

VPLYV POĽNOHOSPODÁRSKEJ AKTIVITY NA RELIÉF NÍŽINNÝCH SPRAŠOVÝCH PAHORKATÍN (PREHĽAD DOTERAJŠÍCH VÝSKUMOV)

Anna Smetanová

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, e-mail: smetanovaa@fns.uniba.sk

Abstract: The paper review current knowledge on the Holocene morphogenesis of agricultural loessic hilly lands in the temperate zone of Europe. It summarizes the results of the recent studies on erosion and sediment fluxes since the Neolithic. The changes of land use and landscape structures and the development of agricultural practices are studied as the triggers of erosional processes. The role of tillage erosion is discussed. The need of further research and interdisciplinary co-operation between archeologist, soil scientists and geomorphologist is emphasized.

Key words: hilly lands, loess, agriculture, tillage erosion, erosion

1 ÚVOD

Človek v súvislosti s poľnohospodárskou výrobou premenil pôvodnú prírodnú krajinu na kultúrnu – poľnohospodársku. Tá sa vyznačuje v porovnaní s prírodnou viacerými špecifikami. V prvom rade sa líši charakterom, diverzitou, hustotou a trvaním vegetačného krytu. Najviac zastúpené sú monokultúry plodín s vegetačným cyklom kratším ako ročným, ktoré nepokrývajú pôdu počas celého roka, ale naopak tá je časť roka obnažená, a tým vystavená intenzívnejšiemu pôsobeniu geomorfologických procesov, a to najmä ronových (tzv. vodnej erózie) a eolických (tzv. veternej erózie). Zároveň je pôda narušovaná pri poľnohospodárskych aktivitách – orbe, sejbe, zbere úrody a pod. Pluh pri oraní pôdu obracia a posúva po svahu – dochádza k orbovej erózií (alebo tzv. erózií z orania – Stankoviánsky, 2001). Pri zbere niektorých plodín, ako napríklad repa, zemiaky, koreňová zelenina a pod., dochádza aj k odnosu pôdneho materiálu von z poľa (Poesen et al., 2001; Ruyschaert et al., 2004, 2008). Tieto geomorfologické procesy, spôsobené priamo uvedomelou činnosťou človeka, nazýva Stankoviánsky (2001) súhrnne poľnohospodárskymi proces-

mi. Ako ukazujú mnohé výskumy (Van Muysen et al., 1999; Van Oost et al., 2000; Lazúr, 2001; Rejman, 2006; Stankoviansky, 2008 a i.) sú v súčasnosti (najmä orbová erózia) najvýznamnejšími procesmi exomorfogenézy nížinnej poľnohospodárskej krajiny (Van Oost et al., 2005). Spolu s procesmi kompaktie a zhuťňovania pôd pod ťarchou poľnohospodárskych strojov, používaním hnojív, či ochranných prostriedkov vplývajúcich na chemické a fyzikálne vlastnosti pôd, prispieva erózia významne aj k degradácii pôd.

O pôsobení erózných procesov, môžeme uvažovať už od začiatkov poľnohospodárskej činnosti človeka. Prvotné odlesnenie krajiny umožnilo akceleráciu ronočných a eolických procesov (napr. Stankoviansky, 2008b). Postupné zdokonaľovanie orbových nástrojov, zintenzívňovanie a zefektívňovanie poľnohospodárskej výroby, rozširovanie obhospodarovanej plochy, viedlo k rozšíreniu priestorového zásahu pôsobiacich procesov a k zvýšeniu ich intenzity. Tá je a v minulosti bola ovplyvňovaná súborom rozličných environmentálnych (vrátane spoločenských a socio-ekonomických) faktorov, avšak najmä klimatickými zmenami a zmenami využitia krajiny, pričom viacero prác indikuje dominanciu druhého z nich (Bork et al., 1998; Dotterweich, 2008).

Cieľom príspevku je zhrnutie publikovaných poznatkov o vplyve človeka a zmien využitia krajiny na priebeh a geomorfologický efekt pôsobiacich procesov, so zreteľom na postavenie poľnohospodárskych procesov na formovaní reliéfu. Zameriame sa pritom na oblasti nížinných sprašových pahorkatín mierneho klimatického pásma prevažne strednej a západnej Európy, a to pre podobnosť ich pôdneho krytu, odolnosti kvartérneho pokryvu tvoriaceho pôdotvorný substrát, charakteristík reliéfu, klimatických podmienok, vývoja osídlenia a využitia krajiny k sprašovým pahorkatinám Podunajskej nížiny.

2 METÓDY

Analýza publikovaných prác, ich komparácia, chronologizácia a následná syntéza poznatkov boli základnými metodickými postupmi predkladanej práce. Vybrané boli práce z oblasti nížinných sprašových pahorkatín mierneho klimatického pásma prevažne strednej a západnej Európy a dostupnej literatúry z oblasti východnej Európy, so zreteľom na podobnosť k sprašovým pahorkatinám Podunajskej pahorkatiny, zaoberajúce sa zmenami reliéfu, či pôd vplyvom dlhodobého poľnohospodárstva. Posudzované boli vzhľadom na (i.) vyhodnotenie totálneho geomorfologického efektu v jednotlivých obdobiach a (ii.) vyhodnotenie vplyvu poľnohospodárskych procesov na exomorfogenézu. Pri hodnotení priebehu geomorfologických procesov v jednotlivých obdobiach sme vynechali veľkú skupinu prác skúmajúcich aktuálnu eróziu za použitia rôznych metód (pozorovania na experimentálnych plochách – aj viacročné, simulácie procesov, spracovanie leteckých či satelitných snímok, modelovanie a i.), keďže tento príspevok bol zameraný viac na dlhodobé trendy. Preto z obdobia po ostatných výrazných zmenách využitia krajiny (mechanizácia poľnohospodárstva a v postkomunistických krajinách aj scelovanie pozemkov v procese ko-

lektivizácie) boli uvedené len štúdie zohľadňujúce dlhšie obdobie – napr. cez datovanie rádionuklidu ^{137}Cs , prípade zmeny pôdnych typov v dlhšom pozorovacom období. Veličiny vyjadrujúce intenzitu erózie (t/ha/rok, Mg/km²/rok, mm/rok a i.) boli prevedené do jednotnej škály. Na prepočet bola využitá hodnota objemovej hmotnosti 1,3 g/cm³, ktorá aproximuje rozdiely objemovej hmotnosti medzi povrchovými (obyčajne 1,1 – 1,2 g/cm³) a hlbšie položenými (1,28 – 1,5 g/cm³ v závislosti od pôdneho typu) vrstvami pôdy.

2.1 Fyzicko-geografická charakteristika študovaného územia

Sprašové sedimenty pokrývajú rozsiahle nížinné či podhorské územia Európy viacerých krajín od Ruska, Ukrajiny, cez Bulharsko, Rumunsko, Maďarsko, Slovensko, Poľsko, Nemecko až po Belgicko a Francúzsko (Fink et al., 1977). Hoci charakter sedimentov a hrúbka sprašového pokryvu nie je všade rovnaká ich spoločným znakom je mierne zvlnený reliéf s relatívne malou vertikálnou členitosťou a úrodné pôdy (černozeme, hnedozeme, luvizeme a pseudogleje) s dlhou tradíciou poľnohospodárskeho využitia. Smerom od západu na východ sa zvyšuje kontinentalita klímy, znižuje sa množstvo zrážok a ich rozloženie počas roka je menej rovnomerné, zvyšuje sa ročná amplitúda teplôt a výpar. Pôdny režim sa tak mení od premyvneho až po úplne výparný režim pôdnej vlhkosti. Uvedené faktory ovplyvňujú hĺbku vyluhovania pôd a pôdotvorných substrátov – napr. v Belgicku zasahuje až do hĺbky 2 – 3,5 m (Rommens et al., 2005). Hraško (1964) kladie severozápadnú hranicu rozšírenia „mycelárne karbonátových černozemí ukrajinského typu“ (černozem modálna karbonátová) na územie Slovenska. Ďalej na západ prevažujú černozeme nekarbonátové, v zmysle Hraška vyluhované. Erodibilita jednotlivých pôdnych typov i subtypov je odlišná a zvyšuje sa v smere od černozemí k luvizemiam.

2.2 Historický vývoj využitia krajiny študovaného územia

Sprašové oblasti boli svojimi prírodnými podmienkami atraktívne pre poľnohospodárov už v najstarších obdobiach. Historický vývoj osídlenia a využitia krajiny väčšiny území zhŕňajú Notebaert a Verstraeten (2010) a Dotterweich (2008), ktorý sa venuje podrobnejšie vývoju v Nemecku. Na Slovensku je mapovanie najstaršieho osídlenia a jeho hmotnej kultúry predmetom mnohých archeologických prác, avšak len niektoré sa na problematiku ponímajú z viac archeo-environmentálnej, resp. geoarcheologickej perspektívy. Takými sú napríklad práce Ištoka a Ištoka (1998), Wiedermana (2003), Hajnalovej (2007), či Kopčekovej (2010). V neskorších obdobiach sa môžeme oprieť už o viaceré archeologické, historické či etnografické práce (Habovštiak, 1985; Demo, 2001; Borzová, 2005; Podolák, 2008 a i.), i keď ucelený prehľad o vývoji zmien využitia nížinnej poľnohospodárskej krajiny Slovenska zatiaľ chýba. Publikované štúdie však jednoznačne potvrdzujú šírenie sa poľnohospodárskych skupín obyvateľstva do sprašových oblastí v blízkosti riek, v našom území od konca mezolitu a začiatku neolitu. V súvislosti s historicko-spoľenskými udalosťami, zmenami klímy, epidémiami rôznych chorôb sú identifikované aj ďalšie obdobia intenzívnejšieho, či naopak menej intenzívneho využitia zeme. Av-

šak aj tie sa vyznačujú rozdielmi medzi jednotlivými regiónmi. Zatiaľčo napríklad poľnohospodárske využitie postupne narastalo a počas bronzovej doby a železnej doby si v Nemecku udržalo približne konštantný trend (Dotterweich, 2008), vo Francúzsku došlo v skorej a strednej bronzovej dobe k úpadku poľnohospodárskej výroby (Pastre et al., 2002 v Notebaert a Verstraeten, 2010). Podobné zníženie populácie v strednej bronzovej dobe popisuje z niektorých území Karpát aj Stan­koviansky (2008a). Naopak takmer na celom študovanom území narastajúci trend využitia krajiny dokumentujú citovaní autori v dobe železnej a rímskej, zatiaľ čo po rozpade rímskeho impéria dochádza k návratu lesa v rozsiahlych oblastiach Strednej Európy (Dotterweich, 2008). Na juhozápadnom Slovensku prebiehala hranica medzi rímskym impériom a barbarským územím osídleným Kvádmi, Germánmi a keltsko­dáckym obyvateľstvom usadeným na juhovýchode. Koncom rímskej doby začala postupná infiltrácia poľnohospodárskych kmeňov Slovanov a stabilizácia osídlenia bola zavŕšená v procese vyhraničovania chotárných hraníc v 11. – 13. stor. (Podolák, 2008). K zmenšovaniu obrábanej plochy v neskorších obdobiach dochádzalo v súvislosti s poklesom počtu obyvateľstva v dôsledku živelných pohrôm (napríklad povodeň v roku 1342 v Nemecku), epidémii (napríklad moru v Nemecku v rokoch 1348 – 1350, Dotterweich a Bork, 2007), povstaní či vojen (napríklad turecké vojny v Uhorsku). Tie však mohli viesť aj k dočasnému zvýšeniu počtu obyvateľstva v niektorých oblastiach, do ktorých migrovalo pred vojnou utekajúce obyvateľstvo (v prípade tureckých vojen, Bulhari, Srbi, Chorváti prichádzajúci na južné Slo­ven­sko; Podolák, 2008).

3 VÝSLEDKY

3.1 Pribeh erózn – akumulčných procesov v jednotlivých obdobiach a ich prejav v reliéfe

Vyššie spomínané relevantné geomorfologické procesy majú odlišný prejav v reliéfe. Zatiaľ čo plošná ronová a orbová erózia vedú obe k znižovaniu svahov, orbová spôsobuje zrezávaním konvexít a vyplňaním konkavít aj jeho zarovnávanie. Koncentrácia toku pri tvorbe stružiek alebo efemérnych výmoľov vedie k rýchlejšiemu odnosu na sklonitejšom reliéfe a v konečnom dôsledku k zvyšovaniu sklonu (Van Oost et al., 2000). Lineárna erózia spôsobuje vytváranie výmoľov nielen na prírodných (konkavitách) ale aj antropogénne podmienených prvkov krajiny (hrani­ce polí, poľné cesty a pod.). Dochádza k odnosu veľkého množstva materiálu a pri napojení výmoľov na riečny systém aj k jeho bezprostrednému odnosu. K akumulácií dochádza pri zmene rýchlosti toku (spôsobenej napríklad zmenou sklonu alebo drsnosti povrchu) a vytvára koluviálne telesá – pásy, alebo kužele, výplne suchých dolín, či pokryvy povodňových kalov v dolinách s dobre vyvinutou nivou (Stan­koviansky, 2003a). Na rozdiel od ronovej erózie, procesy orbovej erózie sú limitova­né hranicami polí k erózií dochádza pri v smere sklonu vyššie položenej, k akumulácií pri nižšie situovanej hranici. Ich priestorový efekt teda závisí od dĺžky trvania konkrétneho spôsobu využitia a stability krajinnej štruktúry. Intenzita orbových

procesov závisí naopak od sily orbového náradia a od využívaných agrotechnických postupov, ovplyvňujúcich napríklad početnosť orby, hĺbku orby, ako aj čas ponechania pôdy ladom.

Gemorfologický efekt v jednotlivých obdobiach závisí od intenzity uvažovaných procesov, ktorá podlieha priestorovej a časovej variabilite, pričom dochádza k redepozícii materiálu a nakladaniu erózných foriem (systémy výmoľov), čo sťažuje ich identifikáciu. Napriek tomu sú vo viacerých sprašových oblastiach (Belgicko, Nemecko) datované kolúviálne sedimenty a povodňové hliny vzniknuté počas erózných udalostí už v neolite (Dotterweich, 2008; Rommens et al., 2006). Ukladanie plytkých kolúvií na dne dolín pripúšťa aj Stankoviansky (2008b). Intenzita erózie však pravdepodobne v tomto období bola nízka (Fischer-Zujkov et al., 1999; Kalis et al., 2003; Dotterweich, 2008), hoci niektorí autori poukazujú na tvorbu výmoľov (Semmel, 1995; Schmidtchen a Bork, 2003; Rodzik, osobná konzultácia 2009). V bronzovej dobe dochádza k významnému nárastu plošnej (Lang, 2003; Rommens et al., 2005; Dotterweich, 2008) aj lineárnej erózie (Zgłobicki et al., 2003; Schmitt et al., 2004). Sedimenty erodované počas bronzovej doby, ako aj neskôr v železnej dobe ostávajú väčšinou uložené v kolúviách suchých dolín a nedosahujú do nív riek (Rommens et al., 2006). Priemernú intenzitu erózných procesov formujúcich svahy v plytkej suchej doline určujú Rommens et al. (2005) na $2,61 \cdot 10^{-3} \pm 1 \cdot 10^{-3}$ m/rok v železnej dobe a $4,15 \cdot 10^{-3} \pm 1,7 \cdot 10^{-3}$ m/rok v dobe rímskej. Lineárna erózia počas doby rímskej vyformovala v inej časti belgickej sprašovej oblasti mohutnú sieť výmoľov (Vanwalleghem et al., 2006). Jej vznik úzko súvisí s obrábaním pôdy na vyššie položennej plošine pokrytej sprašou. Na tej sa aj už od strednej bronzovej doby (1800 – 1100 pred Kr. do konca rímskeho obdobia cca 402 po Kr.), podobne ako v iných častiach Európy (JZ Nemecko – Baumewerd-Schmidt a Gerlach, 2001; Veľká Británia – Prince, 1961), ťažila táto vápnitá hornina pre účely poľnohospodárstva (Gillijns et al., 2005; Vanwalleghem et al., 2007). Dôkazom sú početné kruhové depresie, v ktorých došlo k totálnemu odneseniu 174 and 317 m³/ha materiálu v časovom rozpätí niekoľkých dekád až storočí (Vanwalleghem et al., 2007,). Výmolová erózia bola však v tomto období od neolitu celkovo menej častá (Dotterweich, 2008), hoci výmole podmienené zmenou využitia krajiny sa vyskytujú aj v severozápadnom Nemecku, juhozápadnom a juhovýchodnom Poľsku (Schmidtchen a Bork, 2003; Zygmunt, 2004; Schmitt et al., 2005). Bork et al. (1998, s. 219) uvádza v Nemecku priemernú eróziu $0,09 \cdot 10^{-3}$ m/rok v období od neolitu do konca rímskeho obdobia. V samotnom rímskom období bola intenzita erózie (na niektorých lokalitách) i vyššia do $4,69 \cdot 10^{-3}$ m/rok (Bork et al., 1998) a lokálne sa vyskytovali extrémne udalosti ako napríklad vo Friesen, kde došlo k odnosu 0,149 m pôdy počas jednej eróznej udalosti (Dotterweich, 2005). Išlo však skôr o zhodu využitia územia a výskytu extrémnych zrážkových udalostí (Dotterweich, 2008).

Z obdobia po rozpade rímskeho impéria sú vďaka zníženiu intenzity priebehu procesov v dôsledku zalesnenia prevažnej časti popisovaného územia (Lang, 2003; Dotterweich, 2008; Vanwalleghem, 2006 a.i.) erózne udalosti dokumentované len ojedinele (Dotterweich, 2008). Postupná stabilizácia osídlenia, príchod poľnohospodárskych kmeňov (ako napr. Slovanov – Schmidtchen a Bork, 2003) znamenal

zintenzívnenie erózných procesov, ktoré kulminovali v Nemecku v prvej polovici 14. stor. Hoci maximum erózie sa zhoduje s intenzívnymi zrážkovými udalosťami, je priebeh procesov v celom období stredoveku viac ovplyvňovaný rozsiahlym odlesnením a intenzívnym poľnohospodárskym využitím krajiny. Limitujúcim faktorom tak bola len náchylnosť krajiny na eróziu, ktorá je závislá práve od využitia krajiny (Bork a Lang, 2003). Túto skutočnosť potvrdzujú aj výskumy Stankovianskeho (2003b), ktorý z extrémnymi zrážkovými udalosťami spája aj zánik niektorých dedín v 14. stor. v Myjavskej pahorkatine (čiastočne tiež so sprašovým pokryvom). V Belgicku s oceánickým podnebí erózia dosahovala do $13,84 \cdot 10^{-3} \pm 1,7 \cdot 10^{-3}$ m/rok (Rommens et al., 2007), v sprašových oblastiach (Nemecko) bola až 0,037 m/rok (Bork et al., 1998, s. 223). V polovici 14. stor., keď v Nemecku došlo ku kulminácii erózných procesov boli priemerné hodnoty erózie na poľnohospodársky využívaných svahov $7,7 \cdot 10^{-3}$ až $61,5 \cdot 10^{-3}$ m/rok (Bork et al., 1998). Intenzívne zrážky (približne) 21. 7. 1342 (Bork et al., 1998) spôsobili nielen rozsiahle povodne, ale mali za následok zníženie počtu obyvateľstva, rozlohy poľnohospodársky využívanej pôdy, zalesňovanie a v neposlednom rade rýchlejší nástup morovej epidémie u zdecimovaného obyvateľstva (Dotterweich a Bork, 2007). Dotterweich (2008) uvádza celkové zníženie počtu erózných udalostí v nasledujúcom období až do polovice 18. storočia. Avšak Stankoviansky (2003b) do obdobia od 16. stor. do roku 1730 kladie jednu z dvoch hlavných fáz tvorby výmoľov v Myjavskej pahorkatine, kde sa kopaničiarske využitie krajiny zintenzívnilo práve v tomto období. Rommens et al. (2007) poukazujú na výrazný nárast prísunu sedimentu do riečnych systémov a jeho ukladanie na nivách riek. Od druhej polovice 18. stor. do polovice 19. stor. dochádza v súvislosti s vyššou frekvenciou a intenzitou extrémnych zrážkových udalostí k opätovnému nárastu erózie (Hard, 1970; Bork et al., 1998; Preston, 2001; Schmitt et al., 2003; Sidorchuk a Golosov, 2003; Stankoviansky, 2003b; Dotterweich, 2005; Stolz a Grunert, 2006; Schulz, 2007 a i.), zatiaľ čo v období približne do roku 1950 k jej zníženiu (Dotterweich, 2008) alebo len lokálnemu výskytu (Schmitt et al., 2003, 2005; Vanwalleghem et al., 2005). Od druhej polovice 20. stor., keď nastala všeobecná mechanizácia (a v územiach „Východného bloku“ aj kolektivizácia) poľnohospodárskej výroby, vodná erózia vzrástla vďaka zhutneniu pôdy (Dotterweich, 2008). Ešte viac sa však zintenzívnila erózia orbová, ktorá prevzala dominantnú rolu v procese exomorfogenézy (Van Oost et al., 2000). Rejman et al. (2005) uvádzajú v období za ostatných 170 rokov (približne od polovice 19. stor.) stratu 0,26 m pôdy (okolie Lublinu, Poľsko), čo predstavuje celkové zníženie výšky pôvodného povrchu približne 10 %. Na základe zmeny pôdnych typov pozorovanej v období 1955 – 1985 na Trnavskej pahorkatine (Jambor, 1992; Jambor a Zrubec, 1994) vyhodnocujú Šály a Midriak (1995) odnos 0,1 – 0,2 m, zatiaľ čo Juráni (Stankoviansky, 2008a), pripúšťa aj eróziu vyššiu. Obršlík (2004) pozoruje podobne zmenu pôdnych typov na Žďanickej pahorkatine (Česká Republika) medzi rokmi 1962 – 2003. Pre obdobie od 60-tých rokov 20. stor. Linkeš et al. (1992) zistili ročný odnos $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/rok (na lokalitách v Nitrianskej a Trnavskej pahorkatine). Fulajtár (2003, v Trnavskej pahorkatine) podobne na základe merania ^{137}Cs vypočítal hodnotu odnosu $1,33 - 2,74 \cdot 10^{-3}$ m/rok, pričom uvádza, že nižšia hodnota zodpovedá hodnotám aktuálnej erózie

meranej na erózných plochách v podobných podmienkach (Fulajtár a Janský, 2001). Vplyv lineárnej erózie je v pokolektivizačnom období menej výrazný – prejavuje sa v tvorbe efemérnych výmoľov, menej v tvorbe výmoľov na lineárnych prvkoch krajinej štruktúry (Stankoviansky, 2005, Myjavská pahorkatina). Na väčšine územia nížin je výmoľová sieť permanentných výmoľov 0 – 0,1 km/km², pričom lokálne sa ich hustota zvyšuje – v časti Ipeľskej pahorkatiny na 3 km/km² a viac (Bučko a Mazúrová, 1958).

Celkový efekt pôsobiacich procesov sa prejavuje znížením svahov (Rommens et al., 2005 – 2 m; Hempl in Zachar, 1970 s. 427 – 1 až 1,2 m; Janicki et al., 2002 – za 600 rokov až o 2,5 m; Van Muysen et al., 1999 – 2 až 3 m), ich splošťovaním (napr. Rommens et al., 2007 z 25 % na začiatku holocénu na menej ako 10 % dnes) a vyplňaním dien dolín (2 až 5 m – Rommens et al., 2007). Priemerná hodnota erózie (Rommens et al., 2005) je 0,4 – 0,52.10⁻³ m/rok za posledných 2500 rokov (Nodebais, Belgicko), či 1,10⁻³ m/rok (Houben, 2008). Verstraeten et al. (2009) uvádzajú, že približne 38 % erodovanej pôdy (prevažne z najstaršieho obdobia – doby bronzovej a rímskej) je uložená vo forme podsvahových kolúvií a výplní suchých dolín, 23 % je usadených na nive a zvyšok bol ďalej transportovaný do riek.

3.2 Vplyv poľnohospodárskych procesov na exomorfogenézu

Zintenzívňovanie využitia krajiny malo, ako už vyplýva z predchádzajúcej kapitoly, významný dosah na akceleráciu geomorfologických procesov pôsobiacich v poľnohospodárskej krajine. V jednotlivých obdobiach sa však nielen rozširovala obhospodarovaná plocha, ale menila sa aj jej vnútorná štruktúra, a tým aj hranice, v ktorých pôsobia geomorfologické procesy. Zároveň sa zdokonaľovali poľnohospodárske postupy a orbové nástroje, ktoré mali priamy vplyv na pôsobenie poľnohospodárskych procesov.

3.2.1 Vývoj krajinej štruktúry a systémov obrábania ako faktorov ovplyvňujúcich pôsobenie poľnohospodárskych procesov (so zreteľom na nížinné územie Slovenska)

Názory na štruktúru obrábanej krajiny a postupy využívané v najstarších obdobiach sa rôznia. Pôvodná predstava extenzívneho obrábania pôdy v neolite – systémom žiarového hospodárenia („slash & burn“, Childe, 1929 v Lorz a Saile, 2010) spočívala vo vypaľovaní rozsiahlych plôch a ich opustení po vyčerpaní pôdy. Od počiatku 70-tych rokov 20. stor. je konfrontovaná modelom permanentne obrábaných plôch (Modderman, 1971 a Kruk, 1973 oba v Bogaard, 2002; Boograd, 2002) a v súčasnosti je považovaná skôr za prekonanú (Lüning, 2000 v Lorz a Saile, 2010). Hajnalová (2007) spája prechod od každoročného „záhradkárskeho“ spôsobu obrábania polí v blízkosti obydľí, ku intenzívnejšiemu obrábaniu väčších a vzdialenejších plôch s využívaním ťažnej sily dobytky začiatkom eneolitu. Uvedomelá činnosť človeka sa dáva do súvislosti aj s genézou černoziem podobných pôd, nachádzajú sa v jamách v blízkosti neolitických obydľí v oblastiach dnes pokrytých plôškami hnedozemí, luvizemí alebo rôznymi formami degradovaných černoziemí

(Phaeozems) na rôznych substrátoch a v rôznych geomorfologických podmienkach (Gerlach et al., 2006; Eckmeier et al., 2007; Bezuglova et al., 2008; Lorz a Saile, 2010). Gerlach et al. (2006) ich pre vysoký obsah tmavého uhlíka (black carbon) spájajú s pravidelným využitím ohňa na stabilných poliach a Eckmeier et al. (2007) priamo s odlišným manažmentom na poliach v blízkosti týchto jám. Súvislosť vzniku černoziem podobných pôd s veľkoplošným antropogénne podmieneným vypaľovaním plôch odmietajú Lorz a Saile (2010). Lüning a Kalis (1992 v Lorz a Saile, 2010) identifikujú len malé, skôr izolované územia postihnuté vypálením, ktoré podľa Kreuz (2008 v Lorz a Saile, 2010) mohli byť človekom využívané po prirodzených požiaroch. Eckmeier et al. (2007) upozorňujú aj na dvojakú rolu obrábania v pedogenéze – na jednej strane mineralizáciu humusu a na druhej stimuláciu stepných podmienok v prostredí agrárnej stepi. Tá je aj hlavnou ideou zachovania černozemných pôd na Slovensku (Hraško, 1964). Wiedermann (2003) poukazuje na posun sídlisk jednotlivých pravekých a včasnostredovekých kultúr medzi černozemnou a hnedozemnou oblasťou v závislosti od prírodných podmienok Hornej Nitry, pričom uvádza, že išlo skôr iba o posun hraníc využívanej plochy, no využitie krajiny sa natoľko nemenilo. Postupná intenzifikácia viedla k vytvoreniu kultúrnej krajiny podobnej tej dnešnej, a to koncom doby bronzovej. Variabilita jej prvkov závisí pritom podľa citovaného autora počnúc dobou halštatskou od súhry klimatických, prípadne antropických vplyvov (str. 58). Intenzifikácia procesov pod vplyvom intenzívneho hospodárstva v rímskych provinciách (napr. Bork et al., 1998; Dotterweich, 2005; Rommens et al., 2005; Vanwallegehem et al., 2006), sa územia Slovenska pravdepodobne dotkla len okrajovo, hoci napríklad Kripel (1986) uvažuje o mohutnom výrube lesov súvisiaci s vývozom dreva do Ríma – podobne ako tomu bolo v Panónii. Infiltrácia germánskych kmeňov slovanským obyvateľstvom (od 5. stor.) priniesla zavedenie prielohového hospodárstva (Demo, 2001) pričom polia – často obrábané nepretržite, boli situované v blízkosti osady, pasienky a lesy ďalej od centra osídlenia (Habovštiak, 1985). V rannom stredoveku ešte dochádzalo k sťahovaniu dedín (v chotári jednej dnešnej obce nájdeme 5 – 7 polôh z rovnakého obdobia, Habovštiak, 1985, s.77), postupne sa dediny stabilizovali a v 11. – 13. stor. boli vyhraničené hranice chotárov, ktoré sa (Podolák, 2008) vo väčšine prípadov v nezmenenej podobe zachovali až do 20. stor. Pôvodný štvorcový tvar polí sa v tomto období v dôsledku zefektívnenia orby a absencie nutnosti priečnej orby (pri použití orných náradí s asymetrickými radlicami a/alebo krájadlami, ktoré čiastočne prevracajú pôdu na jednu stranu – Demo, 2001; Borzová, 2005) mení na obdĺžnikovitý, a tak sú dediny 13. stor. charakteristické presne vymedzenými hranicami, ulicami s plánovitým rozdelením plužíň, ktoré často naväzovali na usadlosti (tzv. lánové plužiny, Kuna et al., 2004). Boli tvorené v priemere 20 – 30 (často 10, zriedka 100) domami (Habovštiak, 1985), pričom na jednu usadlosť pripadalo minimálne 4 ha. To predstavovalo existenčné minimum v nížinných oblastiach. Za dobrú vybavenosť roľníka sa považuje 16 ha (Kučera, 1974), Danterová (2006) na Podunajskej nížine uvádza priemer 28 – 32 ha. Pôda chotára bola v stredoveku obrábaná spoločne, jednotným a pre celú dedinu záväzným osevným postupom, v dvoj alebo trojpoľnom systéme (Podolák, 2008). V hospodársky vyspelejších častiach (JZ) Slovenska sa už od 11.

stor. využíva aj systém trojpoľný, ktorý umožňuje zvýšenie osevnej plochy z 1/2 na 2/3 (Podolák, 2008). Ak pôda ostala ležať úhorom, orala sa 2 – 4 razy, pod jariny a oziminy sa oralo zvyčajne dva razy plytko (po žatve) a hlboko pred sejbou. Existujú však aj záznamy o troj- až štvornásobnej orbe na veľkostatkoch, a naopak o jedenej orbe u chudobných roľníkov. Kvalita orby sa všeobecne posudzovala podľa jej počtu, pričom roľníci vedeli, že „až tretia orba zničí burinu“ (Podolák, 2008, str. 284). V 18. a 19. storočí sa v južných oblastiach úhorovanie sa nahrádza pestovaním strukovín, zeleniny, krmovín alebo zemiakov, čím nastáva prechod k striedavému hospodáreniu. Začiatkom 20. stor. dochádza k spájaniu rozdrobených pozemkov, avšak až scelovanie pozemkov v procese kolektivizácie poľnohospodárstva od 50-tych rokov 20. stor. významne mení stáročia zachovávanú krajinnú štruktúru.

3.2.2 Vývoj orbového náradia ako činiteľa orbových procesov

Prvé známky využitia predchodcu pluhu v strednej Európe sú zachované z štvrtého tisícročia pred n. l. (Tegtmeier, 1993 v Notebaert a Verstraetern, 2010), hoci k rozšíreniu jeho využívania vo forme, ktorú poznáme z obdobia stredoveku, došlo až oveľa neskôr. Na základe súdobých archeologických nálezov (Borzová, 2005), je zrejmé, že ešte aj Slovania používali skôr rozličné typy symetrických i asymetrických radiel s krájadlami, i keď podľa niektorých autorov prevládala orba motykami (Podolák, 2008), či dobytkom ťahaným pluhom zloženým so železného asymetrického radla, krájadla a drevenej odvalovej dosky (Demo, 2001). Pluh postupne zatlačal do úzadia ostatné orbové náradia v závislosti od majetkových pomerov roľníkov (Podolák, 2008). Jeho odľahčovanie a zmenšovanie urýchlilo pohyb v pôde, zvýšilo výkon orby, zlepšilo rozdrobenie pôdy a ukladanie porastu z povrchu ornice na dno brázdy (Demo, 2001). Tým sa zvýšilo aj množstvo pôdnej hmoty posúvanej po svaahu pri oraní. Demo (2001) na základe rekonštrukcie orby s radlom i ľahkým pluhom slovanského typu uvádza orbu hlbokú 0,05 – 0,1 m, pre drevený pluh s kovovými súčiastkami – maximálnu hĺbku orby 0,1 m. V polovici 20. stor. Czyzyk (1951) skúmal intenzitu práce tradične využívaných koňmi ťahaných pluhov – pluhu pôdu obracajúceho na jednu alebo obe strany. Pri jednostrannom pluhu bola priemerná hĺbka orby bola 0,18 m pri rýchlosti 2,9 – 4 km/h. Od 18. stor. sa však hlavne na veľkostatkoch používajú kultivátory (na bránenie), smyky (na vyrovnávanie povrchu pôdy) a valce (na zatlačenie koreňového systému do pôdy), ku ktorým sa koncom 19. storočia pridávajú aj parné oračky. Postupný rozvoj, ktorý nastal po zrušení poddanstva, bol prerušený svetovými vojnami. V roku 1949 dosahovala rastlinná výroba len medzivojnové hodnoty (Demo, 2001). Obdobie po kolektivizácii poľnohospodárstva prinieslo použitie ťažkej poľnohospodárskej techniky s efektívnym orbovým náradím a intenzifikáciu poľnohospodárskej výroby všeobecne.

3.2.3 Vyhodnotenie vplyvu poľnohospodárskych procesov na exomorfogézu poľnohospodárskej krajiny

Hlavným činiteľom orbových procesov je orbové náradie. Analógie k vyhodnoteniu erózneho efektu jeho starších podôb poskytujú súčasné výskumy intenzity orbovej erózie v rozvojových krajinách s tradičným systémom hospodárenia. Napríklad Kimaro et al. (2005) uvádza pre plytké – v priemere 0,052 m hlboké obrábanie motykou, hodnotu odnosu 83,9 kg/m (pohorie Ulguru, Tanzania, sklon reliéfu 17° – 32°). Nyssen et al. (2000) skúmajúci erózne pôsobenie jednoduchého volom ťahaného pluhu (s priemernou hĺbkou orby 0,081 m, priemernou rýchlosťou orby 1,1 km/h) v Etiópskej vysočine (sklon reliéfu 1° a 7° – 25°), stanovil hodnotu koeficient transportu orbou na 68 kg/m, pričom pre svahy so sklonom 1° a 7° zistil 0,047 m posun v smere sklonu (pri jednej operácii). Na základe prepočtu z práce Czyzyka (1955) možno konštatovať, že priemerný posun po svahu pri orbe ním skúmanými pluhmi bol 113 kg/m. Traktorom ťahané pluchy využívané v súčasnosti dosahujú mnohonásobne vyššie hodnoty (napr. Van Oost et al., 2006 uvádzajú max. hodnotu ktil pre pluh 770 kg/m na 1 orbovú operáciu), pričom pri viacerých agrotechnických zábehoch ročne sa ich efekt znásobuje (Van Muysen et al., 2006). K podobnej multiplikácii muselo dochádzať aj v prípade viacnásobnej orby pomocou starších nástrojov s síce nižším, no ako ukazujú predchádzajúce analógie, nie s zanedbateľným efektom. Bac (1928) uvádza, že orba tradičným pluhom v súčinnosti s ronovými procesmi v období 1882 – 1925 spôsobila v sprašovej oblasti na dnešnej západnej Ukrajine, zníženie povrchu o 0,25 m a až 0,4 m hlbokú akumuláciu na dne zatravnovaných dolín. Poukazuje aj na markantné zníženie povrchu pri hornej hranici polí, kde sa vytvára stupeň medzi hranicou a plochou, kde sa začína orba. Podobné zníženie pozoruje aj Smetanová (2010) medzi hranou úvozu a súčasným povrchom poľa na sprašovom chrbáte v Trnavskej pahorkatine. Na základe historickej analýzy uvádza zníženie o 0,3 m v období 1882 – 2010, čo predstavuje eróziu $2,36 \cdot 10^{-3}$ m/rok. Zároveň pozoruje aj eróziu pôdneho profilu hrany úvozu o 0,4 m alebo viac pred rokom 1882. Pozícia erodovanej pôdy v hornej časti vypuklého chrbta indikuje dominanciu orbovej erózie. V jej dôsledku vznikli aj reťazce nevelkých svetlých plôch limitovaných hranicami polí, pokrývajúcich sprašové chrbty Trnavskej pahorkatiny na leteckých snímkach z prvej polovice 20. stor. Predstavujú nielen miesta erodovania pôdneho profilu, ale aj zníženia povrchu. Znižovanie vrcholových partií svahov až po materskú horninu pozorujú v dôsledku spádnicovej orby v predkolektivizačnej krajine aj Bac (1928) a Lobotka (1958). Pri neustálom oraní úzkych spádnicovo orientovaných polí „do skladu“, ktoré spočívalo v navršovaní pôdy do stredu parcely tak, aby znižujúci sa povrch odvádzal vodu k jej hraniciam, sa vytvárali v smere vrstevnice konvexné mikroformy a došlo akcelerácií líniovej ronovej erózie na poľných cestách (Stankoviansky, 2001, Myjavská pahorkatina). Dlhodobá orba po vrstevnici v rámci na sklon svahu šikmých alebo priečne uložených úzkych prekolektivizačných polí, viedla k tvorbe rôzne vysokých skladov až terasových polí (prehľad podáva Stankoviansky, 2008) – erodovaním pôdy pri hornej, akumuláciou pôdy pri dolnej hranici poľa. Podobný proces, i keď pre voľné oko menej viditeľný prebieha aj v prípade spádnicového obrábania. Houben (2008) upozorňuje na dôležitosť tohto

procesu v málo sklonených územiach sprašových pahorkatín, kde vedie v závislosti od štruktúry polí k variabilnej modelácii svahov, ako aj k depozícii materiálu na sva- hu, čím významne ovplyvňuje bilanciu materiálu. Zároveň sú hranice polí aj mies- tom ukladania materiálu neseného ronom, keďže prinajmenšom narúšajú tok. Na zá- klade podrobného štúdia zrezaní pôdnych profilov v povodí Rockenberg vyhodnotil, že priemerná sedimentácia v takto vytvorených skladoch bola $0,61 \cdot 10^{-3}$ m/rok, pričom až 62 % erodovaného materiálu je uložených na obrábaných svahoch. Tento materiál mohol byť viacnásobne deponovaný pri zmenách hraníc polí. Poslednou markantnou a celoplošnou zmenou v prostredí nížin na Slovensku bola kolektivizá- cia, ktorá priniesla nielen intenzifikáciu erózných procesov a sceľovaním pozemkov aj zmenu ich priestorového vplyvu. Dochádza tak k zarovnávaní terénnych nerov- ností, vrátane výmol'ov (Stankoviansky, 2003a), čím vznikajú úvalinám podobné út- vary.

4 ZÁVER

Poľnohospodárske využitie nížinných sprašových pahorkatín malo dvojaký vplyv na ich morfogénu v holocéne. Cez zmenu využitia krajiny a štruktúry člo- vek ovplyvnil priebeh prirodzených – ronových a eolických procesov, zatiaľ čo pri orbe a iných pôdu narúšajúcich poľnohospodárskych úkonoch sa stal (takmer) čini- teľom procesu. Geomorfologický efekt jednotlivých procesov sa menil v závislosti od rovnováhy medzi intenzitou využitia krajiny a klimatickými faktormi, hoci vo všeobecnosti panuje zhoda, že využitie krajiny malo v strednej Európe dominantný vplyv. Napriek tomu, je otázka priameho vplyvu poľnohospodárskych, resp. or- bových procesov hlavne v starších obdobiach nejasná. Hoci Van Oost et al. (2000) porovnávajú zrezanie pôdnych horizontov (odzrkadľujúci dlhodobý priebeh erózie) a rozloženia izotopu ^{137}Cs v pôde (reprezentujúceho druhú polovicu 20. stor.) zistili dominanciu ronových procesov až do polovice 20. stor., staršie práce Baca (1928), Lobotku (1958), či práce Stankovianskeho (2008), Smetanovej et al. (2009) a Smetanovej (2010) poukazujú na významný vplyv orbových procesov na premenu reliéfu pahorkatinnej poľnohospodárskej krajiny, pričom výsledky Houbena (2008) tento vplyv priamo dokazujú. Zhodnotenie efektu orbových procesov na reliéf, ale aj iné zložky prírodnej či humánnej sféry si vyžaduje podrobnejšiu znalosť využitia krajiny, poľnohospodárskych postupov a orbových nástrojov v jednotlivých obdo- biach, čím utvára širokú platformu na interdisciplinárnu spoluprácu geomorfológov, pedológov, archeológov, historikov i etnografov. Bez takto koncipovanej spolupráce nie je objasnenie (nielen) geomorfologického efektu poľnohospodárskych aktivít v nížinnej pahorkatinnej krajine viac-menej možné.

Pod'akovanie

Príspevok bol podporený z grantu Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre číslo I/14/2009. Autorka ďakuje recenzentovi za podnetné pripomienky a pomoc.

Literatúra

- BAC, S. 1928. Przyczynki do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów loesowych. In: *Roczniki nauk rolniczych i leśnych*, vol. 19, 1928, nr.1, s. 461-490.
- BAUMEWERD-SCHMIDT H, GERLACH R. 2001. Von Restfundstellen und Scheinfundstellen-Ergebnisse einer Grabenbetreuung in der Lösslandschaft. In: *Archäologische Informationen*, 24, 2001, 1, s. 13-19.
- BEZUGLOVA, O. S., MOROZOV, I. V., KUTROVSKII, M. A. 2008. Buried Soils of the Nedvigovskoe Ancient Settlement and the Role of the Ancient Anthropogenic Factor in Chernozem Formation. In: *Eurasian Soil Science*, 41, 2008, 1, s. 13-21.
- BOGAARD, A. 2002. Questioning the relevance of shifting agriculture of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: evidence from Hambach Forest experiment. In: *Vegetation History and Archeobotany*, vol. 11, 2002, s. 155-168.
- BORK, H. R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H. P., SCHATZ, T. 1998. *Landschafts-entwicklung in Mitteleuropa. Wirkung des Menschen auf Landschaften*. Gotha: Justus Pethers Verlag Gotha GmbH, 1998. 328s. ISBN 3-623-00849-4
- BORK, H. R., LANG, A. 2003. Quantification of past soil erosion and land use land cover changes in Germany. In: Lang, A., Hennrich, K. and Dikau, R. (eds.). Long term hillslope and fluvial system modelling/concepts and case studies from the Rhine river catchment, *Lecture Notes in Earth Sciences*, 101, Springer-Verlag, s. 231-239.
- BORZOVÁ, Z. 2005. *Polnohospodárske náradia a nástroje v období 6. – 12. storočia na území dnešného Slovenska*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa, Filozofická fakulta, Katedra archeológie a muzeológie, 2005, 294 s. (Dizertačná práca).
- BUČKO, Š., MAZUROVÁ, V. 1958 *Mapa výmolinej erózie na Slovensku. 1: 400 000*, [b.m.], [b.v.].
- CZYZYK, W. 1955. Przemieszczanie gleby na zboczu pod działaniem orki. In: *Roczniki nauk rolniczych*, 1955, 71, Seria F, s. 73-87.
- DANTEROVÁ, I. 2006. *Tradičné hospodárenie v Podunajskej nížine Neded, Vlčany*. Galanta: Trnavský samosprávny kraj, Vlastivedné múzeum v Galante, 2006. 295 s. ISBN 80-969062-2-4
- DEMO, M. 2001. *Dejiny poľnohospodárstva na Slovensku*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra, Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy Bratislava, 2001. 662 s.
- DOTTERWEICH, M. 2005. High resolution reconstruction of a 1300 year old gully system in Northern Bavaria, Germany: Modelling long term man induced landscape evolution. In: *The Holocene*, 15, 2005, 7, s. 994-1005.
- DOTTERWEICH, M. 2008. The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of Central Europe: Deciphering the long-term interaction between humans and the environment – A review. In: *Geomorphology*, 101, 2008, s. 192-208.
- DOTTERWEICH, M., BORK, H. R. 2007. Jahrtausendflut 1342. In: *Archäologie in Deutschland*, 4, 2007, s. 20-23.
- ECKMEIER, E., GERLACH, R., GEHRT, E., SCHMIDT, M. W. I. 2007. Pedogenesis of Chernozems in Central Europe — A review. In: *Geoderma*, 139, 2007, s. 288-299.
- FINK, J., HASSE, H, RUSKE, R. 1977. Bemerkungen zur Lößkarte von Europa. 1: 1 250 000, In: *PGM*, 77, 1977, 2, s. 81-94.
- FISCHER-ZUJKOV, U., SCHMIDT, R., BRANDE, A. 1999. Die Schwarzerden Nordostdeutschlands und ihre Stellung in die holozänen Landschaftsentwicklung. In: *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 1999, s. 443-449.
- FULAJTÁR, R. 2003. Assessment of soil erosion on arable land using ¹³⁷Cs measurements: Case study from Jaslovske Bohunice, Slovakia. *Soil & Tillage Research*, vol. 69, 2003, s. 139-152.
- FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana*. Výskumný ústav pôdoznavectva. a ochrany pôdy, 2001. 310 s. ISBN 80-85361-85-X
- GERLACH, R., BAUMEWERD-SCHMIDT, H., BORG, K. V. D., ECKMEIER, E., SCHMIDT, M. W. I., 2006. Prehistoric alteration of soil in the Lower Rhine Basin, Northwest

- Germany – archaeological, ¹⁴C and geochemical evidence. In: *Geoderma*, 136, 2006, s. 38-50.
- GILLIJNS, K., POESEN, J., DECKERS, J. 2005. On the characteristic and origin of closed depressions in loess – derived soils in Europe – a case study from central Belgium. In: *Catena*, 60, 2005, s. 43-58.
- HABOVŠTIAK, A. 1985. *Stredoveká dedina na Slovensku*. Bratislava: Obzor, 1985, 386 s.
- HAJNALOVÁ, M. 2007. Early farming in Slovakia: an archaeobotanical perspective. In: Colledge, S., Collony, J. (eds.): *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*, London: University Colledge, s. 295-311.
- HARD, G., 1970. Exzessive Bodenerosion um und nach 1800. In: *Erdkunde*, 24, 1970, s. 291-308.
- HOUBEN, P. 2008. Scale linkage and contingency effects of field-scale and hillslope-scale controls of long-term soil erosion: Anthropogeomorphic sediment flux in agricultural loess watersheds of Southern Germany. In: *Geomorphology*, 101, 2008, s. 172-191.
- HRAŠKO, J. 1964. Mycelárne karbonátové černoze Podunajskej nížiny. In: *Geografický časopis*, 16, 1964, 1, s. 52-60.
- IŠTOK, P., IŽÓF, J. 1998. Podmienky vzniku vývoja osídlenia krajiny dolného toku Váhu vo svetle geografických a archeologických prieskumov. In: *Študijné zvesti Archeologického ústavu Slovenskej akadémie vied*, 26, 1998, 1, s. 145-178.
- JAMBOR, P. 1992. Zmeny niektorých vlastností hnedozeme na Trnavskej sprašovej pahorkatine. In: *Vedecké práce Výskumného ústavu pôdnej úrodnosti*, 17, Bratislava : Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 1992, s. 61-74.
- JAMBOR, P., ZRUBEC, F. 1994. Erózia v podmienkach modelu hospodárenia na pôdach pahorkatiny. In: *Pôda : Mimoriadne číslo : Ekologizácia usporiadania, využívania a ochrany poľnohospodárskeho pôdneho fondu*, 1994, s. 60-65.
- JANICKI, G.; RODZIK, J.; ZGLOBICKI, W. 2002. Geomorphic effects of land use changes (a case study of the Gutanów loess catchment, Poland). In: *Geografický časopis*, 54, 2002, 1, s. 39-57.
- KALIS, M. A., MERKT, J., WUNDERLICH, J. 2003. Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe - human impact and natural causes. In: *Quaternary Science Reviews*, 22, 2003, s. 33-79.
- KIMARO, D. N., DECKERS, J. A., POESEN, J., KILASARA, M., MSANYA, B. M. 2005. Short and medium term assessment of tillage erosion in the Uluguru Mountains, Tanzania. In: *Soil & Tillage Research*, vol. 81, 2005, s. 97-108.
- KOPČEKOVÁ, M. 2010. *Osídlenie horného Požitavia v praveku a včasnej dobe dejinnej vo vzťahu k prírodným pomerom*. Nitra: Archeologický ústav Slovenskej Akadémie Vied, 2010., [b.s.].
- KRIPPEL, E. 1986. *Postglaciálny vývoj vegetácie Slovenska*. Bratislava: Veda, SAV, 1986. 307 s.
- KUČERA, M. 1974. *Slovensko po páde Veľkej Moravy (Štúdie o hospodárskom a sociálnom vývoji v 9. – 13. storočí)*. Bratislava: Veda, SAV, 1974. [b.s.].
- KUNA, M., BENEŠ, B., DOBEŠ, M., DRESLEROVÁ, D., GOJDA, M., HRUBÝ, P., KOLBINGER, D., KŘIVÁNEK, R., KVĚTINA, P., LAUŠMAN, J., MAJER, A., MATOUŠEK, V., PRACH, K., TOMÁŠEK, M. 2004. *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia, 2004. 555 s. ISBN 80-200-1216-8
- LANG, A. 2003. Phases of soil erosion-derived colluviation in the loess hills of South Germany. In: *Catena*, 51, 2003, s. 209-221.
- LAZÚR, R. 2001. Soil erosion caused by tillage. In: Jambor, P. (ed.), *Proceedings of the Trilateral Co – operation Meeting on Physical Soil Degradation*, Bratislava: VÚPOP, 2001, s. 49-57.
- LINKÉŠ, V., LEHOTSKÝ, M., STANKOVIANSKY, M. 1992. Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatine Podunajskej nížiny s využitím 137 Cs. In: *Vedecké práce výskumného ústavu pôdnej úrodnosti*, Bratislava, 1992, s. 113-119.
- LOBOTKA, V. 1958. Príspevok k problému erózie z orania. In: *Poľnohospodárstvo*, 5, 1958, 6, s. 1172-1191.

- LORZ, C., SAILE, T. 2010. Anthropogenic Pedogenesis of Chernozems in Germany? – A Critical Review. *Quaternary International*, 2010, doi: 10.1016/j.quaint.2010.11.022.
- NOTEBAERT, B., VERSTRAETEN, G. 2010. Sensitivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene: A review. *Earth-Science Review*, 2010, doi: 10.1016/j.earscirev.2010.09.009.
- NYSSSEN, J., POESEN, J., HAILE, M., MOEYERSONS, J., DECKERS, J., 2000. Tillage erosion on slopes with soil conservation structures in the Ethiopian highlands. In: *Soil & Tillage Research*, 57, 2000, s. 115-127.
- OBRŠLÍK, J. 2004. Antropogenní vlivy v podhůří Ždánického lesa. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. vol. 52, nr. 5, 2004, s. 47-59.
- PODOLÁK, J. 2008. *Tradičné poľnohospodárstvo na Slovensku*. ASCO art & science, 2008. 435 s. ISBN 978-80-88820-43-7
- POESEN, J. W. A., VERSTRAETEN, G., SOENENS, R., SEYNAEVE, L. 2001. Soil losses due to harvesting of chicory roots and sugar beet: an underrated geomorphic process? In: *Catena*, 43, 2001, s. 35-47.
- PRINCE, H. C. 1961. Some reflections on the origin of hollows in Norfolk compared with those in the Paris region. In: *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 12, 1961, s. 110-117.
- PRESTON, N. 2001. *Geomorphic response to environmental change: The imprint of deforestation and agricultural land use on the contemporary landscape of the Pleiser Hügelland, Bonn, Germany*. Bonn: Universität Bonn: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, 2001, [b.s.]. Dostupné na: <http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/math_nat_fak/2001/preston_nicholas_james/index.htm>.
- REJMAN, J. 2006. Wpływ erozje wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. *Acta Agrophysica*, vol. 136, 2006, 3, s. 1-91.
- REJMAN, J., RODZIK, J., PALUSZEK, J. 2005. Human Impact on Transformation of Small Loess Catchment. In: *Geophysical Research Abstracts*, vol. 7, 2005, 2 s.
- ROMMENS, T., VERSTRAETEN, G., BOGMAN, P., PEETERS, I., POESEN, J., GOVERS, G., VAN ROMPAEY, A., LANG, A. 2006. Holocene alluvial sediment storage in a small river catchment in the loess area of central Belgium. In: *Geomorphology*, 77, 2006, s. 187-201.
- ROMMENS, T., VERSTRAETEN, G., POESEN, J., GOVERS, G., VAN ROMPAEY, A., PEETERS, I., LANG, A. 2005. Soil erosion and sediment deposition in the Belgian loess belt during the Holocene: establishing a sediment budget for a small agricultural catchment. *Holocene*, vol. 15, nr. 7, 2005, pp. 1032-1043.
- ROMMENS, T., VERSTRAETEN, G., PEETERS, I., POESEN, J., GOVERS, G., VAN ROMPAEY, A., MAUZ, B., PACKMAN, S., LANG, A. 2007. Reconstruction of late-Holocene slope and dry valley sediment dynamics in a Belgian loess environment. *Holocene*, vol. 17, nr. 6, 2007, pp. 777-788.
- RUYSSCHAERT, G., POESEN, J., VERSTRAETEN, G., GOVERS, G. 2004. Soil loss due to crop harvesting: significance and determining factors. In: *Progress in Physical Geography*, vol. 28, 2004, nr. 4, s. 467-501.
- RUYSSCHAERT, G., POESEN, J., NOTEBAERT, B., VERSTRAETEN, G., GOVERS, G. 2008. Spatial and long-term variability of soil loss due to crop harvesting and the importance relative to water erosion: A case study from Belgium. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 26, 2008, 3-4, s. 217-228.
- SEMMELE, A. 1995. Development of gullies under forest cover in the Taunus and Crystalline Odenwald Mountains, Germany. In: *Zeitschrift für Geomorphologie, Neues Funde Supplementen Band*, 100, 1995, s. 115-127.
- SCHMIDTCHEN, G., BORK, H. R. 2003. Changing human impact during the period of agriculture in Central Europe. The case study Biesdorfer Kehlen, Brandenburg, Germany. In Lang, A., Hennrich, K. and Dikau, R. (eds.): Long term hillslope and fluvial system modeling/concepts and case studies from the Rhine river catchment, *Lecture Notes in Earth Sciences*, 101, Springer-Verlag, s. 183-200.
- SCHMITT, A., DOTTERWEICH, M., SCHMIDTCHEN, G., BORK, H. R. 2003. Vineyards, hopgardens and recent afforestation: effects of late Holocene land use change on soil erosion in northern Bavaria, Germany. In: *Catena*, 51, 2003, s. 241-254.

- SCHMITT, A., SCHMIDTCHEN, G., RODZIK, J., ZGLOBICKI, W., DOTTERWEICH, M., ZAMHÖFER, S., BORK, H. R. 2004. Historical gully erosion in south-east Poland - an example from the loess area of the Lublin Upland. In: Li, Y., Poesen, J., Valentin, C. (eds.): *Gully Erosion under Global Change*, Sichuan Science and Technology Publishing House. s. 223-230.
- SCHMITT, A., ZGLOBICKI, W., SCHMIDTCHEN, G., RODZIK, J., DOTTERWEICH, M., ZAMHÖFER, S., BORK, H. R. 2005. Phases of gully erosion in the Kazimierz Dolny area (case study: Doly Podmularskie, SE Poland). In: Rejman, J., Zglobicki, W. (eds.): *Human Impact on Sensitive Geosystems*, Lublin: Maria Curie-Sklodowska University Press. s. 121-128.
- SCHULZ, W. 2007. *Die Kolluvien der westlichen Kölner Bucht - Gliederung, Entstehungszeit und geomorphologische Bedeutung*. Köln: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln, 2003. [b.s.]. (Dizertačná práca). Dostupné na: <<http://kups.uni-koeln.de/volltexte/2007/1965/index.html>>.
- SIDORCHUK, A. Y., GOLOSOV, V. N. 2003 Erosion and sedimentation on the Russian Plain, II: the history of erosion and sedimentation during the period of intensive agriculture. In: *Hydrological Processes*, vol. 17, 2003, pp. 3347-3358.
- SMETANOVA, A. 2010. Preserved soil profile under forest and its evidence of relief change (Hlboká cesta example). In: *Zborník recenzovaných príspevkov: Študentská vedecká konferencia (28.4.2010, Bratislava)*, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Bratislava, s. 1123-1127.
- SMETANOVÁ, A., KOŽUCH, M., ČERNĀNSKÝ, J. 2009 The land use changes in 20th century and their geomorphological implications in lowland agricultural area (Voderady, Trnavská tabuľa Table Plain, Slovakia). In: *Geomorphologica Slovaca et Bohemica*, 2009, 2, s. 57-63.
- STANKOVIANSKY, M. 2001. Erózia z orania a jej geomorfologický efekt s osobitým zreteľom na Myjavsko – bielokarpatskú oblasť. In: *Geografický časopis*, roč. 53, 2001, č. 2, s. 95-110.
- STANKOVIANSKY, M. 2003a. *Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny*. Bratislava : Univerzita Komenského, 2003. 152 s. ISBN 80-223-1784-5
- STANKOVIANSKY, M. 2003b. Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. In: *Catena*, 51, 2003, s. 223-229.
- STANKOVIANSKY, M. 2005. Geomorphic response to land use changes in Myjava Hill Land, Slovakia, within the last fifty years. In: *Studia geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 39, 2005, s. 5-22.
- STANKOVIANSKY, M. 2008a. Vplyv dlhodobého obrábania pôdy na vývoj reliéfu slovenských Karpát. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, vol. 50, 2008, s. 95-116.
- STANKOVIANSKY, M. 2008b. Vývoj krajiny Slovenska v kvartéri s osobitým zreteľom na modeláciu reliéfu. In: Sloukal, E. et al., *Vývoj prírody Slovenska*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta. [b.s.]. ISBN 978-80-969629-1-4
- STOLZ, C., GRUNERT, J. 2006. Holocene colluvia, medieval gully formation and historical land use. A case study from the Taunus Mountains/southern Rhenish Slate Massif. In: Eitel, B. (eds.): *Holocene Landscape Development and Geoarchaeological Research*. In: *Zeitschrift für Geomorphologie Supplement Series*, vol. 142, 2006, s. 175-194.
- ŠÁLY, R., MIDRIAK, R. 1995. Water erosion in Slovakia. In: *Proceedings : Soil Fertility Research Institute*, 19/I. Bratislava : Výsk. ústav pôd. úrodnosti, 1995. s. 169-175.
- VAN MUYSSEN, W., DECKERS, J., GOVERS, G., SANDERS, F. 1999. Soil erosion affects the spatial variability in soil properties. In: Verstraeten, G. (eds): *Soil Erosion Processes in the Belgian Loess Belt: Causes and Consequences*. Leuven : Katholieke Universiteit, 1999, s. 38-45.
- VAN MUYSSEN, W., GOVERS, G., BERGKAMP, G., ROXO, M., POESEN, J. 1999. Measurement and modelling of the effects of initial soil conditions and slope gradient on soil translocation by tillage. In: *Soil & Tillage Research*, vol. 51, 1999, s. 303-316.

- VAN MUYSEN, W., VAN OOST, K., GOVERS, G. 2006. Soil translocation resulting from multiple passes of tillage under normal field operating conditions. In: *Soil & Tillage Research*, vol. 87, 2006, s. 218-230.
- VAN OOST, K., GOVERS, G., DE ALBA, S., QUINE, T. A. 2006. Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. In: *Progress in Physical Geography*, vol. 30, nr. 4, 2006, s. 443-466.
- VAN OOST, K., GOVERS, G., DESMET, P. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. In: *Landscape ecology*, 15, 2000, s. 577-589.
- VANWALLEGHEM, T., BORK, H. R., POESEN, J., DOTTERWEICH, M., SCHMIDTCHEN, G., DECKERS, J., SCHEERS, S., MARTENS, M. 2006. Prehistoric and Roman gullying in the European loess belt: a case study from central Belgium. In: *The Holocene*, 16, 2006, 3, s. 393-401.
- VANWALLEGHEM, T., BORK, H. R., POESEN, J., SCHMIDTCHEN, G., DOTTERWEICH, M., NACHTERGAELE, J., BORK, H., DECKERS, J., BRÜSCH, B., BUNGENEERS, J., DE BIE, M. 2005. Rapid development and infilling of a historical gully under cropland, central Belgium. In: *Catena*, 15, 2005, s. 221-243.
- VANWALLEGHEM, T., POESEN, J., VITSE, I., BORK, H. R., DOTTERWEICH, M., SCHMIDTCHEN, G., DECKERS, J., LANG, A., MAUZ, B. 2007. Origin and evolution of closed depressions in central Belgium, European loess belt. In: *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 2007, s. 574-586.
- VERSTRAETEN, G., ROMMENS, T., PEETERS, I., POESEN, J., GOVERS, G., LANG, A. 2009. A temporarily changing Holocene sediment budget for a loess-covered catchment (central Belgium). In: *Geomorphology*, 108, 2009, s. 24-34.
- WIEDERMAN, E. 2003. *Archeoenvironmentálne štúdie prehistorickej krajiny*. Nitra: Univerzita Konštatína Filozofa v Nitre: Katedra Archeológie. 136 s.
- ZACHAR, D. 1970. *Erózia pôdy*. Bratislava : Vydavateľstvo SAV, 1970. [b.s.].
- ZGLOBICKI, W., RODZIK, J., SCHMITT, A., SCHMIDTCHEN, G., DOTTERWEICH, M., ZAMHÖFER, S. U., BORK, H. R. 2003. Fazy erozji wawozowej w okolicach kazimierza dolnego (Phases of gully erosion in the Kazimierz Dolny area). In: *Człowiek w Środowisku Przyrodniczym - Zapis Działalności*, s. 234-238.
- ZYGMUNT, E. 2004. Archaeological and radiocarbon dating of alluvial fans as an indicator of prehistoric colonisation of the Głubczyce Plateau (Southwestern Poland). In: *Geochronometria*, 23, 2004, s. 101-107.

The influence of agricultural activities on the relief of loessic hilly lands (literature review)

Summary

Loessic hilly lands in Europe belong to areas with the longest settlement history. They are agriculturally used since the Neolithic and in many areas the land use has been almost continuous. The transformation of natural vegetation to cultural land led to acceleration of water and wind erosion. Since then the processes are influenced by both – climate and man-caused land use changes. The paper reviews current knowledge on intensity and geomorphic effect of past soil erosion in loessic hilly areas in Europe. It focuses especially on tillage erosion and provides the history of development of agricultural practices and landscape structure as factors influencing the erosion processes. Despite of ongoing discussion on the character of neolithic agriculture and its role in modification of soils and vegetation cover, there is a significant evidence of rather low intensive erosion events in the Neolithic (Dotterweich, 2008, Rommens et al., 2006 etc.). The Neolithic to Roman Period rates of erosion ($0.08 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$), increased in Roman period ($4.07 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ or more - Bork et al., 1998, Dotterweich, 2005) under the intensive agriculture in Roman provinces. Significant decrease of land use intensity up to abandonment of agricultural land, thus decrease of erosion intensity, is reported since the decline the Ro-

man Empire. However the same scenario had not definitely to taken place in areas outside the Roman Empire, mostly if they have been soon settled. The first spreading of slavic agricultural tribes to areas in south Slovakia (north of the Panonia Province) is supposed to start since the 5th Century (Podolák, 2008). More developed agricultural practices, using of different but more effective (and erosive) tillage tools led to increase of erosion (Schmidtchen and Bork, 2003). It accelerated even more after the stabilizaion of cadastral borders and landscape structure (in 11th -13th Century). In the Medeval times, erosion was ruled by the intensity of land use, despite of the fact that most intensive erosion events correlated with extreme rainfalls (Bork and Lang, 2003). It has varied from $12 \cdot 10^{-3} \pm 1.47 \cdot 10^{-3} \text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ in the Belgium Loess Belt with oceanic climate (Rommens et al., 2005) to 0.03 m.a-1 in the loess areas in Germany (Bork et al., 1998, p. 223). Small, in one direction elongated fields, with frequent linear landscape elements, together with special agricultural practices (more detailed Stankoviansky, 2003a) contributed to intensive gullying during several oscilations of Little Ice Age. Floods, (e.g., in Germany in 1342), epidemics (e.g., the plague following the 1342 flood) and wars (e.g., with the Ottoman Empire in 1526-1683) led generally to temporal decrease in the land use intensity. Locally, the opposite effect occurred after the imigration of people from endangered areas (Podolák, 2008). The role of past tillage erosion in exomorphogenesis remains mostly unexplained or is not considered to be significant before 1950s (Van Oost et al., 2000). However, lowering of fields (Bac, 1928, Smetanová 2010) and sediment storage in agricultural lynchets (Lobotka, 1958, Houben, 2008) due to past tillage processes are reported from some loess areas. The necessity of further research of past agriculture and tillage – induced landscape changes in co-operation of geomorphologist, pedologist, archaeologists, historians and ethnographers is emphasized.