

GEOEKOLOGICKÝ INFORMAČNÝ SYSTÉM AKO NÁSTROJ HODNOTENIA HROZBY VÝMOĽOVEJ ERÓZIE

Martin Saksa

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava 212

Abstract: The goal of the paper is to show basic physical geographical and anthropogenic characteristics which influence gully erosion and creation of gully, refer to importance of geoeological information system, which includes this characteristics at its assessment, describe of creation of this functional geoeological information system and determine relative hazard of gully erosion in a specific territory by simple algorithm.

Keywords: hazard of gully erosion; geoeological information system; abiocomplex; land cover; land use; existing gullies

1. ÚVOD

Prírodné hrozby a z nich vyplývajúce prírodné riziká a následne prírodné katastrofy, sú celosvetovo aktuálnym problémom, či už v laických, alebo odborných kruhoch. Udalosti zo sveta ale aj zo Slovenska (výskyt povodní, silných búrok, lavín, zemetrasení atď.) stále dokazujú, že témy hodnotenia prírodných hrozieb, prírodných rizík a výskumu prírodných katastrof si zasluhujú pozornosť. Napriek stálemu zdokonaľovaniu v oblasti teórie, metodológie a techniky, k praktickému uplatneniu nadobudnutých poznatkov dochádza z rôznych dôvodov veľmi zriedka. Pri niektorých prírodných procesoch môže človek len veľmi málo ovplyvniť resp. zmeniť ich dopad alebo intenzitu, avšak môže zaistiť, aby sa z prírodného procesu nestala prírodná katastrofa.

Každý prírodný proces, najmä náhly, s rýchlym priebehom, je odrazom uvoľnenia určitého napätia v dynamickom systéme Zeme. Niektoré sú prejavom vnútorných endogénnych síl Zeme a tie môžeme označiť ako geologické prírodné živly, iné sú výsledkom pôsobenia gravitačnej sily, znásobenej ďalšími prírodnými faktormi, kedy ide o geomorfologické prírodné živly (Jakál, 1998).

Medzi geomorfologické prírodné živly patrí aj erózia pôdy (Jakál, 1998). Špecifickou formou erózie pôdy je aj výmoľová erózia.

Hodnotenie prírodných hrozieb sa nezaobíde bez geoekologických podkladov, ktoré sú jednou z kľúčových informácií o území. Účelové zozbieranie a spracovanie takýchto informácií do podoby geoekologického informačného systému v prostredí GIS (geografický informačný systém) je nevyhnutnou podmienkou pre hodnotenie prírodných hrozieb, vrátane hrozby výmoľovej erózie.

Cieľom tohto príspevku je stručne charakterizovať proces výmoľovej erózie a tvorbu výmoľov, identifikovať základné fyzickogeografické a antropogénne charakteristiky ovplyvňujúce výmoľovú eróziu a tvorbu výmoľov, poukázať na význam geoekologického informačného systému, ktorý by tieto charakteristiky obsahoval, pri jej hodnotení, popísať tvorbu takéhoto funkčného geoekologického informačného systému a nakoniec použiť jeden experiment a jednoduchým algoritmom (Minár a Tremboš, 1994) určiť relatívnu hrozbu výmoľovej erózie v konkrétnom území.

2. VÝMOĽOVÁ ERÓZIA A VÝMOLE

Výmoľová erózia, ako zložka vodnej erózie pôdy, sa výrazne prejavuje v krajine a jej celkovom charaktere. Predstavuje komplexný prírodný jav, ktorý sa inicializuje sústredením povrchového toku vody do siete hlbokých lineárnych foriem reliéfu na svahoch počas extrémnych zrážok (Zachar, 1970). Výmoľová erózia je geomorfologický proces podieľajúci sa na modelácii poľnohospodárskej krajiny. Tým, že vytvára hlboké lineárne formy reliéfu – výmole - limituje rozvoj poľnohospodárstva na ornej pôde, znehodnocuje nespevnené poľné a lesné cesty, utvára komunikačné bariéry. Riziko spojené s výmoľovou eróziou určuje obmedzenia rozvojových možností poľnohospodárstva, najmä rastlinnej výroby na ornej pôde a je potrebné brať ho do úvahy pri návrhoch trás nespevnených miestnych komunikácií (Minár a Tremboš, 1994).

Výmole, ako formy georeliéfu, spôsobujú fragmentáciu svahov, čím znehodnocujú poľnohospodársku pôdu zmenšovaním jej rozlohy. Najhustejšia sieť výmoľov sa viaže na pahorkatiny a nižšie vrchoviny, reprezentujúce prechodnú zónu medzi nížinami, nižšími časťami kotlín a pohoriami. Táto prechodná zóna je budovaná prevažne menej odolnými horninovými komplexmi s nízkou odolnosťou voči pôsobeniu ronových procesov (Stankoviansky, 1998).

V súčasnom období sa výmoľová erózia na Slovensku prejavuje najmä v tvorbe efemérnych výmoľov, ktoré bývajú zvyčajne zarovnané pri najbližšej operácii obrábania pôdy, avšak pri ďalšej eróznej udalosti môžu opäť vznikať na tých istých miestach (Stankoviansky, 1998).

Rozmerovo väčšie permanentné výmole, ktoré nie je možné zarovnať bežnými operáciami obrábania pôdy, predstavujú v súčasnosti reliktné formy, vytvorené v odlišných klimatických podmienkach predkolektivizačného obdobia. Tieto výmole sú väčšinou stabilizované lesným porastom, vytvárajúce ostrovy lesnej vegetácie v poľnohospodárskej krajine. Napriek stabilizácii sa môžu prejavy výmoľovej erózie u týchto výmoľov v limitovanej podobe obnoviť.

3. VPLYV FYZICKOGEOGRAFICKÝCH A ANTROPOGÉNNYCH FAKTOROV NA VÝMOĽOVÚ ERÓZIU

Vplyv horninového prostredia

Jedným z prírodných komponentov, ktorý vplýva na intenzitu pôdnej erózie je litologické zloženie hornín. Horniny svojimi vlastnosťami ovplyvňujú charakter regolitu, ktorý vzniká ich rozpadom. Vplyv hornín na eróziu sa teda prejavuje práve prostredníctvom regolitu.

Ako uvádza Lukniš (1954), výmole sa vytvárajú najmä na sypkých horninách, ako napríklad na neogénnych pieskoch, ílovitých pieskoch a svahových hlinách, delúviách a na sprašiach, ktoré voda ľahko rozmýva. Tento komponent ovplyvňuje aj tvar výmoľov.

Ondrášik a Rybář (1991) uvádzajú, že ak sa pod pôvodným profilom nachádzajú horniny odolnejšie ako vrchné vrstvy, vznikajú výmole a strže s priečnym profilom tvaru „V“ s rôznym sklonom svahov. Pri rovnako odolných horninách v celom profile, napr. v eluviálnych hlinách alebo v mocných sprašiach, tvoria sa výmole a strže s priamymi až zvislými stenami s priečnym profilom tvaru „U“.

Košťálik (1965) opisuje výmole tvaru písmena „V“ v neogénnych sedimentoch a tvaru písmena „U“ na sprašiach. Podobné tvrdenie zastávajú aj Gregory a Walling (1973), podľa ktorých sa sústredený tok v podobe výmoľov tiež najlepšie zarezáva najmä do nespevnených materiálov. Priečny profil môže byť buď v tvare písmena „V“ a to v prípade, že substrát („*subsoil*“) je pre eróziu odolnejší ako vrstva pôdy, ktorá sa nachádza nad ním, alebo je priečny profil v tvare písmena „U“, ktorý je typický pre spráše, kde odolnosť pôdy a pôdneho substrátu voči erózii je pomerne rovnaká.

V práci Minár a Tremboš (1994) autori uvádzajú jednoduchý algoritmus pre výpočet relatívnej hrozby výmoľovej erózie. Jedným z faktorov vstupujúcich do algoritmu je aj odolnosť hornín (L), ktorej hodnoty sú odvodené na základe kritických rýchlostí pre výmoľovú eróziu z práce Makkaveev a Čalov (1984) (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Hodnoty faktora odolnosti hornín (L) pre výpočet relatívnej hrozby výmoľovej erózie (Minár, Tremboš, 1994)

Hornina	L
Piesok, hlina, štrkopiesok, piesočnatý íl	1
Íly, štrky, hlinito-kamenité delúviá	2
Rozpadavé pieskovce a dolomity	3
Sedimentárne bridlice, vápence, pieskovce	5
Kryštalické skalné horniny, kremence	25

Vplyv reliéfu

Význam reliéfu ako eróznej podmienky je fundamentálny. Vplyv reliéfu určujú dva základné parametre – *sklon svahu* a *dĺžka svahu*. Obidva ovplyvňujú rýchlosť odtoku a tým aj jeho množstvo, lebo čím je väčšia rýchlosť, tým menej času zostane na infiltráciu. Okrem nich má význam ešte *tvar svahu* (Fulajtár a Janský, 2001).

Pre vyjadrenie vplyvu *sklonu svahu* na odnos pôdy dažďovou eróziou sa používa faktor sklonu svahu (S-faktor), ktorý vyjadruje pomer straty pôdy z plochy s určitým sklonom ku strate pôdy z plochy so štandardným sklonom 9 %. Podľa Ondrášika a Rybářa (1991) sa za kritický sklon svahu, pri ktorom dochádza k nebezpečnému rozrušova-

niu povrchu so vznikom výmoľov, považuje podľa charakteru pôdy a podložných hornín 2 – 7°. Podľa Lukniša (1954) vznikajú výmole predovšetkým na svahoch so sklonom 5 – 6°.

Vplyv *dĺžky svahu* na odnos pôdy eróziou sa prejavuje v dvoch smeroch. Pôsobením zrýchlenia, pokiaľ je väčšie ako odpor spôsobený drsnosťou povrchu, vzrastá s dĺžkou dráhy rýchlosť odtokajúcej vody a tým jej vymieľacia a transportná schopnosť. Druhým aspektom je, že s dĺžkou vzrastá množstvo vody na svahu, pretože okrem vody, ktorá spadne vo forme dažďa, pribúda voda pritečená z vyššej časti svahu (Fulajtár a Janský, 2001). Pre dĺžku svahu bol zavedený faktor dĺžky svahu (L-faktor), ktorý vyjadruje pomer straty pôdy z plochy určitej dĺžky ku strate pôdy z plochy so štandardnou dĺžkou 72,6 stôp, čo je 22,13 m.

Podstatou vplyvu *tvaru svahu* na odnos pôdy je to, že mení vzájomný vzťah sklonu a šířky svahu. Stankoviansky (1997) uvádza, že vo vhlbených formách reliéfu, napríklad v úvalinách či úvalinovitých dolinách sa vplyv reliéfu prejavuje oveľa výraznejšie. To súvisí s koncentráciou povrchového ronu na dne danej formy reliéfu, čo má za následok kumulovaný efekt geomorfologického pôsobenia.

Ondrášik a Rybář (1991) uvádzajú, že v niektorých prípadoch na intenzitu erózie vplýva aj *expozícia svahov*. Intenzívnejšie erodované sú južné a východné svahy ako severné a západné.

Vplyv pôdy

Pôda, ktorá je predmetom pôsobenia vody ako erózneho činiteľa sa vyznačuje mnohými vlastnosťami, ktoré ovplyvňujú jej odolnosť voči erózii. V prvom rade sa jedná o odolnosť voči dažďovým kvapkám, ktorá závisí najmä od síl súdržnosti pôsobiacich medzi jednotlivými pôdnymi časťami. Podľa Fulajtára a Janského (2001) sa pri kvapkovej erózii uplatňujú najmä tie vlastnosti, ktoré ovplyvňujú vzájomnú súdržnosť pôdných častíc. Pri celkovej dažďovej erózii na odolnosť pôdy vplývajú dve skupiny vlastností. Priamo pôsobia vlastnosti podporujúce súdržnosť pôdných častíc a nepriamo vlastnosti ovplyvňujúce infiltračnú schopnosť pôdy. Čím väčšia je súdržnosť pôdných častíc, tým viac energie treba na ich uvoľnenie, aby sa mohli stať korisťou odtokových vôd. Na druhej strane, čím väčšia je infiltračná schopnosť pôdy, tým menší je odtok a tým menšia je jeho vymieľacia a transportačná schopnosť. Najľahšie podliehajú erózii častice prachu. Pieskové častice sú menej erodovateľné, pretože ich hmotnosť je väčšia a odtoková voda musí dosiahnuť väčšiu unášaciu schopnosť. Čím je piesok hrubší, tým je odolnejší. Najodolnejšie sú však ílové častice, pretože sú navzájom pútané kohéznymi silami.

Poesen et al. (2003) tvrdí, že rozsah efemérnych výmoľov, ktoré erodujú pôdy už nejakým spôsobom narušené (s odstránenými vrchnými horizontmi) je 4 až 5-krát väčší ako v nenarušených pôdach. Ďalej výskum eróznej odolnosti rôznych horizontov pôd, ktoré sa vytvorili na sprašiach, ukázal väčšiu odolnosť Bt horizontu.

Vplyv vegetačnej pokrývky

Vegetačná pokrývka je po reliéfe druhým mimoriadne dôležitým činiteľom ovplyvňujúcim eróziu.

Čo sa týka výmoľovej erózie, tak vegetácia ovplyvňuje jej intenzitu tým, že vytvára ochranu pôdneho povrchu pred priamym dopadom dažďových kvapiek, podporuje vsakovanie vody do pôdy, spomaľuje povrchový odtok a najmä spevňuje pôdu koreňovým

systémom (Fulajtár a Janský, 2001). Poesen et al. (2003) tvrdí, že relatívne malé množstvo sedimentov je produkované zo svahov, ktoré sú pokryté trávnatým porastom. Tieto sú produktmi najmä stružkovej erózie. Naopak podiel výmoľovej erózie na tvorbe sedimentov značne prekračuje celkové množstvo tvorby sedimentov v rámci plošnej a stružkovej erózie na svahoch, ktoré sú využívané ako orná pôda.

Podľa Stankovianskeho (2003) je mozaika využívania zeme rozhodujúcim činiteľom priestorovej distribúcie pôsobenia ronových geomorfologických procesov. Vstupuje tu však ďalší významný faktor, a to druh plodiny pestovanej na tom – ktorom poli, resp. priestorové usporiadanie polí s odlišnými plodinami. Podľa autora z plodín pravidelne pestovaných na Myjavskej pahorkatine najväčší protieróznym efekt vykazujú tráva, ďatelina siata, lucerna, ale i zapojené obilniny. Naopak, najnižším protieróznym efektom sa vyznačujú kukurica, zemiaky, ale za určitých okolností aj repka olejka a krmná repa.

V tejto súvislosti treba ďalej pripomenúť, že silné dažde v období skoršieho vegetačného obdobia spôsobujú väčšiu eróziu pôdy, ako dlhotrvajúce dažde v neskoršom vegetačnom období.

Vplyv činnosti človeka

Fulajtár a Janský (2001) rozlišujú antropogénnu eróziu priamu a nepriamu. Do priamej erózie zaraďujú orbovú eróziu, závlahovú eróziu, pastvovú eróziu, cestnú eróziu, a technogénnu eróziu (banská a stavebná erózia).

Priamo človek spôsobuje znižovanie ale i zvyšovanie povrchu, či už pri stavebnej činnosti alebo v poľnohospodárstve. Odlesnenie územia a následný spôsob poľnohospodárskeho využívania pôdy nepriamo ovplyvňuje vodnú eróziu na svahu. Podstatne intenzívnejšia je erózia na svahoch obrábaných po spádnici ako po vrstevnici (Ondrášik a Rybář, 1991).

Gregory a Walling (1973) vo svojej práci poukazujú na fakt, že odstránenie lesnej pokrývky je spojené s nárastom odtoku o viac ako 47 %.

Ďalším podnetom pre intenzifikáciu erózie je existencia umelých líniových prvkov v krajine. Stankoviansky (2003) poukazuje na fakt, že prevažná časť výmoľov sa viaže na umelé lineárne krajinné prvky, typické pre pôvodnú krajinnú mozaiku, ako napr. poľné cesty, rozhrania medzi poliami, drenážne ryhy, úvrate a i., menšia časť na plošné prvky krajiny, ako napr. na pasienky. Výmole takto významným spôsobom kopírujú dobovú štruktúru využívania zeme z čias svojho vzniku.

Košťálik (1965) tvrdí, že výmole vznikli väčšinou z ciest, ktoré plnili funkciu prístupových komunikácií na pozemky nachádzajúce sa na vyšších častiach pahorkatiny. Povrchovo odtekajúca voda sa tu koncentrovala a prehlbovala koľaje ciest, čím sa tieto stali nepoužiteľnými. S týmto sa stotožňuje aj Poesen et al. (2003), ktorý v súvislosti s výmoľovou eróziou tvrdí, že rozvoj infraštruktúry, ako sú napríklad zavlažovacie kanály alebo cesty, môže spôsobiť nárast veľkosti výmoľovej erózie, vzhľadom na nevhodný koncentrovaný odtok povrchovej vody. Z uvedeného vyplýva, že vznik a vývoj výmoľovej siete je determinovaný najmä umelými lineárnymi prvkami v krajine.

Príčiny akcelerácie výmoľovej erózie

Za hlavné príčiny akcelerácie výmoľovej erózie sa podľa slovenskej i zahraničnej literatúry považujú *klimatické fluktuácie a zmeny využívania zeme*.

V našich zemepisných šírkach, teda v miernej lesnej morfo-klimatickej zóne, je vznik a vývoj výmoľovej siete spojený predovšetkým s extrémnymi zrážkami a náhlym topením snehu. Nevyhnutnou podmienkou umožňujúcou tvorbu výmoľov v tejto zóne je zvyčajne odlesnenie a poľnohospodárske využívanie pôvodnej lesnej krajiny, vyznačujúcej sa málo odolným substrátom a hlbokým regolitom (Stankoviánsky, 2003).

4. GEOEKOLOGICKÝ INFORMAČNÝ SYSTÉM A HODNOTENIE HROZBY VÝMOĽOVEJ ERÓZIE

Hodnotenie prírodných hrozieb sa nezaobíde bez geoeologických podkladov, ktoré sú jednou z kľúčových informácií o území. Sú to synteticky vyjadrené informácie o fyzickogeografických prvkoch životného prostredia (reliéfe, horninách, ovzduší, vode, pôde, rastlinstve a živočíšstve). Predstavujú základnú priestorovú databázu pre krajinné plánovanie a manažment (Tremboš a Minár, 1997). Účelové zozbieranie a spracovanie takýchto informácií do podoby geoeologického informačného systému v prostredí GIS (geografický informačný systém) je nevyhnutnou podmienkou pre hodnotenie prírodných hrozieb, vrátane hrozby výmoľovej erózie.

Najdôležitejším krokom tvorby takéhoto funkčného geoeologického informačného systému určeného pre hodnotenie hrozby výmoľovej erózie je identifikácia charakteristík krajiny, ktoré proces výmoľovej erózie ovplyvňujú (pozri kapitolu 3.).

Podľa práce Tremboš, Minár a Machová (1994), autori aj s využitím práce Makkaveev a Čalov (1984) uvádzajú že hodnotenie hrozby výmoľovej erózie možno uskutočniť na základe týchto charakteristík krajiny:

- charakter podložnej horniny (rozpukanie, pevnosť, predpokladaná hrúbka zvetralinového plášťa),
- dĺžka, charakter a tvar elementárnych foriem reliéfu,
- výskyt, genéza a stupeň aktivity existujúcich výmoľov,
- priestorová štruktúra a stav siete nespevných ciest (náchylných na eróziu).

V práci Minár a Tremboš (1994) autori uvádzajú jednoduchý algoritmus pre výpočet relatívnej hrozby výmoľovej erózie pre nechránený povrch, teda hlavne nespevnené cesty a ornú pôdu:

$$V = S \cdot D / L ,$$

kde: V je relatívna hodnota hrozby výmoľovej erózie,

S je faktor svahu odvodený na základe Chézyho rovnice pre rýchlosť prúdiaceho toku,

L je faktor odolnosti hornín, ktorého hodnoty sú odvodené na základe kritických rýchlostí pre výmoľovú eróziu z práce Makkaveev a Čalov (1984),

D je faktor dĺžky svahu.

Pre hodnoty $S/L < 1$ je $D = 0$, pre $S/L > 1$ sú jeho hodnoty odvodené z rovnice USLE (Wischmeier a Smith, 1978).

Tento algoritmus použili vo svojej práci napr. Bonk a Minár (2001), Hofierka a Kocco (2005).

Na základe vyššie uvedeného prehľadu vplyvu fyzickogeografických a antropogénnych faktorov na výmoľovú eróziu a prác Tremboš, Minár a Machová (1994); Minár

a Tremboš (1994) sme sa rozhodli skompletizovať databázu charakteristík krajiny, ktoré ovplyvňujú proces výmoľovej erózie a ktoré budú náplňou geoeologického informačného systému. Charakteristiky sú uvedené v ďalšej časti textu.

5. TVORBA GEOEKOLOGICKÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU

Študované územie, pre ktoré bol geoeologický informačný systém vytváraný, pozostáva z katastrálneho územia Ladce, k. ú. Tunežice a časti k. ú. Podhorie. Územie sa nachádza na rozhraní Strážovských vrchov a Považského podolia. V rámci Považského podolia zasahujú do študovaného územia podcelky Ilavská kotlina a Podmanínska pahorkatina a v rámci Strážovských vrchov je to podcelok Trenčianska vrchovina a časti Butkovské bradlá a Butkovská brázda.

Základom geoeologického informačného systému, ako základnej informačnej bázy pre hodnotenie hrozby výmoľovej erózie je mapa abiotických komplexov (abiokomplexov), mapa krajinnej pokrývky a využitia zeme a mapovanie existujúcich výmoľov. Geoeologický informačný systém obsahujúci tieto charakteristiky bol vypracovaný v mierke 1 : 10 000.

Prvým krokom tvorby abiokomplexov v študovanom území bola analýza jednotlivých charakteristík litosféry, georeliéfu, hydrosféry, atmosféry a pedosféry podľa existujúcich mapových podkladov o študovanom území a na základe ich overenia terénnym výskumom. Hodnoty odolnosti hornín sme odvodili na základe kritických rýchlostí pre výmoľovú eróziu z práce Makkaveev a Čalov (1984). Informácie o horninovom prostredí v študovanom území boli získané z regionálnej geologickej mapy mierky 1 : 50 000 (Mahel', 1982) a doplnené vlastným terénnym výskumom. Predpokladaná hrúbka zvetralinového plášťa bola odvodená analógiou z existujúcich odkryvov, zárezov ciest a pod. a analógiou s hĺbkou pôdy. Informácie týkajúce sa georeliéfu (sklon, dĺžka svahu, normálová a horizontálna krivosť reliéfu a orientácia reliéfu) sú odvodené z digitálneho modelu reliéfu (DMR) územia. Charakteristiky pedosféry sú získané z bonitovaných pôdnoekologických jednotiek (BPEJ) pre poľnohospodársky pôdny fond a z pôdných máp Lesných hospodárskych plánov pre lesný pôdny fond. Vzhľadom na ich priestorovú nepresnosť (Tremboš a Minár, 1997; Kolény, 2000; Kolény, 2001), však boli tieto informácie doplnené a upravené údajmi z vlastných pôdných sond.

Ďalším krokom je syntéza jednotlivých vybraných zložiek fyzickogeografickej sféry a určenie abiokomplexov v študovanom území v mierke 1 : 10 000. K vyhraničeniu abiokomplexov, ktoré v tomto prípade chápeme ako elementárne geoeologické jednotky, sme využili metódu vedúceho faktora, ktorým bol georeliéf (čiže jednoducho identifikovateľné hranice reliéfu sú zároveň základom pre vyhraničenie abiokomplexov). Na základe analýzy Základnej mapy v mierke 1 : 10 000, terénneho výskumu a analýzy digitálneho modelu reliéfu boli identifikované v území elementárne formy reliéfu, ktoré boli následne naplnené ďalšími charakteristikami fyzickogeografickej sféry. Takto vyčlenené abiokomplexy sa museli vyznačovať určitou homogenitou z hľadiska daných charakteristík. Ak nebola splnená táto požiadavka, boli následne rozdelené. Najčastejšou príčinou ich ďalšieho delenia bol rozdielny pôdny subtyp a pôdny druh (zrinitosť) v jednej elementárnej forme reliéfu.

V prostredí GIS (*ArcView GIS 3.2*) potom každý vyhraničený abiokomplex predstavuje areál (polygón) s tabuľkou atribútov, ktorými sú vyššie spomínané fyzicko-geografické charakteristiky významné vo vzťahu k výmoluovej erózii (obr. 1, tabuľka 2, prehľad).



Obrázok 1 Ukážka mapy hraníc abiokomplexov (k.ú. Ladce, k.ú. Tunežice, časť k.ú. Podhorie). Podklad: Základná mapa ČSSR 1 : 10 000, listy: 25-43-25, 35-21-05, 35-22-01. Bratislava : Úrad geodézie, kartografie a katastra SR

Tabuľka 2 Príklad abiokomplexu charakterizovaného jednotlivými atribútmi

č.	GS	PHZP	D	sklon [°]	S	OR	KR	dĺžka svahu [m]	D	PTS	PD	HP	SP
34	FS	0	1	<0,1)	0	VS	LL	0	0	FMm	HP	p	2

Skratky atribútov:

č. – poradové číslo abiokomplexu

GS – geologický substrát

PHZP – predpokladaná hrúbka zvetralinového plášťa

D – odolnosť hornín (faktor D)

S – sklon svahu (faktor S)
 OR – orientácia reliéfu
 KR – horizontálna (vrstevnicová) a normálová (spádnicová) krivosť reliéfu
 D – dĺžka svahu (faktor D)
 PTS – pôdny typ a subtyp
 PD – pôdny druh
 HP – hĺbka pôdy
 SP – skeletnosť pôdy

Prehľad – Základné charakteristiky (atribúty) vyčlenených abiokomplexov

Ozn.	Geologický substrát	Predpokladaná hrúbka zvetralinového plášťa [m]	Odolnosť hornín (faktor D)
FS	fluviálne sedimenty – aluviálne: štrky, piesky, hliny	0	1
PS	proluviálne sedimenty	0	1
SH	sprašové a polygenetické hliny	0	1
DK(HK)	deluviálne sedimenty (hlinito-kamenité)	nad 2	2
P	pieskovce	0,5 – 1	3
		1 – 2	2
SP	sliene, vločky pieskovcov	0,5 – 1	3
SI	sliene, ilovce	0,5 – 1	3
		1 – 2	2
PF	flyš (prevaha pieskovcov, striedanie prachovcov, slieňovcov, ílovitých bridlic)	1 – 2	2
SVS	slienité vápence a slieňovce	do 0,5	5
SSV	sivé slienité vápence	do 0,5	5
V	vápence (piesčité krinoidové vápence, sivé organodetrické vápence, rohovcové vápence)	do 0,5	5
AS	antropogénne sedimenty	–	2

Georeliéf:

sklon svahu:

sklon [°]	<0,1>	<1,2>	(2,9)	<9,16>	<16,25>	<25,35>	(35,47)
faktor S*	0	1	2	3	4	5	6

* hodnoty faktora sklonu svahu podľa Minára a Tremboša (1994)

orientácia reliéfu:

S – severná, SZ – severozápadná, Z – západná, JZ – juhozápadná, J – južná, JV – juhovýchodná, V – východná, SV – severovýchodná, VS – všesmerná

horizontálna (vrstevnicová) a normálová (spádnicová) krivosť reliéfu:

LL – lineár – lineárna	XK – konvex – konkávna
LX – lineár – konvexná	KL – konkáv – lineárna
LK – lineár – konkávna	KX – konkáv konvexná
XX – konvex – konvexná	KK – konkáv – konkávna
XL – konvex – lineárna	N – neuvedená (lomy, skalné steny)

dĺžka svahu:

dĺžka [m]	0	20	50	100	150	200	300	500	1 000	1 674
faktor D*	0	0,5	0,75	1	1,2	1,4	1,7	2,2	3,1	3,8

* hodnoty faktora dĺžky svahu podľa Minára a Tremboša (1994)

Pôdne pomery:

pôdny typ a subtyp:

Iniciálne pôdy:	Rendzinové pôdy:	Ilimerické pôdy:
LIm – litozem modálna	RAm – rendzina modálna	LMm – luvizem modálna
FMm – fluvizem modálna	RAj – rendzina sutinová	LMa – luvizem kultizemná
FMa – fluvizem kultizemná	RAq – rendzina litozemná	LMg – luvizem pseudoglejová
FMg – fluvizem glejová	PRm – pararendzina modálna	
RNm – ranker modálny		Hnedé pôdy:
RNk – ranker kambizemný	Hydromorfné pôdy:	KMm – kambizem modálna
	GLm – glej modálny	KMa – kambizem kultizemná
Antropické pôdy:		KMI – kambizem luvizemná
		KMg – kambizem pseudoglejová
ATm – antrozem modálna		
V – vodné toky a plochy		
0 – bez pôdy		

pôdny druh:

P – piesočnaté pôdy (ľahké pôdy)
HP – hlinitopiesočnaté pôdy (ľahké pôdy)
PH – piesočnatohlinité pôdy (stredne ťažké pôdy – ľahšie)
H – hlinité pôdy (stredne ťažké pôdy)
IH – ilovitohlinité pôdy (ťažké pôdy)

hĺbka pôdy:

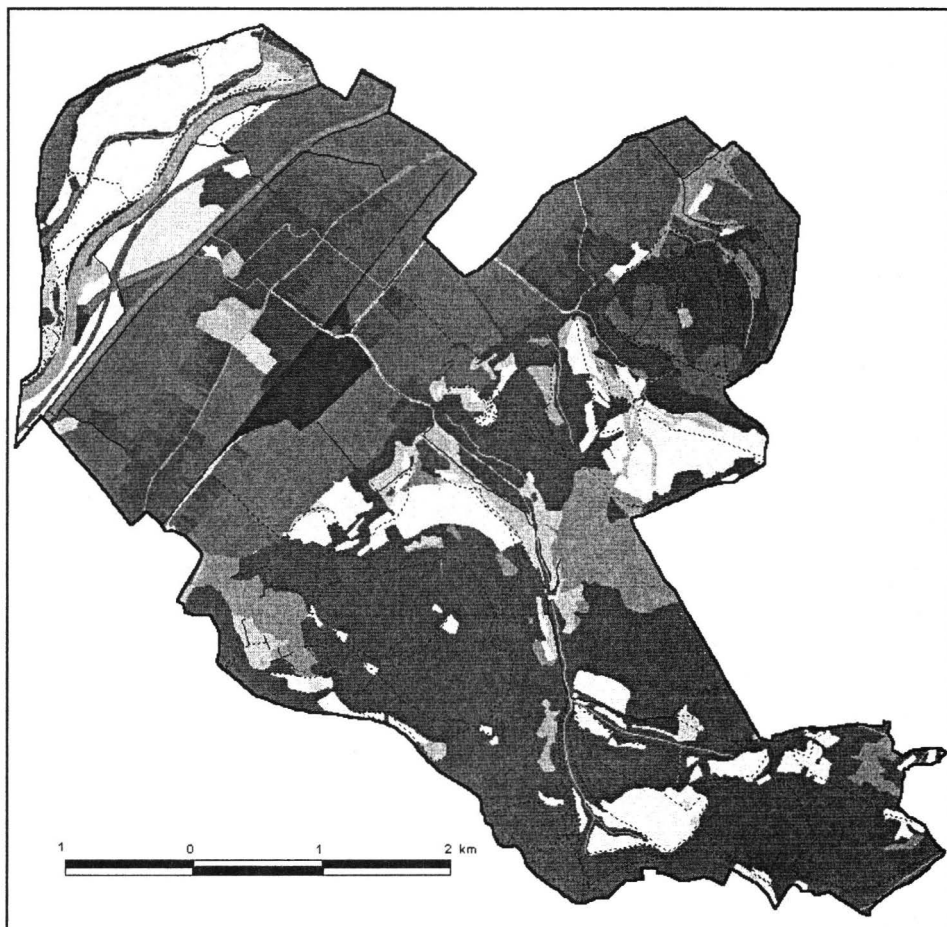
p – plytké pôdy (do 30 cm)
sh – stredne hlboké pôdy (30 – 60 cm)
h – hlboké pôdy (60 cm a viac)

skeletnatosť pôdy:

0 – pôdy bez skeletu, obsah skeletu do 60 cm 0 – 10 %
1 – slabo skeletovité pôdy, obsah skeletu v povrchovom a podpovrchovom horizonte 10 – 25 %
2 – stredne skeletovité pôdy, obsah skeletu v povrchovom a podpovrchovom horizonte 25 – 50 %
3 – silne skeletovité pôdy, obsah v povrchovom horizonte 25 – 50%, v podpovrchovom horizonte viac ako 50 %

Druhou informačnou vrstvou v geologickom informačnom systéme je krajinná pokrývka a využitie zeme. Ide o identifikáciu typov krajinej pokrývky, využitia zeme a líniových prvkov náchylných na eróziu (nespevnené poľné a lesné cesty, brázdy...).

Typy krajinej pokrývky a využitia zeme boli identifikované analýzou ortofotomáp a predovšetkým cieleným terénnym výskumom. Dĺžka líniových prvkov náchylných na eróziu bola identifikovaná podľa Základnej mapy ČSSR v mierke 1 : 10 000 a terénnym výskumom (obr. 2, 3).



Obrázok 2 Ukážka mapy krajinnej pokrývky a využitia zeme (k.ú. Ladce, k.ú. Tunžice, časť k.ú. Podhorie)





Poslednou informačnou vrstvou geoeologického informačného systému je mapovanie existujúcich výmoľov v konkrétnom území. Informácie o existujúcich výmoľoch (dĺžka [m], hĺbka [m] a stupeň aktivity [0, 1, 2, 3]) boli získané cieľným podrobným terénnym výskumom s pomocou Základnej mapy ČSSR v mierke 1 : 10 000 (obrázok 4). Rozlíšené boli tiež výmole od úvozov. Stupeň aktivity jednotlivých výmoľov a úvozov bol určený nasledovne:

- 0 – neaktívne výmole (dno výmoľa v tvare „U“ a zarastené, staré úvozy)
- 1 – slabo aktívne výmole (dno výmoľa v tvare „V“, strmšie svahy)
- 2 – stredne aktívne výmole (stopy po prúdení vody po daždi – stružky)
- 3 – silne aktívne výmole (výrazné stopy po prúdení vody, občasný vodný tok)



Legenda:

URBANIZOVANÉ A TECHNIZOVANÉ AREÁLY

Sídelná zástavba



-  hromadná bytová výstavba
-  individuálna bytová výstavba
-  areály školských zariadení
-  areály športu a zariadení voľného času

Sídelné prvky s rekreačnou funkciou






-  záhradkárske osady
-  chaty a ich príslušené areály

PRÍMYSELNÉ, OBCHODNÉ A DOPRAVNÉ AREÁLY

Priemyselné a obchodné areály

-  areály priemyselných podnikov
-  skladovacie areály

Dopravné línie a plochy

-  cestné komunikácie - diaľnice
-  cestné komunikácie - cesty I. triedy
-  cestné komunikácie - cesty III. triedy
-  ostatné spevnené cestné komunikácie
-  železnice



Areály poľnohospodárskych podnikov

-  areály poľnohospodárskych podnikov

Areály technickej infraštruktúry

-  areály technickej infraštruktúry

Areály ťažby, skládok a výstavby



-  kameňolomy
-  areály ťažby štrku

POĽNOHOSPODÁRSKE AREÁLY




Omá pôda

-  veľkoblková omá pôda
-  makloblková omá pôda





Trvalé kultúry

-  sady - intenzívne využívané
-  sady - extenzívne využívané

Areály tráv




-  trvalé trávne porasty - pasienky
-  trvalé trávne porasty - lúky
-  trvalé trávne porasty - nevyužívané

Heterogénne poľnohospodárske areály

-  trvalé trávne porasty + sady + maloblková omá pôda
-  trvalé trávne porasty + sady + nelesná drevinová vegetácia
-  trvalé trávne porasty + sady
-  trvalé trávne porasty + nelesná drevinová vegetácia

LESNÉ A POLOPRÍRODNÉ AREÁLY





Lesy

-  lesy - hospodárske
-  lesy - ochranné
-  rúbaniská



Kroviny


-  kroviny
-  prechodné lesokroviny

Nelesná vegetácia

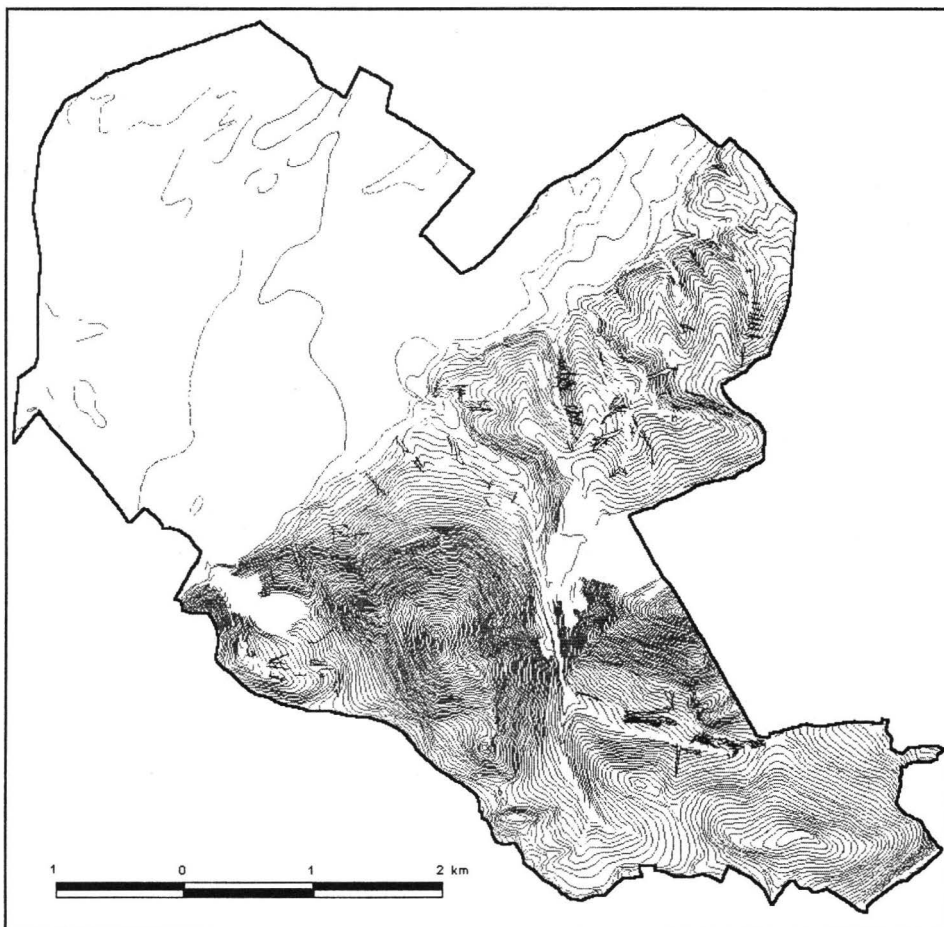
-  nelesná drevinová vegetácia - líniová, skupinová
-  nelesná vegetácia - brehová
-  nelesná vegetácia pozdĺž kanalizovaných tokov, hrádzí, ciest a železníc
-  nelesná vegetácia - parková

Holíny

-  holiny - štrkové lavice
-  holiny - sutiny

-  líniové prvky náchylné na eróziu

Obrázok 3 Ukážka legendy k mape krajinej pokrývky a využitia zeme (Obrázok 2)



Obrázok 4 Ukážka mapy existujúcich výmoľov (k.ú. Ladce, k.ú. Tunežice, časť k.ú. Podhorie).

Podklad: Základná mapa ČSSR 1 : 10 000, listy: 25-43-25, 35-21-05, 35-22-01. Bratislava : Úrad geodézie, kartografie a katastra SR.

6. VÝPOČET RELATÍVNEJ HROZBY VÝMOL'OVEJ ERÓZIE

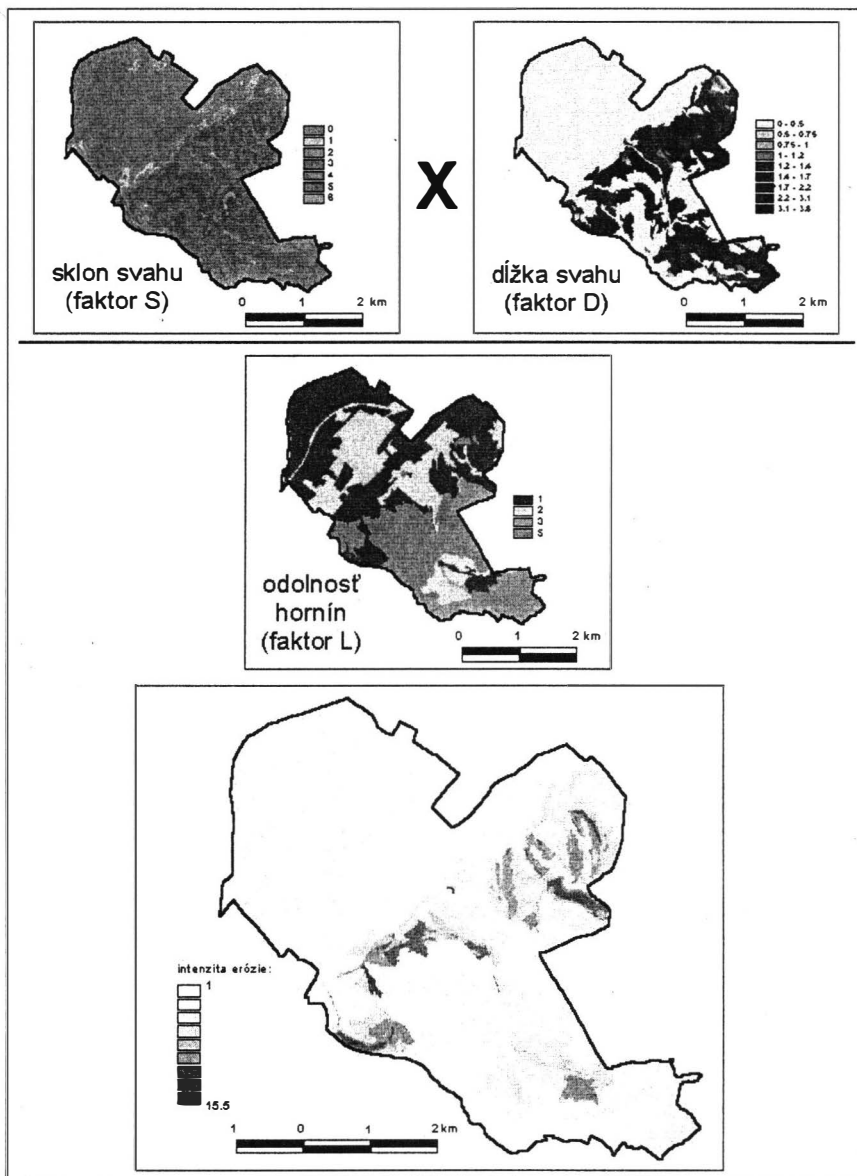
Záverom sme na študovanom území aplikovali jednoduchý algoritmus podľa práce Minár a Tremboš (1994) (viď kapitola 4) pre výpočet relatívnej hrozby výmolevej erózie. Takéto hodnotenie predstavuje príklad využitia vytvorenej geoekologickej databázy.

Veľkosť hrozby výmolevej erózie možno odhadnúť na základe vzťahu:

$$V = S \cdot D / L$$

kde V je relatívna hrozba výmoľovej erózie, S je faktor sklonu svahu, L je faktor odolnosti hornín a D je faktor dĺžky svahu. Pre hodnoty $S/L < 1$ je $D = 0$, pre $S/L \geq 1$ sú jeho hodnoty odvodené z rovnice USLE (Wischmeier a Smith, 1978).

Z vypracovaného geologického informačného systému sa informácia o odolnosti hornín reklasifikovala do faktora L, vrstva sklonov do faktora S a vrstva dĺžok svahov do faktora D (pozri tabuľku 2). Výpočet eróznej hrozby sa realizoval v prostredí ArcView GIS 3.2 – Spatial Analyst. Výsledkom je mapa hrozby výmoľovej erózie v študovanom území (obr. 5).



Obrázok 5 Tvorba mapy hrozby výmoľovej erózie

7. ZÁVER

Účelové zozbieranie a spracovanie geoeologických informácií o konkrétnom území v podobe geoeologického informačného systému v prostredí GIS je nevyhnutnou podmienkou hodnotenia prírodných hrozieb, vrátane hrozby výmoľovej erózie.

Vytvorenie geoeologického informačného systému z charakteristík krajiny ovplyvňujúcich proces výmoľovej erózie je však samozrejme iba prvou, nevyhnutnou fázou jej hodnotenia.

Vlastné hodnotenie výmoľovej erózie využitím geoeologického informačného systému možno vykonávať rozličnými metodickými postupmi. Jeden z nich sme v tomto príspevku uviedli (Minár a Tremboš, 1994). Ako vhodne využiteľné pri hodnotení hrozby výmoľovej erózie sa nám javia viacrozmerné štatistické metódy (napr. faktorová analýza, kanonická korelácia, zhluková analýza) (pozri Saksa a Kriegerová, 2005). Aplikácia viacrozmerných štatistických metód pri hodnotení hrozby výmoľovej erózie výraznou mierou napomôže k objasneniu vzťahov medzi jednotlivými krajinnými charakteristikami a definovaniu hlavných príčin vedúcich k vzniku výmoľovej erózie.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektov Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR a SAV (VEGA) č. 1/1037/04 a č. 1/3052/06.

Literatúra

- BONK, R., MINÁR, J. 2001. Využitie GIS v aplikačne zameranom geoeologickom mapovaní Vrátnej doliny. In: MINÁR, J., BARKA, I., BONK, R., BIZUBOVÁ, M., ČERNÁNSKÝ, J., FALŤAN, V., GAŠPÁREK, J., KOLÉNY, M., KOŽUCH, M., KUSENDOVÁ, D., MACHOVÁ, Z., MIČIAN, L., MIČIETOVÁ, E., MICHALKA, R., NOVOTNÝ, J., RUŽEK, I., ŠVEC, P., TREMBOŠ, P., TRIZNA, M., ZAŤKO, M. 2001. Geoeologický (komplexný fyzickogeografický) výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. In: Geografické spektrum, 3, Bratislava : Geografika, 2001, s. 163-166.
- FULAJTÁR, E., JANSKÝ, L. 2001. Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôd; Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, 2001. 310 s.
- GREGORY, K. J., WALLING, D. E. 1973. Drainage Basin Form and Process: A Geomorphological Approach. London : Arnold, 1973. 456 s.
- HOFIERKA, J., KOCO, Š. 2005. Modelovanie vzniku výmoľovej erózie v okolí Bardejova pomocou geografických informačných systémov. In: Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešoviensis. Prírodné vedy, roč. 37, Folia Geographica, 8, Prešov : Prešovská univerzita, 2005, s. 233-247.
- JAKÁL, J. 1998. Extrémne geomorfologické procesy ako prírodné živly. In: Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešoviensis, Prírodné vedy, roč. 30, Folia Geographica, 2, Prešov : Prešovská univerzita, 1998, s. 297-304.
- KOLÉNY, M. 2000. Vplyv spresnenia pôdnej informácie na cenové relácie BPEJ. In: Geografické spektrum, 2, Bratislava : Geografika, 2000, s. 61-65.
- KOLÉNY, M. 2001. Netradičný pohľad na regionálny výskum Slovenska. In: Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Matthiae Belii, Geografické štúdie, Nr. 8, Banská Bystrica : Univerzita Mateja Bela, 2001, s. 166-121.
- KOŠŤÁLIK, J. 1965. Príspevok ku štúdiu erózie pôd v katastrálnom území Bojničky a Dvorníky. In: Geografický časopis, roč. 17, 1965, č. 4, s. 301-318.
- LUKNIŠ, M. 1954. Všeobecná geomorfológia. I. časť. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1954. 341 s. – Vysokoškolské skriptá.
- MAHEL, M. 1982. Regionálne geologické mapy Slovenska 1:50 000 : Geologická mapa Strážovských vrchov. Bratislava : Geologický ústav Dionýza Štúra, 1982.

- MAKKAVEEV, N. I., ČALOV, R. (edit.). 1984. Eroзионные процессы. Москва : Мысль, 1984. 252 s.
- MINÁR, J., TREMBOŠ, P. 1994. Prírodné hazardy – hrozby, niektoré postupy ich hodnotenia. In: Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, Nr. 35, Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1994. s. 173-194.
- ONDRÁŠIK, R., RYBÁŘ, J. 1991. Dynamická inžinierska geológia. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1991. 272 s.
- POESEN, J., NACHTERGAELE, J., VERSTRAETEN, G., VALENTIN, C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. In: Catena 50, 2003, s. 91-113.
- SAKSA, M., KRIEGEROVÁ, I. 2005. Niektoré možnosti využitia viacrozmerných štatistických metód pri hodnotení prírodných hrozieb. In: Geomorphologia Slovaca, roč. V, 2005, č. 2, s. 30-37.
- STANKOVIANSKY, M. 1997. Geomorfologický efekt extrémnych zrážok (Príkladová štúdia). In: Geografický časopis, roč. 49, 1997, č. 3-4, s. 187-204.
- STANKOVIANSKY, M. 1998. Význam tvorby efemérnych výmoloŧov v súčasnej i dlhodobej morfogénéze. In: Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis. Prírodné vedy, roč. 30, Folia Geographica, 2, Prešov : Prešovská univerzita, 1998; s. 321-326.
- STANKOVIANSKY, M. 2003. Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny. Bratislava : Univerzita Komenského, 2003. 156 s.
- TREMBOŠ, P., MINÁR, J. 1997. Geoekologické podklady o území a trvalo udržateľný rozvoj. In: Acta Environmentalica Universitatis Comenianae /Bratislava/, Supplement, Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1997, s. 129-134.
- TREMBOŠ, P., MINÁR, J., MACHOVÁ, Z. 1994. Identification of Selected Natural Hazards from Viewpoint of the Evaluation of Environmental Limits. In: Acta Facultatis rerum naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, Nr. 34, Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1994, s. 135-151.
- VYSOUDIL, M. 1996. Adaptation of Appropriate GIS Techniques for the Application in Climatology by Use GeoPackage. AUPO, Fac. rer. nat., Geographica XXXIV, Collected Reports of the Natural Science Faculty of the Palacký University Olomouc, Czech Republic. Vydavatelství UP, Olomouc, s. 41-49. ISBN 80-7067-689-2.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537, Washington D. C. : US Department of Agriculture, 1978. 58 s.
- ZACHAR, D. 1970. Erózia pôdy. Bratislava : Slovenská akadémia vied, 1970. 528 s.

Geoecological Information System as Tool for Evaluation of Hazard of Gully Erosion

Summary

Suitable collection and compile of geoecological information about specific territory in the form of geoecological information system in the background of geographical information systems is a prerequisite for evaluation of natural hazard, include hazard of gully erosion.

Creation of geoecological information system with characteristics of landscape, which influence gully erosion and creation of gully is obviously only first, but inevitable stage of its evaluation.

Real evaluation of hazard of gully erosion with using of geoecological information system can be performed by various methodical procedures. One of theirs we showed in this paper (Minár and Tremboš, 1994). As suitable exploited for evaluation of hazard of gully erosion we appear multidimensional statistical methods (for example: Factor Analysis, Canonical Correlation Analysis – CCA, Cluster Analysis) (see Saksa and

Kriegerová, 2005). Application of multidimensional statistical methods in the evaluation of hazard of gully erosion helped with marked scale to clear up relations between individual landscape characteristics and to define main causes lead to rise of gully erosion.