

---

# GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

---

50

1998

3-4

---

*Miloš Stankoviánsky\**

## VÝVOJ PÔSOBENIA RONOÝCH PROCESOV NA ÚZEMÍ SLOVENSKA A ICH GEOMORFOLOGICKÝ EFEKT

**M. Stankoviánsky:** Evolution of operation of runoff processes in the territory of Slovakia and their geomorphic effect. *Geografický časopis*, 50, 1998, 3-4, 42 refs.

The aim of the contribution is to evaluate the evolution of operation of runoff processes in Slovakia from the beginnings of anthropical interventions into the landscape up to now and to characterize their geomorphic effect. Five cycles of acceleration of runoff processes encouraged by activity of man in the period from the Bronze Age up to the present times were identified and characterized. In the framework of evaluation of extent, nature of operation and geomorphic effect of runoff processes the attention was paid to runoff erosion in agricultural landscape, forested landscape and above the upper timber line, as well as to the runoff accumulation in topographical depressions in agricultural landscape. The contribution deals also with the problem of fluvial transport of eroded material and its accumulation in water reservoirs.

**Key words:** runoff processes, evolution of operation of processes, erosion cycles, geomorphic effect of processes, linear (gully) erosion, areal erosion, permanent gullies, ephemeral gullies, slope lowering

---

\* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

## ÚVOD

### Ciel a terminológia

Cieľom príspevku je zhodnotiť vývoj pôsobenia ronových procesov na území Slovenska od počiatkov zásahov človeka do krajiny dodnes a charakterizovať ich geomorfologický efekt. Pod ronovými procesmi chápeme eróziu a akumuláciu zložku geomorfologických procesov iniciovaných pôsobením povrchového ronu, t.j. vody stekajúcej po svahoch, pochádzajúcej z dažďov a z roztopeného snehu (Stankoviánsky 1995,1997a). Ronová erózia je reprezentovaná plošnou a lineárnou (výmolovou) eróziou. Termínom "ronové procesy" sme nahradili v geomorfológii síce používaný, avšak z geomorfologického hľadiska nevýstižný, nejednoznačný a nekomplexný pôdoznalecký termín "vodná erózia", resp. "vodná erózia pôdy". Pod historickým vývojom ronových procesov rozumieme časový sled cyklov ich akcelerácie, podmienenej tak klimaticky, ako aj antropogénne (prípadne iba antropogénne) a charakteristických určitým priestorovým usporiadaním a priebehom týchto procesov. Pod geomorfologickým efektom ronových procesov chápeme predovšetkým geometrické zmeny reliéfu týmito procesmi spôsobené (cf. Stankoviánsky 1998a). V rámci hodnotenia súčasného cyklu akcelerácie vlastných ronových procesov, a to ich rozsahu, charakteru a geomorfologického efektu je pozornosť venovaná i fluviálnemu transportu materiálu dodaného zo svahov, a najmä jeho akumulácii vo vodných nádržiach.

### Podmienky výskytu ronových procesov a škody nimi spôsobené

Pre pôsobenie ronových procesov v prevažne hornatom území Slovenska, najmä v jeho poľnohospodársky využívaných oblastiach, sú veľmi vhodné prírodné i antropogénne podmienky. Z prírodných podmienok ide hlavne o značnú vertikálnu i horizontálnu členitosť reliéfu a pestrú geologickú stavbu, pričom práve poľnohospodárske oblasti širokej kontaktnej zóny nížin a vnútrohorských kotlín s pohoriami sa vyznačujú relatívne vysokým podielom stredne až málo odolných hornín s mocnou pokrývkou eróziou ľahko rozrušiteľného regolitu. Antropogénne podmienky súvisia s významnou transformáciou pôvodnej prírodnej krajiny na krajinu kultúru. Najvýznamnejším antropogénnym zásahom v minulosti bolo odlesnenie rozsiahlych častí územia za účelom rozvoja poľnohospodárstva, pasienkárstva a využívania dreva pri zhutňovaní železa a meďi, ale aj iných priemyselných aktivitách. Odlesňovanie bolo dlhodobé, postupne sa rozširovalo z nížin cez podhoria až do pohorí, pričom korešpondovalo s jednotlivými etapami osídľovania územia. Výnimkou boli len tzv. pastierske kolonizácie, pri ktorých sa odlesňovací efekt šírila po horských pásmach. Odlesňovanie a následné využívanie získaných plôch na pasienie, a najmä na zakladanie poľí, znamenalo také veľké narušenie vzťahov jednotlivých zložiek prírodnej krajiny, že to vyvolalo zásadné zmeny priebehu a dynamiky geomorfologických procesov. V odlesnených oblastiach sa dominantným geomorfologickým procesom stali ronové procesy, výrazne akcelerované práve vplyvom antropogénnych zásahov.

Ronové procesy spôsobujú slovenskému poľnohospodárstvu, lesnému a vodnému hospodárstvu každoročne veľké škody, prejavujúce sa tak v podobe postupného zmenšovania hrúbky pôdneho profilu na svahoch a ich rozčleňovania sieťou výmolov, ako aj v podobe nadmemej akumulácie erodovaného materiálu pod svahmi, znečisťovania vodných tokov a zanášania vodných nádrží erodovaným materiálom.

Uvedené geomorfologické, pedologické a hydrologické efekty pôsobenia ronových procesov vyúsťujú v konečnom dôsledku k trvalému znižovaniu úrodnosti pôdy, zmeššovaniu produkčnej plochy rastlinnej výroby, škodlivej koncentrácii živín, pesticidov a polutantov v akumulovaných polohách, eutrofizácii vodných tokov a nádrží a iným negatívnym javom.

### Prehľad literatúry sumarizujúcej problematiku pôsobenia ronových procesov na Slovensku

Napriek skutočnosti, že počiatky systematickejšieho výskumu ronových procesov spadajú do začiatku 50. rokov, a teda celé výskumné obdobie netrvá ani päť dekád, možno s uznaním konštatovať dosiahnutie celého radu pozoruhodných čiastkových výsledkov. V 50. a 60. rokoch sa štúdium "erózie pôdy" zameriavalo najmä na terénny výskum priestorového rozloženia erózných procesov a následkov ich pôsobenia, najmä foriem nimi vytvorených. Prvým významným dielom tohto obdobia bolo zhodnotenie priestorového rozloženia výmoľovej erózie na Slovensku (Bučko, Mazúrová 1958). Výsledky štúdiá všetkých parciálnych erózných procesov na území Slovenska v tomto období zosumarizovala rozsiahla, tematicky i regionálne širšie koncipovaná knižná monografia Zachara "Erózia pôdy" (1960 - I. vydanie, 1970 - II. vydanie, 1982 - III. vydanie). Stručný, pritom však vyčerpávajúci prehľad výsledkov výskumov erózných procesov v uvedenom období podal Midriak (1970).

V 70., 80. a 90. rokoch sa výskum aktuálnych ronových procesov orientoval najmä na procesy v lesnej krajine a v území nad hornou hranicou lesa, kde sa študovali ako súčasť komplexnej súčasnej exomorfogenézy (cf. napr. Midriak 1983, 1995a, b a i.). V 90. rokoch došlo k oživeniu terénnych výskumov ronových procesov v poľnohospodárskej krajine s dôrazom na ich stredne až dlhodobý aspekt a ich geomorfologický efekt, a to na príklade Myjavskej pahorkatiny s osobitým zreteľom na povodie Jablonky (cf. napr. Stankoviansky 1995, 1997a, b, c, d, 1998a, b a i.; Urbánek 1998).

Výsledky štúdiá ronových procesov v lesnej i poľnohospodársky využívannej horskej časti Slovenska za posledných 15 rokov boli zosumarizované v širšie koncipovanej práci Stankovianskeho a Midriaka (1998), venovanej geomorfologickým procesom ako celku. Medzi ďalšie sumarizujúce pokusy, zaoberajúce sa určitým aspektom ronových procesov, patria práce Midriaka et al. (1990) a Šályho a Midriaka (1995).

## VÝVOJ PÔSOBENIA RONOVÝCH PROCESOV

Počiatky výraznejších zásahov človeka do prírodnej krajiny Slovenska možno klásť do neolitu, týka sa to však iba nížinných oblastí. Od tohto obdobia až do súčasnosti možno identifikovať 5 významných fáz intenzifikácie ronových procesov (erózných cyklov), ktorým do značnej miery napomohol človek svojou hospodárskou činnosťou.

Za najstaršiu etapu akcelerácie ronových procesov sa považuje koniec mladšej a obdobia neskorej doby bronzovej (cf. Stehlík 1981). Druhá etapa zvýšenej erózie zodpovedá zväčšovaniu ľudnatosti a následnému rozširovaniu osídľovania z Podunajskej nížiny do podhorských oblastí Karpát a do vnútrohorských kotlín pozdĺž Váhu,

Nitry a iných riek počas obdobia Velkomoravskej ríše (Bučko 1980). Tretím obdobím intenzifikácie ronovej erózie bolo 13. a 14. storočie (Bučko 1980), kedy v rámci tzv. veľkej kolonizácie človek v súvislosti s počiatkami ťažby nerastných surovín začal osídľovať i pohoria. Popri zväčšovaní odlesnených plôch kolonizáciou nových území sa však o intenzifikáciu erózie v tomto období pričínili aj zmeny poľnohospodárskeho výrobného systému, najmä zavedenie trojpoľnej sústavy.

Napriek nespornému vplyvu človeka na priebeh erózných procesov však možno konštatovať, že význam antropogénnych vplyvov ani v jednom zo spomenutých erózných cyklov neprevážil význam klimatických vplyvov, reprezentovaných obdobiami ochladenia a zvlhčenia klímy. Erózne cykly boli takto výsledkom kumulovaného pôsobenia klimatických a antropogénnych vplyvov. Všetky tri uvedené etapy zvýšenej erózie je možné doložiť výsledkami archeologických a sedimentologických výskumov korelátnych sedimentov uložených v nivách hlavných tokov (cf. Stehlík 1981).

Štvrtá významná fáza intenzifikácie erózných procesov súvisí s vývojom tzv. kopaničiarskeho osídlenia, ktoré vzniklo ako produkt historicky najmladších kolonizačných vln: valašskej, horalskej (obe boli pastierske) a kopaničiarskej (cf. Huba 1997). Valašská kolonizácia prebiehala v Západných Karpatoch od konca 14. storočia až do 17. storočia. Postupovala po horských chrbtoch z V a JV, hlavne na Horehronie, Oravu, Liptov a do bývalej Trenčianskej stolice. Počas mladšej, tzv. horalskej kolonizácie (17. - 18. st.), boli osídlené najmä územia na hornej Kysuci, hornej Orave a časť severného Spiša. Pastierski kolonisti odlesňovali svahy flyšových a sopečných vrchovín a zakladali na nich najmä pasienky, menej polia. Odlesňovanie a nadmerné vypásanie malo za následok intenzívnu výmoľovú eróziu, miestami i silnú devastáciu pôdy plošnou eróziou. Sieť výmoľov sa viazala najmä na sieť lesných a poľných ciest, chodníkov, alebo vznikla na pasienkoch poškodených pasúcim sa dobytkom a ovcami.

Počiatky kopaničiarskej kolonizácie spadajú do 16. storočia a jej kulminácia do 18. a začiatku 19. storočia. Išlo výlučne o poľnohospodársku kolonizáciu v chotároch dávnejšie založených obcí v podhorských a horských oblastiach západného a stredného Slovenska, aj to prevažne v ich odľahlých, ťažko dostupných a na zakladanie trvalých sídel málo vhodných častiach (cf. Huba 1997). Výrazne poľnohospodársky charakter kopaničiarskej kolonizácie sa odrazil v ešte väčšej intenzifikácii erózných procesov ako to bolo v prípade oboch uvedených pastierskych kolonizačných vln. Nepomerne vyšší percentuálny podiel rozlohy poľí mal za následok oveľa väčší priestorový rozsah pôsobenia procesov plošnej erózie. Hustá sieť umelých lineárnych krajinných prvkov, oddeľujúcich jednotlivé polička, lúky a pasienky, podmienila koncentráciou povrchového odtoku intenzívnu výmoľovú eróziu, výsledkom ktorej bola hľadám ešte hustejšia sieť výmoľov ako v prípade oblastí osídlených valachmi či horalmi.

V priebehu poľnohospodárskeho pôsobenia osadníkov sa menilo spočiatku pravdepodobne rovnocenné zastúpenie plošnej a lineárnej erózie. Vznikom antropogénnych terás následkom dlhodobého obrábania poľí (cf. Lobotka 1955), došlo k zníženiu plošnej erózie na tých častiach svahov, ktoré boli obrábané po vrstevnici, čím sa v kopaničiarskych regiónoch ale i v iných poľnohospodársky využívaných oblastiach výmoľová erózia postupne stala dominantným eróznym procesom.

Eróznny cyklus spojený s obdobím vzniku kopaničiarskeho osídlenia možno pova-

žovať za prvý, v ktorom sa už antropogénny vplyv na zvýšenie intenzity ronových procesov stáva dominantný. Toto konštatovanie platí napriek skutočnosti, že obdobie pôsobenia tohto erózneho cyklu sa do značnej miery prekrýva s tzv. malou ľadovou dobou, ktorá napomohla jeho intenzívnejšiemu priebehu (cf. Stankoviansky 1997b). Toto obdobie výrazne chladnejšej a vlhkejšej klímy spadá zhruba do rokov 1550-1850 (cf. Lamb 1984). Z antropogénnych vplyvov sa popri zväčšení odlesnených plôch kolonizáciou nových území o intenzifikáciu ronových procesov v závere tohto obdobia pričínili aj zmeny poľnohospodárskeho výrobného systému, súvisiace s prechodom od trojpoľnej sústavy k striedavému pestovaniu poľnohospodárskych kultúr, ako i významná zmena v skladbe rastlinnej výroby (Stehlík 1981).

V závere 19. storočia dochádza k utlmeniu erózných procesov. Súvisí to na jednej strane so zalesňovaním výmoľov, na strane druhej so zvýšením diverzity kultúrneho rastlinného krytu, ktorý na drobných roľníckych parcelách vytváral pestrú, vhodne protierózne pôsobiacu mozaiku. Takáto situácia trvala až do začiatku 50. rokov 20. storočia (Stehlík 1981).

Posledný, piaty erózný cyklus súvisí s kolektivizáciou poľnohospodárstva po politicko-spoločenských zmenách v roku 1948. V priebehu kolektivizácie došlo k zásadným, veľkoplošným zmenám vo využívaní pôvodnej štruktúry poľnohospodárskej krajiny. V niekoľkých etapách, najmä v 50. a 60. rokoch, sa v rámci vznikajúcich jednotných roľníckych družstiev (JRD) uskutočnilo spájanie malých súkromných poľíčk do veľkých družstevných lánov, čo malo za následok výrazné zväčšenie plochy poľí a odstránenie siete umelých lineárnych krajinných prvkov, ktoré pôvodné poľíčka oddeľovali. Pri spájaní poľí v podhorských a horských oblastiach dochádzalo často k drastickým terénnym úpravám, najmä v prípade zarovnávanía stupňov terasovaných poľí. Zvýšil sa plošný rozsah území s vysokou náchylnosťou na ronovú eróziu (Solín a Cebecauer 1998). Veľkým negatívom v hospodárení JRD v týchto oblastiach, podporujúcim intenzifikáciu ronových procesov, bolo zavádzanie osevných postupov nevhodných pre pahorkatínovú krajinu. Svoju úlohu v tomto smere zohral i prechod na obrábanie pôdy ťažkými mechanizmami.

Tieto skutočnosti spôsobili výraznú akceleráciu erózných procesov (Stankoviansky et al. in press). Jambor (1997) hovorí o 4-5 násobnej, Juráš (1990) dokonca o 10-násobnej intenzifikácii, posledný údaj však považujeme za prehnany. Najväčšie zvýšenie intenzity erózných procesov sa vzťahuje na družstevné polia, ktoré vznikli na mieste pôvodných terasovaných poľí. Na spádnícovo obrábaných svahoch sa intenzívna erózia vyskytovala i pred kolektivizáciou (Stankoviansky 1997a). Svedčí o tom skutočnosť že mnohé spádnícové polia museli byť v súvislosti s veľkou erodovanosťou už vtedy premenené na pasienky (Lobotka 1955).

## ROZSAH A CHARAKTER PÔSOBENIA RONOVÝCH PROCESOV A ICH GEOMORFOLOGICKÝ EFEKT

### Ronová erózia v poľnohospodárskej krajine

Ronová erózia sa vyskytuje predovšetkým v poľnohospodárskej krajine, v menšej miere v lesnej krajine a v limitovanom rozsahu i nad hornou hranicou lesa. Ďaleko najvýznamnejšia je v krajine poľnohospodárskej, kde sa či už v podobe plošnej alebo lineárnej erózie môže vyskytovať prakticky na všetkých sklonitých partiách reliéfu,

kde sú pre jej pôsobenie vhodné prírodné podmienky. Plošná a lineárna erózia preto často prebiehajú spoločne v tých istých oblastiach kontaktnej zóny nížin a vnútrohorských kotlín s pohoriami, a to od nížinných či kotlinových pahorkatín cez prechodné podhoria až po nižšie pohoria. Ako sme sa zmienili vyššie, ich vzájomný pomer sa mení v priestore a čase, najmä v súvislosti so zmenami využívania zeme.

Oba základné subtypy ronovej erózie sa vyznačujú odlišným geomorfologickým efektom (tzv. "on site effect"). Oveľa zreteľnejší geomorfologický efekt vykazuje erózia lineárna. Výsledkom jej dlhodobého pôsobenia je sieť výmoľov, dosahujúca podľa Bučku a Mazúrovej (1958) v niektorých oblastiach Slovenska hustotu väčšiu ako  $3 \text{ km/km}^2$ . Skutočná hodnota hustoty výmoľovej siete musí však byť vyššia, nakoľko uvedení autori ju určovali z topografických máp, síce detailných ale neznázorňujúcich zďaleka všetky výmole. Podľa Bučka (1981) táto nepresahuje  $9 \text{ km/km}^2$ , čo však rozhodne nie je najvyšší údaj. Detailným terénnym prieskumom niekoľkých ostrovov výmoľov na Myjavskej pahorkatine sme zistili ich hustotu až do hodnoty  $11 \text{ km/km}^2$ , čo ešte stále v slovenských podmienkach nepovažujeme za maximum. V horskej časti Slovenska sa najhustejšia sieť výmoľov vyskytuje najmä vo flyšových pohoriach, popri Myjavskej pahorkatine je to napr. Kysucká vrchovina, Šarišská vrchovina a Nízke Beskydy, prípadne vo vulkanických pohoriach, ako napr. v Krupinskej planine. Z kotlín je výmoľovou eróziou najviac postihnutá Ipeľská kotlina, kde sa výmole vytvorili v sprašiach a sprašových hlinách. V nížinách je najhustejšia výmoľová sieť v severných častiach Nitrianskej a Trnavskej pahorkatiny v rámci Podunajskej nížiny, opäť založená v sprašiach.

Pri štúdiu výmoľov v Myjavskej pahorkatine sa zistili ďalšie zaujímavé skutočnosti. Najstaršie výmole, ktoré mohli byť vytvorené ešte pred kolonizovaním územia (v prípade Myjavskej pahorkatiny predstavuje dĺžka trvania antropogénnych zásahov iba 7 storočí) boli podmienené topograficky. Viazali sa buď na údolnice alebo na kryhové zosuny. Pri ich vzniku sa popri výmoľovej erózii významne podieľala i sufózia. Drvivá väčšina výmoľov v tomto území však vznikla následkom hospodárskej činnosti človeka, najmä v období vyššie spomenutej kopaničiarskej kolonizácie (Stankoviánsky, v tlači). Výmole sa vytvorili buď na umelých lineárnych krajinných prvkoch, akými boli poľné cesty, chodníky, rozhrania medzi poľami, úvrate, medze, drenážne ryhy a pod., alebo na pasienkoch. Miesta najväčšej koncentrácie výmoľov nadobudli charakter badlandovitých črt (Stankoviánsky 1997b). Najväčšie výmole dosahujú hĺbku 10-15 m, výnimočne do 20 m. Všetky ostrovy výmoľov sú v súčasnosti sekundárne zalesnené, čím predstavujú zalesnené ostrovy uprostred oráčinovej krajiny. Výsledky štúdia výmoľov na Myjavskej pahorkatine možno extrapolovať i na iné poľnohospodársky využívané podhorské a horské oblasti Slovenska, devastované výmoľovou eróziou natoľko, že ich človek postupne musel prestať využívať a opustil ich.

Doteraz popisované permanentné výmole vznikli poväčšine v minulých storočiach, a teda v podmienkach využívania zeme odlišných od súčasných, čím dnes predstavujú vlastne reliktné formy reliéfu (Stankoviánsky 1997b). V pokolektivizačnom období pri výrazne transformovanom využívaní zeme iba zriedkavo dochádza ku vzniku permanentných výmoľov na poľnohospodárskej pôde, ako tomu bolo napr. na lokalite Rokytovec vo flyšovom pohorí Ondavská vrchovina následkom extrémnych zrážok v roku 1954, kedy vznikli výmole, bežne dosahujúce hĺbku viac ako 10 m (Janáč 1966). Pre súčasné využívanie zeme je typické vytváranie tzv. efemérnych výmoľov, ktoré sú zvyčajne zahládzané pri najbližšej bežnej operácii obrábania pôdy.

Tento typ lineárnej erózie sa viaže na prirodzené lineárne krajinné prvky ako sú dna úvalín a suchých dolín, prípadne svahové zníženiны rôzneho pôvodu, ako napr. splachové brázdy (Stankoviansky 1998b).

Geomorfologický efekt plošnej erózie, pod ktorou chápeme kumulované pôsobenie plošného splachu, stružkovej a medzistružkovej erózie, nie je opticky zďaleka taký zreteľný ako v prípade erózie lineárnej. Na mocnosť materiálu, zmytého z chrbtov a svahov v poľnohospodársky využívaných oblastiach (často až na podložie), možno usudzovať iba na základe odhadu mocnosti pôvodnej pôdy či regolitu. Hrúbka zmytej vrstvy kolíše z miesta na miesto v závislosti od topografických a geologických parametrov, ale i od dĺžky a intenzity využívania svahu. Treba však upozorniť, že na znižovaní povrchu chrbtov a svahov sa popri plošnej erózii významnou mierou podieľala i erózia z orania (Stankoviansky 1998a).

Okrem odhadu mocnosti odnesenej vrstvy počas celého obdobia poľnohospodárskeho využívania tej - ktorej lokality sa uskutočnili pokusy stanoviť mocnosť vrstvy odnesenej počas poslednej eróznej etapy, súvisiacej s postkolektívizačným využívaním zeme. Využitím metódy Cs 137 sa na eróziou najatakovanejších úsekoch svahov na viacerých lokalitách v pahorkatinnom reliéfe západného Slovenska (Horné Srieň, Luborča, Bzince pod Javorinou) stanovil odnos ca 5 cm vrstvy pôdy od začiatku kolektívizácie (Lehotský a Stankoviansky 1992; Lehotský et al. 1993). V priebehu rokov 1955-1985 došlo podľa Hraška et al. (1985) v oblastiach výrazne erodovaných pôd k zneseniu 3-8 cm mocnej, miestami až 11-14 cm mocnej vrstvy ornice. Jambor a Zrubec (1994) v katastri obce Kočín na Tmavskej pahorkatine pri revízii komplexného výskumu poľnohospodárskych pôd zistili na viacerých plochách zmenu pôvodných Orthic Luvisols následkom erózie v rokoch 1961-1991 na Regosol, čo podľa Sályho a Midriaka (1995) znamená odnos ca 10-20 cm vrstvy ornice. O určenie priemerných ročných hodnôt znižovania povrchu pôdy sa pokúsil Karniš (1982a, b, 1983) na báze niekoľko rokov trvajúceho stacionárneho výskumu na poliach v rôznom geologickom prostredí v širšom okolí Lučenca a Prešova. Namerané hodnoty sa pohybovali v rozpätí 0,3-1,3 cm/rok.

### Ronová erózia v lesnej krajine

Trvalá lesná vegetačná pokrývka vo všeobecnosti najlepšie plní pôdoochrannú funkciu, ronovou eróziou je však do určitej miery postihnutá i lesná pôda. Týka sa to predovšetkým oblastí už dávnejšie spustnutých pôd a lokalít so súčasnou ťažbou dreva.

V jednotlivých pohoriach je veľa ostrovov tzv. sekundárnych spustnutých pôd. Ide o lokality, ktoré v minulosti boli buď intenzívne vypásané, alebo sa v nich uskutočňovala nadmerná, veľkoplošná ťažba dreva pre rôzne potreby priemyslu. Intenzívne erózne procesy buď vyvíjili v týchto územiach husté siete výmoľov, často kombinovaných so zosunmi (v prípade menej odolných hornín), alebo došlo k úplnému odnosu pôdy a odkrytiu skalného podložja (v prípade odolnejších hornín). Na Slovensku bolo po 2. svetovej vojne okolo 1000 km<sup>2</sup> spustnutých pôd (Janečko et al. 1955). Dnes sú tieto menej hodnotné a prakticky nevyužiteľné plochy zväčša zalesnené, či už umelo alebo náletom.

V posledných rokoch, najmä po politicko-spoločenských zmenách v roku 1989, dochádza na mnohých miestach k intenzifikácii ťažby dreva holorubmi. Táto veľko-

plošná ťažba dreva má za následok zvýšenie pravdepodobnosti vzniku tzv. bleskových povodní následkom extrémnych zrážok i v zväčša zalesnených územiach, ako tomu bolo napr. v júli 1998 na východnom Slovensku v oblasti Spiša a najmä Šariša, keď v prívalech vody a bahna počas takýchto povodní našli smrť desiatky ľudí. V rámci výskumu intenzity plošnej erózie na holoruboch v oblasti Biosferickej rezervácie Východné Karpaty, budovanej flyšovými horninami, nameral Midriak (1995a) totálny odnos pôdy (t.j. sumu absolútnych a relatívnych pôdnych strát) 1570 kg/ha/rok. Takmer 100-násobne vyššie hodnoty pôdnych strát (4,4-14,0 m<sup>3</sup>/ha/rok) zistil menovaný autor v tom istom území v prípade lineárnej erózie na sieti nespevnených lesných ciest a približovacích tratí. Priemerný odnos z 1 bežného m dĺžky nespevnených približovacích ciest následkom tak mechanického odierania povrchu cesty vlečenými stromami, ako aj následným pôsobením lineárnej erózie sa pohyboval v rozmedzí 0,13-0,61 m<sup>3</sup>/rok (Midriak 1995b).

### Ronová erózia nad hornou hranicou lesa

Ronová erózia nad hornou hranicou lesa v tzv. kryoniválnom morfogenetickom systéme sa síce plošne výraznejšie neprejavuje (suma predmetných partií najvyšších pohorí Slovenska predstavuje iba asi 2% povrchu jeho územia), avšak ich intenzita dosahuje značné hodnoty. Podľa Midriaka (1983) vypočítaná hodnota znižovania povrchu súborom rôznych geomorfologických procesov v oblasti nad hornou hranicou lesa v jednotlivých vysokých pohoriach kolíše v rozpätí 0,10-0,72 mm/rok (v priemere 0,27 mm/rok). Treba však konštatovať, že odnos vedúci k znižovaniu svahov nie je celoplošný, ale koncentruje sa najmä na obnažené alebo deštruované úseky svahov, predstavujúce iba ca 8% z celkovej plochy. Z úhrmného geomorfologického efektu súboru procesov ronová erózia vykazuje v jednotlivých pohoriach priemerné hodnoty 0,001-0,007 mm/rok v kosodrevinových a trávnatých porastoch, avšak 3,4 mm/rok na obnažených a deštruovaných plochách, pričom maximálne hodnoty dosahujú desaťnásobky priemeru.

### Akumulácia erodovaného materiálu

Erodovaný materiál v poľnohospodárskej krajine, lesnej krajine i nad hornou hranicou lesa je prenášaný na rôzne vzdialenosti. Jeho podstatná časť je ukladaná v lokálnych depresných terénnych polohách a na pätách svahov, zvyšok sa dostáva do tokov a ich prostredníctvom do vodných nádrží. Geomorfologickým efektom spojeným s transportom a akumuláciou erodovaného materiálu (tzv. "off site effects") sa zatiaľ na Slovensku nevenovala taká pozornosť ako v prípade erózne podmienených "on site effects".

Akumulácia v lokálnych depresných polohách, a to v úvalinách, suchých dolinách a na pätách svahov zodpovedajúca obdobiu postkolektívizačného erózneho cyklu, bola študovaná na viacerých lokalitách vo východnej časti Myjavskej pahorkatiny a priľahlej časti Bielych Karpát. Dlhoročné opakované pôsobenie procesu akumulácie malo za následok vyplňanie dien týchto vhlbených foriem reliéfu, prípadne zárezov v nich, ako i nárast podsvahových kolúvií. Maximálna zistená mocnosť v prípade zárezov v dnách dolín, ako aj kolúvií bola ca 1 m (Stankoviansky 1996). Oveľa väčšie mocnosti vyplní dien dolín však zodpovedajú časovo neporovnateľne dlhšiemu predkolektívizačnému obdobiu antropogénnych zásahov (Stankoviansky 1998a).

Ukladanie materiálu prenášaného tokmi sa na Slovensku sleduje v malých vodných nádržiach na lokálnych tokoch i vo veľkých rezervoároch na hlavných tokoch. Janský (1992) vyhodnotil rýchlosť zanášania 27 malých vodných nádrží s irigačnou funkciou s veľkosťou povodí v rozmedzí 0,8-28,0 km<sup>2</sup>. Zistil, že ročný prírastok sedimentov sa pohyboval od 188 do 7554 m<sup>3</sup>, znamenajúci ročný úbytok objemovej kapacity v rozmedzí 0,32-9,30%. Ročný odnos v povodiach jednotlivých rezervoárov bol 10,4-442,2 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

V rámci sledovania zanášania veľkých vodných nádrží sa zistilo, že situácia je najvyostrenejšia v priehradách na strednom a hornom toku Váhu, čo súvisí s vysokou intenzitou erózných procesov v povodiach jeho pravostranných prítokov, budovaných menej odolnými flyšovými horninami. V troch sledovaných vodných dielach sa v priebehu ich viac ako 30 ročnej existencie uložilo spolu 12,7 milióna m<sup>3</sup> sedimentov, čo znamená priemerne približne 35% zníženie ich pôvodného objemu, z toho v prípade rezervoáru Krpelany 58%, Hričov 25% a Nosice 22% (Holubová, Lukáč jr. 1997). Celkovo, v 32 vodných dielach na Slovensku sa v súčasnosti nachádza asi 40 miliónov m<sup>3</sup> sedimentov (Bielek 1996).

## ZÁVER

Štúdium chronologického vývoja ronových geomorfologických procesov od počiatkov zásahov človeka do krajiny poukázalo na meniaci sa význam klimatických a antropogénnych vplyvov na ich akceleráciu. V prvých troch z piatich identifikovaných erózných cyklov (spojených s bronzovou dobou, obdobím Velkomoravskej ríše a s tzv. veľkou kolonizáciou) ešte antropogénne vplyvy neprevážili význam klimatických vplyvov. V štvrtom cykle, spojenom s kopaničiarskou kolonizáciou, už antropogénny vplyv dominoval, čo sa ešte zvýraznilo v piatom, spojenom s pokolektivizačným obdobím. V tomto období došlo k významnej aktivizácii ronových procesov pri prakticky nezmenenom charaktere klimatických pomerov. Jednotlivé erózne cykly sa vyznačovali odlišným priestorovým rozložením, priebehom i geomorfologickým efektom ronových procesov. Charakteristický bol najmä plošný nárast postihnutých území, kulminujúci počas vrcholenia kopaničiarskej kolonizácie.

V priebehu posledných dvoch erózných cyklov, ktorým bola v príspevku venovaná najväčšia pozornosť, došlo najmä v poľnohospodárskej krajine k výraznej transformácii priebehu ronových procesov a ich geomorfologického efektu. Kým v období kopaničiarskej kolonizácie dominovala lineárna erózia, ktorej výsledkom bola hustá sieť permanentných výmolv, viažúca sa najmä na umelé lineárne krajinné prvky, prípadne na pasienky, pre pokolektivizačné obdobie je typický predovšetkým plošný charakter priebehu ronových procesov, pričom plošná erózia je lokálne doprevádzaná topograficky usmernenou lineárnou eróziou, vedúcou v zmenených podmienkach nie k tvorbe permanentných, ale takmer výlučne efemérnych výmolv.

*Vypracovanie uvedeného príspevku bolo súčasťou riešenia projektu č. 2/4063, podporeného grantom VEGA.*

## LITERATÚRA

- BIELEK, P. (1996). *Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republike*. Bratislava (Výskumný ústav pôdnej úrodnosti).
- BUČKO, Š. (1980). Vznik a vývoj erózných procesov v ČSSR. In *Protierózna ochrana pôdy*. Banská Bystrica (Dom techniky ČSVTS), pp. 1-14.
- BUČKO, Š. (1981). Zmeny v prírodnej sfére krajiny následkom zrýchlenej erózie. In *Sborník referátů 15. sjezdu ČSGS*. Brno (ČSGS), pp. 185-191.
- BUČKO, Š., MAZÚROVÁ, V. (1958). Výmolová erózia na Slovensku. In Zachar, D. ed. *Vodná erózia na Slovensku*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV), pp. 68-101.
- HOLUBOVÁ K., LUKÁČ M. jr. (1997). Silting process in the system of reservoirs in Slovakia. In *Proceedings of the 19th ICOLD Congress*. Paris (ICOLD), pp. 551-561.
- HRAŠKO, J. et al. (1985). *Pôda a výživa rastlín*. Bratislava (Príroda).
- HUBA, M. (1997). Kopaničiarske osídlenie, životné prostredie a trvalo udržateľný spôsob existencie. *Životné prostredie*, 31, 61-66.
- JAMBOR, P. (1997). Effective erosion control is fully in hands of land user. *Proceedings of the Soil fertility research institute*, Bratislava, 20, 2, 249-254.
- JAMBOR, P., ZRUBEC, F. (1994). Erózia v podmienkach modelu hospodárenia na pôdach pahorkatiny. *Pôda*, 1, 60-65.
- JANÁČ, A. (1966). Erózia pôdy v podmienkach Nízkyh Beskýd. *Geografický časopis*, 18, 280-282.
- JANEČKO, E., KRÉBES, G., CIFRA, J. (1955). *Spustnuté pôdy a ich zalesňovanie*. Bratislava (SVPL).
- JANSKÝ, L. (1992). Sediment accumulation in small water reservoirs utilized for irrigation. In Younos, T., Diplas, P., Mostaghimi, S., eds. *Land reclamation - advances in research and technology*. St. Joseph (American Society of Agricultural Engineering), pp. 76-82.
- JURÁŇ, C. (1990). Erózne procesy na území Slovenska a perspektíva protieróznej ochrany poľnohospodárskej pôdy. In *Pôda - najcennejší zdroj*. Bratislava (VÚPÚ), pp. 60-74.
- KARNIŠ, J. (1982a). Erodovanosť pôd v okrese Lučenec. *Geografický časopis*, 34, 50-69.
- KARNIŠ, J. (1982b). Erózia pôd Šarišskej vrchoviny. *Geografický časopis*, 34, 386-407.
- KARNIŠ, J. (1983). Erodovanosť pôd a ich protierózna ochrana v okrese Prešov. *Geografický časopis*, 35, 313-333.
- LAMB, H.H. (1984). Climate in the last thousand years: natural climatic fluctuations and change. In Flohn, H., Fantechi, R., eds. *The climate of Europe: Past, present and future*. Dordrecht (D. Reidel Publ. Comp.), pp. 25-64.
- LEHOTSKÝ M., STANKOVIANSKY M. (1992). Detekcia zrážkových eróznno-akumulačných procesov na základe stanovenia obsahu izotopu Cs-137 v pôdnom profile. *Geografický časopis*, 44, 273-287.
- LEHOTSKÝ M., STANKOVIANSKY M., LINKEŠ V. (1993). Use of Caesium-137 in study of pedogeomorphic processes. In Wicherek, S., ed. *Proceedings of the Internat. Symposium, Paris, Saint-Cloud: Farm land erosion in temperate plains environment and hills*. Amsterdam (Elsevier), pp. 339-346.
- LOBOTKA, V. (1955). Terasové polia na Slovensku. *Polnohospodárstvo*, 2, 539-549.
- MIDRIAK, R. (1970). Výsledky 20-ročného výskumu erózie pôdy na Slovensku. *Polnohospodárstvo*, 16, 1085-1100.
- MIDRIAK R. (1983). *Morfogenéza povrchu vysokých pohorí*. Bratislava (Veda).

- MIDRIAK R. (1995a). Zosuvné a erózne ohrozenie územia východnej časti biosferickej rezervácie Východné Karpaty. *Acta Facultatis Ecologiae*, 2, 178-192.
- MIDRIAK R. (1995b). Povrchový odtok a erózne pôdne straty v lesných porastoch flyšovej oblasti CHKO - Biosferickej rezervácie Východné Karpaty. In Hochmuth, Z. ed. *Reliéf a integrovaný výskum krajiny*. Prešov (Pedagogická fakulta UPJŠ), pp. 58-63.
- MIDRIAK, R., LINKEŠ, V., STANKOVIANSKY, M. (1990). Ochrana pôdneho fondu pred eróziou. Súčasný stav výskumu erózie pôdy na Slovensku - vybrané výsledky. *Geografický časopis*, 42, 220-224.
- SOLÍN, E., CEBECAUER, T. (1998). Vplyv kolektivizácie poľnohospodárstva na vodnú eróziu pôdy v povodí Jablonka. *Geografický časopis*, 50, 35-57.
- STANKOVIANSKY, M. (1995). Hodnotenie stružkovej erózie vyvolanej roztopovými vodami (na príklade vybranej časti Myjavskej pahorkatiny). In Trizna, M., ed. *Vybrané problémy súčasnej geografie a príbuzných disciplín*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta UK), pp. 81-88.
- STANKOVIANSKY M. (1996). Evolution of geomorphic processes in the Myjava Hillyland as response to land use changes. *Revista Geografică*, 2-3, 12-17.
- STANKOVIANSKY M. (1997a). Geomorphic effect of surface runoff in the Myjava Hillyland. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 110, 207-217.
- STANKOVIANSKY M. (1997b). Relic badland-like features in the Myjava Hillyland, Slovakia. In Torri, D., Rodolfi, G., eds. *Badland processes and significance in changing environments*. Firenze (Istituto per lo Studio e la Difesa del Suolo), pp. 5-7.
- STANKOVIANSKY, M. (1997c). Antropogénne zmeny krajiny myjavskej kopaničiarskej oblasti. *Životné prostredie*, 31, 84-89.
- STANKOVIANSKY, M. (1997d). Geomorfologický efekt extrémnych zrážok. Príkladová štúdia. *Geografický časopis*, 49, 187-204.
- STANKOVIANSKY M. (1998a). Geomorfologický efekt pôsobenia ronových procesov v poľnohospodárskej krajine. In *Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana*. Bratislava (Výskumný ústav pôdnej úrodnosti), pp. 301-308.
- STANKOVIANSKY, M. (1998b). Význam tvorby efemérnych výmoľov v súčasnej i dlhodobej morfogenéze. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae, Prírodné vedy* 30, Folia Geographica 2 (v tlači).
- STANKOVIANSKY, M. (v tlači). Transformation of geomorphic effect of gully erosion due to large scale land use changes. *Proceedings of the Carpatho-Balkan Geomorphological Conference, Baile Herculane (Romania), October 11-16, 1998*.
- STANKOVIANSKY, M., CEBECAUER, T., HANUŠIN, J., LEHOTSKÝ, M., SOLÍN, ŠÚRI, M., URBÁNEK, J. (v tlači). Influence of collectivization on soil erosion in farm land in Slovakia. *Proceedings of the 19th World Congress of the SVU: Problems of sciences and arts on the eve of the 21st century, Bratislava, July 5-10, 1998*.
- STANKOVIANSKY, M., MIDRIAK, R. (v tlači). Výsledky výskumu geomorfologických procesov v slovenských Karpatoch za posledných 15 rokov. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae, Prírodné vedy, Folia Geographica*.
- STEHLÍK, O. (1981). Vývoj eroze pôdy v ČSR. *Studia Geographica*, 72, 5-37.
- ŠÁLY R., MIDRIAK R. (1995). Water erosion in Slovakia. *Proceedings of the Soil Fertility Research Institute, Bratislava*, 19, 1, 169-175.
- ZACHAR, D. (1960). *Erózia pôdy*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV).
- ZACHAR, D. (1970). *Erózia pôdy*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV).
- ZACHAR, D. (1982). *Soil erosion*. Amsterdam, Oxford, New York (Elsevier).

## **EVOLUTION OF OPERATION OF RUNOFF PROCESSES IN THE TERRITORY OF SLOVAKIA AND THEIR GEOMORPHIC EFFECT**

The aim of the contribution is to evaluate the evolution of operation of runoff processes in Slovakia from the beginnings of anthropical interventions into the landscape up to now and to characterize their geomorphic effect.

Under runoff processes is meant the erosion and accumulation components of geomorphic processes initiated by operation of surface runoff, i.e. running water coming from rainfalls and snow melt (cf. Stankoviánsky 1995, 1997a). Runoff erosion is represented by the areal and linear (gully) erosion. The author introduced the term "runoff processes" in geomorphology instead of the pedological term "water erosion (or water soil erosion)". Even though the term "water erosion" is frequently used by geomorphologists, it is inadequate from the geomorphic viewpoint. Under the evolution of runoff processes is meant the temporal sequence of the cycles of their acceleration, conditioned both climatically and anthropically (or exclusively anthropically), characteristic by the definite spatial distribution and the course of these processes. Under geomorphic effect of runoff processes are meant above all the geometric land form changes.

The study of evolutionary aspect of runoff geomorphic processes referred to changing significance of climatical and anthropical influences upon their acceleration. Anthropical influences did not exceed the significance of climatical ones in case of the first three from among five identified erosion cycles (i.e. cycles associated with the Bronze Age, with the Great Moravian Empire and with so called big colonization). Anthropic influence began to predominate in the fourth erosion cycle associated with the kopanitse colonization. The fifth erosion cycle concerning the post-collectivization period is influenced exclusively by man. Particular erosion cycles were typical for the different spatial distribution, course and geomorphic effect of runoff processes. The characteristic feature of the evolution of spatial operation of runoff processes was especially gradual increase of areal distribution of affected regions, reaching its maximum during culmination of the kopanitse colonization.

During the last two erosion cycles (to which most attention was paid) a marked transformation of course of runoff processes and of their geomorphic effect, especially in agricultural landscape, arose. In the period of the kopanitse colonization the linear erosion predominated, resulting in the formation of the dense network of permanent gullies, controlled above all by artificial linear landscape elements or by pastures. For the post-collectivization period the predominance of areal erosion is typical, accompanied here and there by the topographically controlled linear erosion leading to the formation of ephemeral gullies.

In the framework of evaluation of the extent, nature of operation and geomorphic effect of runoff processes the attention was paid to runoff erosion in the agricultural landscape, forested landscape and above the upper timber line, as well as to the runoff accumulation in topographical depressions in agricultural landscape. The contribution deals also with the problems of fluvial transport of eroded material and its accumulation in water reservoirs.

Translated by the author