsága meghaladhatja a 100 cm-t. Legelőgazdálkodás esetén ezzel szemben még a 1000. év végén várható erodálódott talajréteg-vastagságok sem haladják meg az 7,2 cm-t. Az erodáltság mértékét térben vizsgálva feltűnően hasonló mozaikosságot figyelhetünk meg mindkét szimuláció ábrázolásakor. A tetőszintek erotópjain a lepusztult talajréteg vastagsága minimális. A Szilágyi-patakhoz tartozó részvízgyűjtő lejtőinek erotópjai közepes lepusztulási értékeket mutatnak, míg a mintaterület Ny-i lejtőjének meredekebb szakaszain lehatárolt erotópokat kiugróan magas eróziós adatok jellemzik.

Mivel az alacsony eróziós rátájú területeken a talajpusztulás hatása a terméseredményekben esetleg csak hosszú idő után jelenik meg, a modellt eredetileg több száz éves szimulációk futtatására fejlesztették ki (WILLIAMS, J. R. et al. 1990). Megállapítható, hogy a gyepvegetáció magas borítottság értékei miatt az erózió hosszabb távon sem ölt jelentős méreteket, ezért az erózióveszélyeztetettség szempontjából ideálisnak tűnik. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a modell 1000 évre történő futtatásakor az időjárás adatokat az esetleges klímaváltozás figyelmen kívül hagyásával, a jelen éghajlati viszonyok alapján számított havi átlagértékek alapján generáltuk.

A rendelkezésre álló adatbázis lekérdezése lehetőséget adott az erózióknak a talajtípus és a lejtőmeredekség alapján történő vizsgálatára. A mintaterületen található talajtípusok alapján táblázatban csoportosítottuk az erotópokat, bemutatva azok domborzati adatait, lefolyás- és lepusztulásértékeit. A legalacsonyabb lepusztulásértékek

a terület legkisebb részét (0,7 ha) kitevő, legmagasabb helyzetben levő, ill. a rendkívül gyenge lejtésű és rövid lejtőhosszal jellemezhető térszínnek csernozjom barna erdőtalajain mutatkoztak.

A területen előforduló csernozjom barna erdőtalajok közepes meredekségű és jóval rövidebb lejtőkön fordulnak elő. A vizsgált területen is jól megfigyelhető az az általános törvényszerűség, hogy az erózióval szembeni kezdeti ellenállás megmarad, mert a humuszos szintek ellenállóképessége a csernozjomokéhoz hasonló. Amint azonban ezeket a talajpusztulás eltávolította, a folyamat sebessége csökken. Ennek az az oka, hogy a felszínre kerülnek az agyagos, vízálló szerkezetű és ezért ellenálló felhalmozódási szintek, amelyek az eróziót lefékezik. Amint azonban a felületi rétegerózió a talajszinteket elhordja, vagyis a talajképző kőzet, a lösz kerül a felszínre, a pusztulás rohamosan felgyorsul.

A vasas, ásványi kolloidokkal összeragasztott szerkezeti elemek eróziós ellenállása jóval nagyobb, mint a szerves anyaggal kötött morzsáké, így mind a csepp-erózió, mind a felületi rétegerózió hatásának erősen ellenállnak. A morzsákon belüli pórustér kisebb ugyan az erdőtalajok morzsáiban, mint a csernozjomokéiban, de a pórusviszonyok az erodáltság szempontjából kedvezőbbek. A talajmorzsák sokkal nehezebben robbannak szét, kevésbé áznak el a vízben, tömörebbek, ezért nagyobb a térfogattömegük és a víz által nehezebben szállíthatók.

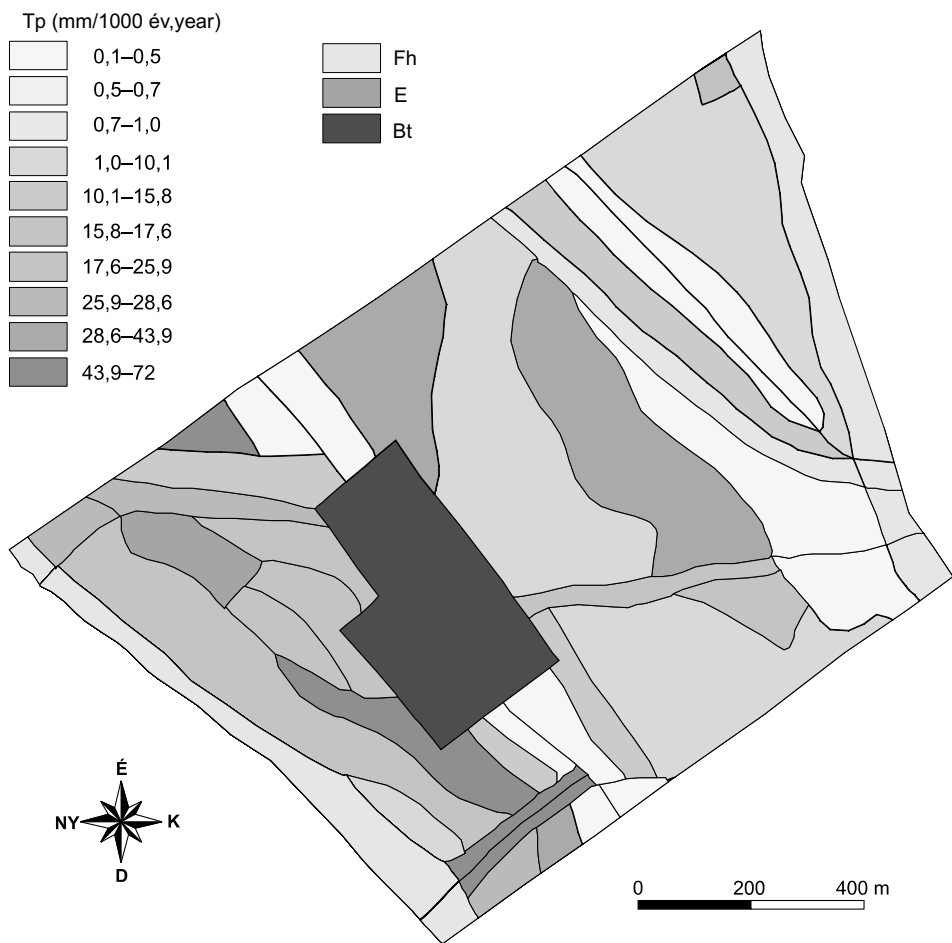
Az erdőtalajok felhalmozási szintjeiben kialakult talajszerkezet másik kedvező tulajdonsága, hogy mechanikai eszközökkel könnyebben állítható helyre, mint a csernozjom talajoké, amelyek morzsái csak biológiai hatásokkal regenerálhatók (STEFANOVITS P. 1992). A mintaterület csernozjom barna erdőtalajai mai állapotukban gyengén erodáltak, így az 1000 éves prognózis alapján a talajpusztulás nem mutat gyorsuló tendenciát.

A Ramann-féle barna erdőtalajok fedik a vizsgált terület túlnyomó részét. Itt az átlagban 210 m-es lejtőhossz viszonylag enyhe lejtőmeredekséggel párosul, így a 100. év végén, az erre a talajtípusra számított erodálódott talajréteg átlagos vastagsága (21,5 cm) közepesnek mondható.

A löszön képződött földes kopár talajokat a Némedi-patak vízgyűjtőjéhez tartozó erotópok képviselik. A meredek lejtés és a magas lefolyás értékek miatt az erózióveszélyeztettség szempontjából a mintaterület legkritikusabb részét itt találhatjuk. A szántóföldi művelés felhagyása lényegesen csökkentené a talajpusztulást, és elősegítené az erózióval szemben ellenállóbb antropogén humuszkarbonát kialakulását.

A talajpusztulás felszínalakító szerepe

Az eredményekből szerkesztettük a 7. ábrát, amely a geológiai kornak megfelelő. Természetesen az EPIC program nem számolhatott a globális meteorológiai változásokkal, a lehetséges tektonikával, a földhasználattal és sok más tényező véletlenszerű és kiszámíthatatlan hatásával.



7. ábra. Az erodálódott talajréteg vastagsága legelő gazdálkodás esetén (1000 éves szimuláció) (Szerk.: BALOGH J.–HUSZÁR T. 1999) – A jelmagyarázatot l. a 6. ábránál!

Thickness of eroded soil cover estimated for a 1000 years period in case of grassland cultivation. (Compiled by BALOGH, J. and HUSZÁR, T. 1999) – For the legend see Fig. 6.

A talajpusztulási folyamatok prognosztizálásánál szükséges ismerni a domborzat hatását a talajképződésre, valamint a talajok fejlődésének legfontosabb törvényszerűségeit.

A domborzati viszonyok szerepe a talajfejlődésben DOKUCSÁJEV szerint is a legfontosabb 5 talajképződési tényező közé tartozik (CSAPÓ M. J. 1958).

A geomorfológiai formák két fokozatát kell megkülönböztetni: a makroreliefet és a mikroreliefet.

Makroreliefen értjük a hegyeket, dombokat, völgyeket stb., mikroreliefen a sík területek (sokszor csak 2–3 cm-es) függőleges tagolódását (pl. szuffóziós mélyedések).

A dombvidékeken a DOKUCSÁJEV-i megközelítés nem mutat nagy különbségeket, nagy szintbeli eltéréseket. Így pl. a Gödöllői-dombságon is a morfológiai elemek mellett elsősorban az éghajlati körülmények, a növényzet és a földhasználat alakítja a jövőbeni talajfejlődés és pusztulás irányát és főleg ezek függőleges szinteződését.

A talajok kialakulásában döntő szerepet játszó természeti tényezők hatására alakultak ki a különböző talajokban fellépő és együttesen érvényesülő folyamatok. Ezeknek a talaj fejlődésére gyakorolt komplex hatásából általában azok építő jellegét lehet kiemelni. A természetes körülmények között lejátszódó folyamatok közül jó néhány egymással ellentétes irányban, mintegy ellentétpárokat képezve befolyásolja a talaj fejlődését. Mindezek eredőjeként jött létre, épült fel a talaj, annak összes adottságával, pl. genetikai szintjeinek felépítésével, fizikai és kémiai tulajdonságaival együtt. Természetes növénytakaró alatt a talajt érő építő és romboló jellegű külső hatások dinamikus egyensúlyi állapotot alakítanak ki. Ez az állapot egyben része az adott helyen érvényesülő természeti tényezők egyensúlyának, harmóniájának is. Az utóbbiak azonban külső hatásokra időnként jelentősen megváltoznak, felborulnak. A természet harmóniáját biztosító dinamikus egyensúlyi állapotok – a külső hatásokra időnként bekövetkező átmeneti jellegű, különleges tendenciájú változások után – az önszabályozás révén ismét helyreállnak. E dinamikus változások azonban alapvetően nem károsítják a talajt, egyebek között nem okoznak olyan mértékű eróziót sem, amely a talajképződés során nem regenerálódhatna. Ugyanis a talajképződés sebessége évszázadonként átlagosan 1–2 cm-re tehető, ami a talajok természetes megújulási folyamataiban jelentős szerepet játszik.

IRODALOM

- CSAPÓ M. J. 1958. Talajtan. – Földművelési Minisztérium, Bukarest, 623 p.
- HUSZÁR T.–BALOGH J.–DI GLERIA M.–JAKAB G.–SCHWEITZER F.–SZALAI Z. 2003. A talajeróziós vizsgálatok tapasztalatai. – In: SCHWEITZER F.–TINER T.–BÉRCI K. (szerk.): A püspökszilágyi RHFT környezet- és sugárbiztonsága. MTA FKI Bp., pp. 105–131.
- MAROSI S.–SOMOGYI S. 1990. (szerk.) Magyarország kistájainak katasztere I–II. – MTA FKI, Bp. 985 p.
- PÉCSI M. 1991. Geomorfológia és domborzatminősítés. – MTA FKI, Bp. 293 p.
- PÉCSI M. 1993. Negyedkor és löszkutatás. – Akad. Kiadó, Bp. 375 p.
- RICHTER, G.–KERTÉSZ, Á.–MÁRKUS, B. 1995. Assessment of soil erosion in a small watershed covered by loess. – *GeoJournal*, 36. 2/3. pp. 285–288.
- SCHWEITZER F.–BALOGH J.–SZALAI, Z.–KERESZTESI Z. 2003. Geomorfológiai sajátosságok domborzatminősítési eredmények. – In: SCHWEITZER F.–TINER T.–BÉRCI K. (szerk.): A püspökszilágyi RHFT környezet- és sugárbiztonsága. MTA FKI Bp., pp. 11–56.
- SCHWEITZER F.–TINER T. 1996. Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltételrendszere. – MTA FKI, Bp. 180 p.
- SIMON T. 1992. A magyarországi edényes flóra határozókönyve. – Tankönyvkiadó, Bp. 892 p.

- STEFANOVITS P. 1956. Magyarország talajai. – Akad. Kiadó, Bp. 246 p.
- STEFANOVITS P. 1992. Talajtan. – Mezőgazdasági Kiadó Bp. 380 p.
- URBANCSEK J. 1963, 1981. Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere I–XI. – OVH Vízgazdálkodási Intézet, Bp.
- WILLIAMS, J.R.–JONES, C.A.–DYKE, P.T. 1990. The EPIC model. – In: SHARPLEY, A.N.–WILLIAMS, J.R. (eds.): EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. USDA Tech. Bull. 1768. pp. 3–92.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1962. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. – *Comn. de l'erosion continentale, Coll. de Bari* 1.10–8.10.62. Publ. 59 de l'Ass. Int. d'Hydrol. Scient., Gent-Brugge, pp. 148–159.
- WISCHMEIER, W.H.–SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. – U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook, No. 537, Science and Education Administration USDA, Washington D.C., 58 p.