

NEOTEKTONICKÝ VÝVOJ ŽIARSKEJ KOTLINY INDIKOVANÝ GEOMORFOLOGICKOU ANALÝZOU V PROSTREDÍ GIS

Juraj Holec*, Alžbeta Medved'ová**, Ladislav Vitovič*,
Roberta Prokešová***

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15, juraj.holec@uniba.sk, vitovic2@uniba.sk

** Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra geografie, geológie a krajinnej ekológie, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, alzbeta.medvedova@umb.sk

*** Univerzita Mateja Bela, Ústav vedy a výskumu, Cesta na amfiteáter 1, Banská Bystrica, roberta.prokesova@umb.sk

Neotectonic evolution of the Žiarska kotlina Basin based on geomorphological analysis in the GIS

The Žiarska kotlina basin is one of the intramontane basins of the Western Carpathians. Geomorphological analysis of river terraces, thickness of Quaternary sediments, density of landslides and gullies, morpholineaments and faults was carried out using the Geographical Information Systems (GIS). The aim of the analysis was to understand the role of the neotectonics. The river terraces on the right bank of the River Hron are higher than those on the left bank showing the irregular neotectonic evolution of the area. The difference in height of the terraces on the left bank and right bank varies from 11 to 25 meters near Žiar nad Hronom and from 20 to 23 meters near Dolná Ždaňa. The interpolation of the Quaternary cover thickness shows three regions with a relatively thick quaternary cover, two of them in contact with the adjacent mountains and one along the alluvium of the Hron. The density of gullies on the right bank of the Hron is high. The density of landslides is biggest on the western margin of the basin. Analysis of the river terraces suggests that the Žiarska kotlina basin has not uniformly subsided, and the neotectonic activity is different in its individual parts.

Key words: Western Carpathians, Žiarska kotlina basin, GIS, neotectonics, river terraces

ÚVOD

Žiarska kotlina je poklesnutá morfoštruktúra, ktorá je ohraničená pozdĺž zlomov vulkanickými pohoriami – zo západnej strany Vtáčnikom, zo severnej a východnej strany Kremnickými vrchmi a z južnej strany Štiavnickými vrchmi (obr. 1). Jej Z hranica je morfológicky najvýraznejšia, od Vtáčniku je oddelená výrazným zlomovým svahom. V JZ časti sa Žiarska kotlina zužuje do tvaru výbežku, ktorý sa nazýva Žarnovické podolie. Kotlina je odvodňovaná riekou Hron tečúcou po J okraji jej centrálnej časti v generálnom smere ZJZ. V úzkom Žarnovickom podolí tečie Hron v generálnom smere JJZ.

Kotlina sa začala formovať ako priekopová prepadlina v období od konca badenu (Škvarček 1990). Podľa Konečného et al. (1998a) sa počas štvrtej etapy vývoja štiavnického stratovulkánu (stredný až vrchný sarmat) obnovila subsidencia v priestore priekopovej prepadliny Žiarskej depresie, pričom pokles prebiehal pozdĺž zlomovej zóny smeru S – J a výraznejší bol v Z časti územia.

V hrúbke cca 500 m sa nachádzajú fluviálno-limnické až lakustrické sedimenty. Hrúbka sedimentov poukazuje na tektonický pôvod Žiarskej kotliny (Škvarček 1990). Limnický vývoj panvy bol ukončený v období stredného pliocénu, keď začína fluviálno-terestrický vývoj Žiarskej kotliny. Najsilnejšia neotektonická aktivita počas kvartéru začala prebiehať v strednom pleistocéne od mindelu a prejavila sa tvorbou terasových stupňov; významné sú najmä stredné terasy. Morfolineamenty v širšom okolí Žiarskej kotliny v rámci analýzy severnej časti Slovenského stredohoria študoval Urbánek (2006). Podľa neho hlavné geomorfologické línie v oblasti sa viažu na úsek Voznica – Žarnovica – Breznica (JZ výbežok kotliny) a východné úpätie Nízkeho Vtáčnika, ďalej na líniu prebiehajúcu v smere Žiar nad Hronom – Slaská (na Z od Kunešova), na líniu sledujúcu hlbokú dolinu v smere Zvolen – Žiar nad Hronom a na líniu Z – V smeru ohraničujúcu Žiarsku kotlinu zo severu.

Zlomové systémy na obode Zvolenskej a Žiarskej kotliny určujú podľa Laciku (1997) priebeh hlavnej doliny Hrona. Podľa Halouzku (1998a, 1998b) sú najvýznamnejšie tieto neotektonické zlomy: západný okrajový zlom Žiarskej kotliny prejavujúci sa najmä vo výškovej diferenciacii sedimentov pliocénu; lutilský zlom v Žiarskej kotline, ktorý sa prejavuje vo výškovej diferenciacii sedimentov pliocénu a staršieho pleistocénu a západné okrajové zlomy Zvolenskej kotliny v úseku Banská Bystrica – Kováčová (mimo hraníc samotnej Žiarskej kotliny). Výšková diferenciacia uloženín pliocénu dosahuje až 150 m, v prípade uloženín kvartéru ide o prvé desiatky metrov. Posledné prejavy lokálnej subsidencie kotlín pozorujeme v pliocéne, diferenciaciálne pohyby v kvartéri sa udiali na pozadí celkového výzdvihu, ktorého odrazom je vývoj terasových akumulácií (Halouzka 1998a).

Kvartérnemu vývoju rieky Hron na území medzi prameňom Hrona a Slovenskou bránou sa venuje Škvarček (1973). V Žiarskej kotline upozorňuje na nerovnako vysokú pozíciu poriečnej rovne na ľavej (pri Lehôtke pod Brehmi je vo výške 150 metrov nad tokom) a na pravej strane Hrona (cca 90 m nad tokom), čo podľa autora poukazuje na nerovnomerný tektonický zdvih od konca pliocénu. Treba však poznamenať, že pozícia poriečnej rovne je na pravom brehu Hrona neistá (Škvarček 1973) a podľa novších poznatkov v centrálnej časti Žiarskej kotliny pliocénne hronské štrkové súvrstvie úplne chýba (Halouzka 1998a). Terasový systém je v Žiarskej kotline asymetrický, štrkonosné prítoky zatlačili Hron na J stranu, preto sa viac terás zachovalo na pravobrežnej strane.

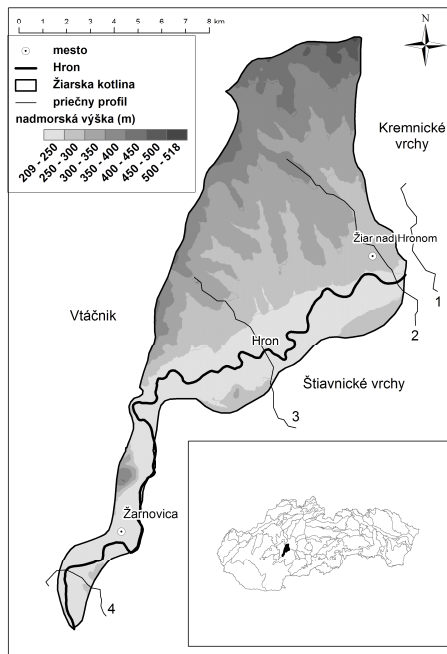
Problematikou zosuvov na území Žiarskej kotliny sa zaoberali napr. Otepka et al. (1991) a Nemčok (1982). Druhý z uvedených autorov uvádza, že zosuvy v centre kotliny sa viažu najmä na pravostranné prítoky Hrona, ktoré sa zarezali k súvrstviám ílov prekrytých vrstvami neogénnych štrkov a pieskov, prípadne materiálom riečnych terás či náplavových kužeľov.

Výmoľovú eróziu na Slovensku opisujú Bučko a Mazúrová (1958). Žiarsku kotlinu radia ku kotlinám viac postihnutým touto eróziou. Upozorňujú, že vo väčšine kotlín boli zásahy človeka podobne intenzívne, a teda nerovnaké postihnutie výmoľovou eróziou má príčinu v rôznych prírodných podmienkach. Hustotou výmoľovej siete v rámci geomorfologických celkov Slovenska sa zaoberala Šimurková (2012). Žiarskej kotline pripadlo v rámci 84 geomorfolo-

gických celkov 22. miesto, patrí teda medzi viac postihnuté geomorfologické celky.

V posledných desaťročiach významne narástla úloha geografických informačných systémov (GIS) v geomorfologickom výskume. GIS vytvorili veľké možnosti pri tvorbe a používaní digitálneho terénneho modelu (Mukherjee et al. 2013), použitie štatistických metód v geomorfologickom výskume (Clerici 2002), leteckých či satelitných snímok v geomorfológii (Siart et al. 2009) a v mnohých ďalších oblastiach.

Príspevok podáva zhodnotenie neotektonického vývoja Žiarskej kotliny na základe vybraných charakteristík, ktoré môžu poukazovať na úlohu neotektoniky. Do úvahy boli zahrnuté nasledovné ukazovatele: hrúbka kvartérneho pokryvu, zlomy, morfolineamenty, hustota výmoľovej siete, hustota zosuvov a lokalizácia riečnych terás v danom území.



Obr. 1. Poloha a výškopis Žiarskej kotliny s vyznačenými vybranými priečnymi profilmi

METODIKA

Excerpcia vrtných údajov

Pre pochopenie neotektonického vývoja kotliny počas kvartéru bola vytvorená mapa hrúbky kvartérneho pokryvu pomocou interpolačnej metódy *TopoToRaster* v programe ArcGIS10.0. Metóda *TopoToRaster* bola využitá pre možnosti interpolácie z bodov aj línií zároveň. Ako podklad do interpolácie

slúžili údaje z 345 vrtov a 10 bodov z odkryvov a línie hraníc areálov predkvartérnych hornín. Dáta dokumentácie vrtov v geologických správach boli v rôznej kvalite, v ideálnom prípade boli zaznačené súradnice vrtu v S-JTSK, presná nadmorská výška a litostratigrafia, teda aj hranica medzi kvartérnymi a neogénnymi sedimentárnymi sekvenciami. Vo viacerých vrtných správach však nebola poloha určená presnými súradnicami, ale len formou priloženej mapky, vtedy ju bolo potrebné georeferencovať. Vyskytli sa aj prípady, keď nebola zaznačená litostratigrafia, alebo vrt nezasahoval až po kontakt kvartérnych uloženín s podloží, teda nemohol byť použitý do interpolácie. Do interpolácie vstúpili taktiež údaje z 10 bodov z odkryvov zameraných polohopisne pomocou turistického GPS Garmin Oregon a výškopisne pomocou výškomera Skywatch Geos 11, pri ktorom výrobca uvádza presnosť 0,5 metra. Do úvahy boli zahrnuté aj areály, kde vystupujú na povrch predkvartérne horniny. Takéto areály boli vyselektované z digitálnej geologickej mapy 1:50 000 (ŠGÚ DŠ 2013) a do interpolácie vstupovali ako nulové izolínie hrúbky kvartérnych uloženín. Z hľadiska interpolácie bolo problematické, že vrtý nie sú rozmiestnené v pravidelnej sieti, ale účelovo, najmä v blízkosti sídiel, prípadne cestných komunikácií.

Zlomy a identifikácia morfolineamentov

Zlomy boli prevzaté z digitálnej verzie geologickej mapy 1:50 000 (ŠGÚ DŠ 2013), mapa morfolineamentov bola zostrojená na základe podkladovej základnej mapy v mierke 1:10 000 (Základná mapa 1:10 000, wms služba. [Online]). Mapa morfolineamentov bola vytvorená expertným prístupom, pričom morfolineamenty možno definovať v zmysle Urbánka (2006) ako lineárne organizovaný systém povrchových foriem. Do úvahy boli brané najmä výrazné terénne hrany, údolnice líniového priebehu či líniovo nadväzujúce viaceré formy, akými sú napr. údolnica – sedlo.

Výmole a zosuvy

Ďalším faktorom, ktorý môže poukazovať na tektonickú aktivitu územia, je hustota a rozmiestnenie výmoľov. Hoci nemožno predpokladať, že by výmole prebiehali priamo po zlomových líniiach, dá sa vychádzať z predpokladu, že v oblasti so zvýšenou neotektonickou aktivitou môže byť zvýšený výskyt výmoľov, ktoré sa viažu na zlomové svahy. Vzťahu výmoľovej erózie a tektoniky sa venovali napr. Huang et al. (2012).

Výmoľová sieť bola zvektorizovaná v prostredí ArcGIS 10.0 ako líniové prvky na základe podkladovej základnej mapy 1:10 000. Existencia a rozmery viacerých výmoľov boli overené priamo v teréne pri vyhľadávaní odkryvov riečnych sedimentov. Následne sme vyjadrili hustotu výmoľovej siete v km.km^{-2} fokálnou štatistikou z plávajúcich okien o polomere 1 km.

Vrstva zosuvov bola prevzatá z Atlasu máp stability svahov SR (Šimeková et al. 2006), pričom ich hustota bola vyjadrená pomocou fokálnej štatistiky z plávajúcich okien s polomerom 1 km. Vzťahu zosuvov a tektoniky sa venovali napr. Lee a Dan (2005), ktorí štatistickými metódami určovali mieru náchylnosti na zosúvanie na základe porovnania výskytu zosuvov v rámci daných tried nadmorských výšok, sklonov, krivostí, pôdnych typov, typu krajinej pokrývky a vzdialeností od zlomových línii.

Riečne terasy a pliocénne povrchy

Vybrané metódy morfoštruktúrnej analýzy reliéfu – MAR (Novotný 2006) boli upriamené na riečne terasy Hrona a jeho prítokov. Pri budovaní databázy morfometrických dát reliéfu (teras) bolo využité softvérové prostredie Quantum GIS v. 1.8.0 Lisboa (QGIS Development Team, 2014). V rámci MAR sme sa opreli o konštrukciu vybraných priečnych profilov dolín a analýzu pliocénnych zarovnaných povrchov. Pre MAR bol využitý topografický podklad v mierke 1:10 000, získaný prostredníctvom služby WMS (Základná mapa 1:10 000, wms služba. [Online]).

Databáza riečnych terás a pliocénnych povrchov bola utvorená podľa geologickej mapy 1:50 000 (Konečný 1998b) a základnej mapy 1:10 000 (Základná mapa 1:10 000, wms služba. [Online]). Vo vrstve polygónov boli každej jednotke priradené jej morfometrické parametre – minimálna, priemerná a maximálna nadmorská výška a výška nad eróznou bázou Hrona odčítaním zo základnej mapy. Posledný atribút bol odvodený ako rozdiel minimálnej výšky polygónu a výšky eróznej bázy. Bázy a povrchy niektorých riečnych terás bolo možné určiť z vrtných správ, pokiaľ tu bolo zaznamenané rozhranie kvartérnych a neogénnych sedimentov. Pomocou barometrického výškomera Skywatch Geos 11 boli zamerané bázy niektorých riečnych terás v prirodzených odkryvoch, ktoré vystupujú vo výmolochoch v pásme medzi Žiarom nad Hronom a Dolnou Ždaňou.

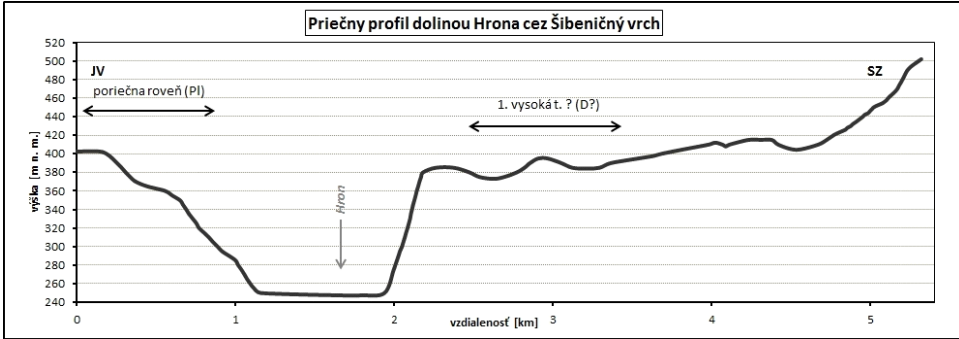
Vo vybraných odkryvoch bola použitá granulometrická analýza s cieľom zistiť pôvod materiálu, pričom sa do úvahy brali druh horniny, rozmery, stupeň opracovania a miera navetrania. Stupeň opracovania bol určený hodnotami v škále od 1 pre úplne neopracovanú horninu po 5 pre úplne opracovanú horninu.

Na mladú tektonickú aktivitu územia poukazujú okrem kvartérnych terás i pozície pliocénnych štrkových akumulácií. K riečnym terasám je preto pripojená aj analýza pliocénnych povrchov tvorených štrkami, resp. pliocénnej poriečnej rovne v zmysle Halouzku (1998a, 1998b). Sledovali sme absolútnu nadmorskú výšku týchto povrchov v Žiarskej kotline a okolí (Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Zvolenská kotlina a Vtáčnik) a tiež aj ich pozíciu a relatívnu výšku voči súčasnému toku Hrona a kvartérnym terasám.

VÝSLEDKY

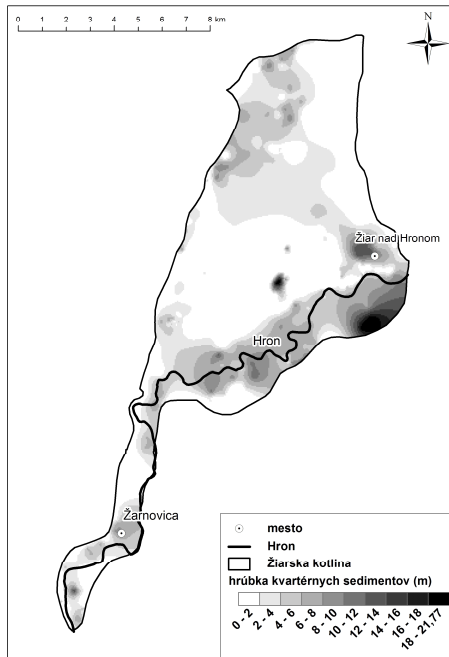
Rozsiahly pliocénny povrch je na ľavobreží Hrona vo výškach 300–400 m n. m. Poriečna roveň v úseku Ladomerská Vieska – Horné Opatovce (obr. 2) je postgeneticky vertikálne tektonicky diferencovaná. Možný súhrnný efekt pliocén-kvartérneho vertikálneho pohybu na rozhraní celkov Žiarska kotlina a Štiavnické vrchy dosahuje hodnotu do 40 m. V Kremnických vrchoch, na pravom brehu Hrona (smerom proti toku) sú pozostatky pliocénnych povrchov (banskobystrické štrkové súvrstvie) v tzv. vysokých polohách lokalizované vo výškach 370–560 m n. m. (tektonicky porušený, rozsiahly povrch v okolí Pítelovej), 460–470 m n. m. (južne od Železnej Breznice) a 340–400 m n. m. (pri Turovej) a na ľavom brehu (sev. okraj Štiavnických vrchov, ľavá strana doliny Jasenice) vo výškach 370–430 m n. m. Podobne na pravobreží Hrona pri Revištskom Podzámčí (Vtáčnik) sú dva zvyšky pliocénnych štrkov vo výškach

380–400 m n. m. Avšak pri Voznici (Žarnovické podolie) na ľavom brehu toku ležia vo výškach 230–250 m n. m., teda cca 30 m pod akumuláciami 2. vrchnej terasy, pričom v rovnakej výškovej úrovni sa tu objavujú aj štrkové akumulácie 1. strednej terasy (Konečný et al. 1998b).



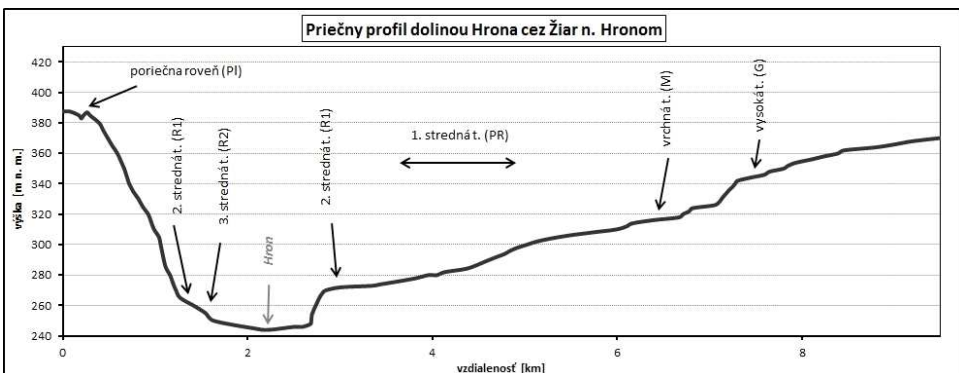
Obr. 2. Terasy Hrona a tektonicky diferencovaný pliocénny povrch (upravené podľa Konečného 1998b) na priečnom profile pri Žiari nad Hronom

Úsek doliny na juhovýchodnom okraji Žiarskej kotliny leží na styku geomorfologických celkov Žiarska kotlina, Štiavnické vrchy a Kremnické vrchy – podcelok Jastrabská vrchovina. Veky: PI – pliocén, D? – pravdepodobne donau.



Obr. 3. Interpolovaná hrúbka kvartérnych sedimentov Žiarskej kotliny

Na základe vykonanej interpolácie hrúbky kvartérnych sedimentov možno v Žiarskej kotline vyčleniť tri oblasti s výraznou akumuláciou (pliocén-) kvartérnych sedimentov. Najväčšie hrúbky dosahujú kvartérne uloženiny na ľavom brehu Hrona južne od Žiaru nad Hronom na území závodov SNP (obr. 3). Tomu zodpovedá aj pozícia rozsiahleho, tektonicky výškovo diferencovaného pliocénneho povrchu mimo Žiarskej kotliny na severnom okraji Štiavnických vrchov, ležiaceho vyššie vo svahu nad zmienenými závodmi (obr. 2). Možný súhrnný efekt pliocén-kvartérneho vertikálneho pohybu je do 40 m. Ďalší areál s veľkou hrúbkou kvartérneho pokryvu sa nachádza na severozápade kotliny na hranici s Vtáčnikom. Treťou oblasťou s pomerne veľkou hrúbkou kvartérnych uloženín je pás fluviálnych akumulácií v doline Hrona. Oproti tomu v centrálnej časti Žiarskej kotliny je už hrúbka kvartérneho pokryvu pomerne malá. Na rozsiahlych plochách tu vystupuje na povrch neogénne podložie.

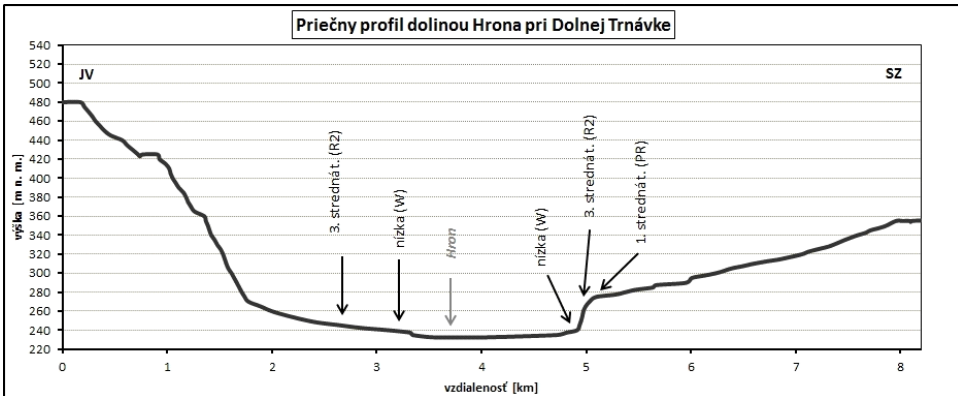


Obr. 4. Terasy Hrona (spracované podľa Konečného 1998b a Lexu 1998b) na priečnom profile Žiarskou kotlinou v Žiari nad Hronom

Asymetrický povrch 2. strednej terasy na ľavom a pravom brehu dokladá tektonickú diferenciaciu v období po jej akumulácii (riss).

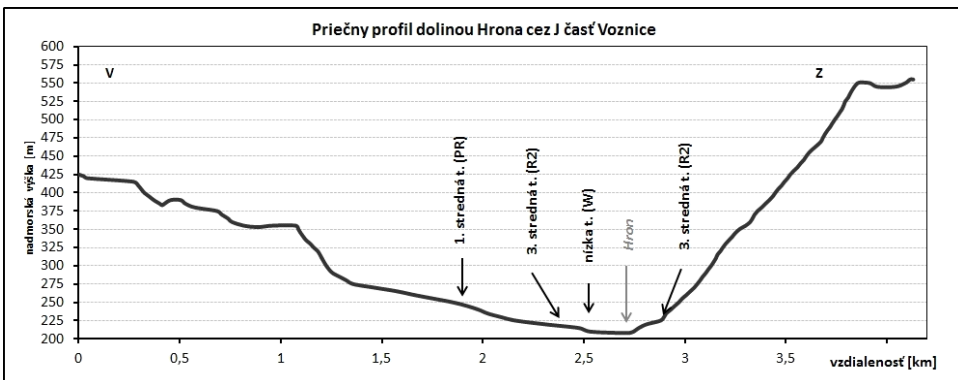
Riečne terasy sú v Žiarskej kotline rozmiestnené nepravidelne, ich väčšia časť sa nachádza na pravom brehu rieky Hron. Taktiež možno pozorovať výškovú asymetriu terasového systému. Na pravobrežnej strane Hrona sú terasové úrovne viac vyzdvihnuté, čo svedčí o nerovnomernom tektonickom výzdvihu, resp. relatívnom poklese ľavobrežného územia. Táto výšková asymetria platí v širšej časti kotliny (obr. 4 a 5), v Žarnovickom podolí už nie je pozorovaná (obr. 6). Asymetria je pozorovateľná v nami vytvorenej geodatabáze na základe odčítania výšok povrchov terás zo základnej mapy (obr. 4 a 5), ako aj vo vrtných správach z areálov na riečnych terasách, resp. v údajoch zaznamenaných výškomerom (tab. 1). Asymetriu z vrtných správ možno určiť len po úroveň 2. strednej terasy, pretože v širšej časti Žiarskej kotliny sa nenachádzajú vrty na vyšších terasách z oboch strán Hrona. Povrchy terás v niektorých lokalitách dobre kopírujú aj vzájomnú výškovú pozíciu terasových báz. Vrty pri Žiari nad Hronom dokazujú výškovú diferenciaciu terás na oboch brehoch Hrona. V prípade 2. strednej terasy je výškový rozdiel báz medzi relatívne poklesnutou ľavou stranou voči pravej cca 11–25 m (tab. 1 a obr. 4). Podľa

dostupných vrtných dokumentácií je podobná aj výšková diferenciácia bázy 3. strednej terasy v neďalekej Dolnej Ždani – Hliníku, kde leží ľavobrežná terasa cca o 20–23 m nižšie ako pravobrežná (tab. 1 a obr. 5). Výsledky granulometrie sú spracované v tab. 2. Lokality, kde bola spravená granulometrická analýza, sú označené na obr. 7. V lokalite A možno pozorovať nárast podielu miestneho materiálu v smere nahor.



Obr. 5. Hronské terasy (upravené podľa Konečného 1998b) na priečnom profile dolinou Hrona pri Dolnej Trnávke

Asymetrický povrch 3. strednej terasy na ľavom a pravom brehu dokladá tektonickú diferenciáciu v období po jej akumulácii (mladší riss). Z blízokych vrtov pri Dolnej Ždani – Hliníku vyplýva intenzívnejší zdvih bázy tejto terasy na pravej strane toku (rozdiel cca 20–23 m).

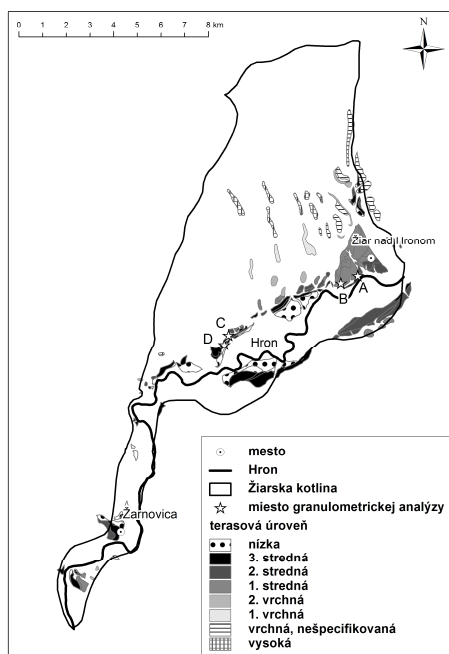


Obr. 6. Terasy Hrona (podľa Konečného 1998b) na priečnom profile dolinou Hrona pri južnom okraji Voznice

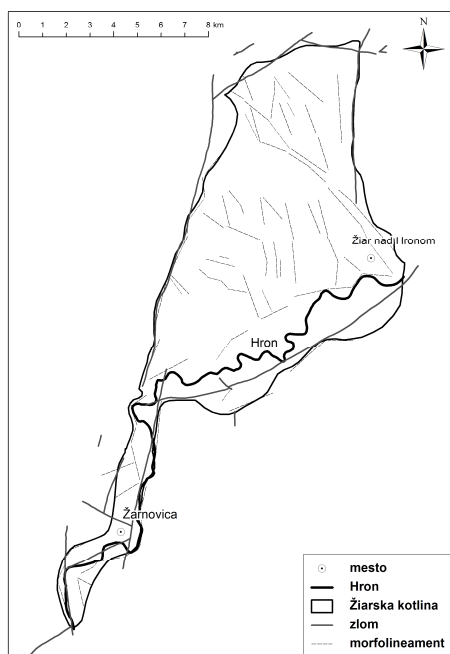
Rozdiel výšky bázy 3. strednej terasy na ľavom a pravom brehu Hrona je na úseku Voznica – Žarnovica minimálny (1,3 m).

Tab. 1. Výšky terasových báz a báz a povrchov nivy v Žiarskej kotline (v m. n. m.)

Pravý breh				Ľavý breh			
1. stredná	2. stredná	3. stredná	nízka	niva	nízka	3. stredná	2. stredná
Oblasť Žiar nad Hronom							
265–272	252–257			cca 244 povrch			232–241
/284/				cca 236 báza			
Oblasť Dolná Trnávka – Dolná Ždaňa							
	255–257	250–253	223	cca 230 povrch	224	230	
				cca 224 báza			
Oblasť Žarnovica – Voznica							
		219	214	cca 210–215 povrch		218	
				cca 205–210 báza			



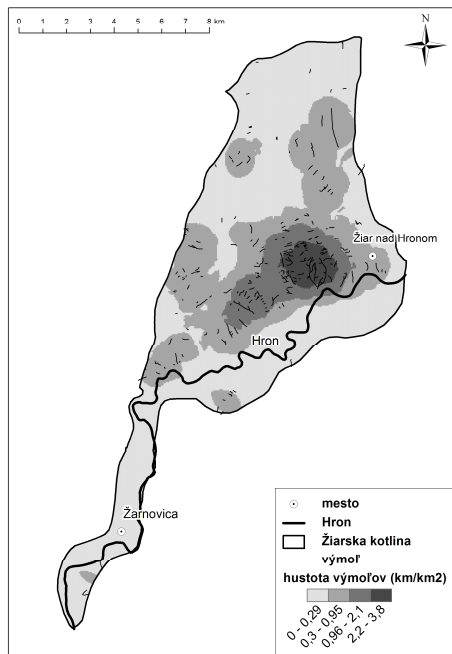
Obr. 7. Riečne terasy Žiarskej kotliny
Písmenami A – D sú označené miesta, kde bola
vykonaná granulometrická analýza.



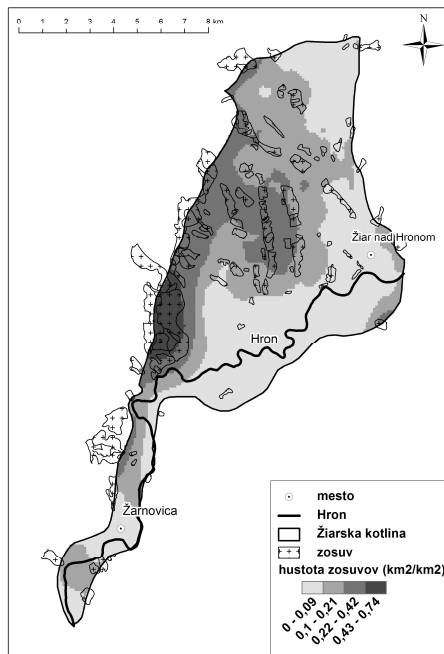
Obr. 8. Zlomy a morfolineamenty
Žiarskej kotliny

Okrem toho sa výšková asymetria prejavuje aj v pozícii a smere morfolineamentov, ktoré ohraničujú strmé svahy na pravom brehu rieky Hron. Druhý významne zastúpený smer morfolineamentov je zhruba kolmo na dolinu Hrona, sleduje jeho pravobrežné prítoky (obr. 8).

Práve na zdvih pozdĺž pravého brehu rieky Hron sa viaže aj zvýšená hustota výmoľovej siete. Výmoľe sa vytvárali v Žiarskej kotline buď: a) v generálnom smere kolmom na smer údolia Hrona, zarezávajúc sa do strmých svahov na pravom brehu rieky; b) rovnobežne na smer doliny Hrona, a teda kolmo na pravobrežné prítoky; c) prípadne kolmo na prvý spomínaný typ výmoľov. Podľa zostrojenej mapy (obr. 9) najväčšiu hustotu výmoľovej siete možno pozorovať práve v oblasti na Z od Žiaru nad Hronom, S od obce Lovča, kde presahuje hodnotu $2,2 \text{ km.km}^{-2}$. Svahové deformácie sú najhustejšie zastúpené na Z okraji kotliny, kde sa viažu na strmé svahy oddeľujúce kotlinu od Vtáčnika (obr. 10). JZ okraj kotliny pri obciach Dolná Ždaňa, Horná Ždaňa, Dolná Trnávka, Horná Trnávka, Prestavlkvy lemuje pozdĺž úpätia pohoria (na zlomovej línii) početná skupina prameňov. Pramenná línia s reľazou aktívnych zosuvov indikuje neotektonickú aktivitu oblasti. Zosúvaním je postihnutý tiež celý pás územia pozdĺž pravobrežných prítokov Hrona – Prestavlkého, Trubínskeho a Lovčického potoka (Nemčok 1982). Treba dodať, že zosuvy sa v menšej miere nachádzajú aj na svahoch Z od Žiaru nad Hronom. V Žarnovickom podolí sa zosuvy nachádzajú len okrajovo (často lemuje zlomové línie) na hraniciach s Vtáčnikom a Štiavnickými vrchmi.



Obr. 9. Výmoľe a hustota výmoľov Žiarskej kotliny



Obr. 10. Zosuvy hustota zosuvov Žiarskej kotliny

Tab. 2. Výsledky granulometrických analýz v Žiarskej kotline (lokality sú vyznačené na obr. 7)

lokalita A (vrchná časť)			
Priemerná veľkosť (cm)	6,8	4,8	2,7
Priemerné opracovanie	2,4		
Kôra zvetrania (mm)	1,49 (5 % hornín bolo navetraných a 1 % zvetraných)		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		96
	bazanit		2
	ryolit		2
lokalita A (stredná časť)			
Priemerná veľkosť (cm)	5,8	4,2	2,7
Priemerné opracovanie	2,2		
Kôra zvetrania (mm)	1,68 (11 % hornín bolo navetraných a 2 % zvetraných)		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		61
	kremenec		24
	granit		3
	granitoid		3
	pieskovec		3
	ryolit		2
	bridlica		1
	amfibolit		1
	bazanit		1
	vulkanický tuf		1
lokalita A (spodná časť)			
Priemerná veľkosť (cm)	4,1	3	2
Priemerné opracovanie	2,4		
Kôra zvetrania (mm)	1,58 (9 % hornín bolo navetraných)		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		46
	kremenec		27
	bazanit		16
	granit		1
	rula		1
	ryolit		6
	bridlica		1
	kremítý pieskovec		2
lokalita C			
Priemerná veľkosť (cm)	5,85	3,959	2,401
Priemerné opracovanie	2,82		
Kôra zvetrania (mm)	1,69 (34 % navetraných, 1 % zvetraných)		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		78
	ryolit		7
	bazanit		3
	andez. Bazanit		3
	bazalt		2
	tuf		2
	kremenec		1
	kryšt. Bridlica		1
	vulk. Tuf		1
	neurčené		2
lokalita B (kvartérne sedimenty)			
Priemerná veľkosť (cm)	5,26	3,78	2,41
Priemerné opracovanie	2,52		
Kôra zvetrania (mm)	1,60 26 % navetraných		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		63
	kremenec		35
	bazanit		1
	granit		1
	rula		1
	ryolit		1
	bridlica		1
	tuf		2
	tuf/andezit		1
	siltovec?		1
lokalita B (neogénne sedimenty)			
Priemerná veľkosť (cm)	5,104	3,722	2,33
Priemerné opracovanie	2,4		
Kôra zvetrania (mm)	2,95 6 % navetraných		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		74
	kremenec		16
	granit		4
	neurčené		6
lokalita D			
Priemerná veľkosť (cm)	6,30	4,412	2,516
Priemerné opracovanie	2,66		
Kôra zvetrania (mm)	1,89 (29 % navetraných, 4 % zvetraných)		
Zastúpenie hornín (%)	andezit		47
	kremenec		35
	granit		7
	bazanit		4
	ryolit		3
	pieskovec		2
	kremeň		1
	neurč. Sed. Hor		1

Priemerné opracovanie je vyjadrené v škále 1–5, pričom 1 symbolizuje úplne neopracovaný materiál, 5 symbolizuje dokonale opracovaný materiál (dokonalé valúny).

DISKUSIA

Zložité tektonický vývoj (odlišné pohybové tendencie v období pliocén – kvartér; pliocénny zdvih nasledovaný poklesom a znovu zdvihom) potvrdzuje vznik „kvázizložených terás“. Vývoj v tejto lokalite by bolo možné v období od pliocénu interpretovať ako prvotný relatívny tektonický pokles (keďže kvartérne štrky sú v pozícii na pliocénnom povrchu) a neskôr výzdvih (pretože mladšie – menej zvetrané – fluviálne akumulácie ležia na nižšej úrovni ako tie staršie¹).

Pri Rudne nad Hronom (geomorfologický celok Štiavnické vrchy, asi 3,5 km smerom na J od Voznice a 4 km SV od lávového prúdu Putikovho víšku) sú na pliocénnych štrkoch (250–300 m n. m.) naložené akumulácie 2. vrchnej (280–290 m n. m.) a 1. strednej terasy (250 m n. m.). Na JV okraji Kremnických vrchov (nad Budčou pri Turovej) sú na pliocénnych štrkoch vo výškach 370–420 m n. m. naložené terasové akumulácie 2. a 3. vysokej terasy a vrchných terás. Zložené terasy dokladajú zložitý vývoj terasového systému, pri ktorom hrali významnú úlohu nielen klimatické zmeny, ale aj tektonické pohyby (nerovnomerný zdvih kryh/blokov). V oblastiach, kde pliocénne povrchy nesú štrkové akumulácie kvartérnych terás, musel prebiehať ešte dočasný pokles, neskôr nasledovaný zdvihom územia (nerovnomerná intenzita výzdvihu jednotlivých kryh/blokov), preukázateľný stupňovitým usporiadaním terás, ktoré smerom k súčasnej nive klesajú vekom (stupňom zvetrania materiálu) i relatívnou výškou nad Hronom.

Škvarček (1973) udáva, že väčšiu relatívnu výšku nad Hronom má poriečna roveň na ľavom brehu, čo nekorešponduje s nami zistenou asymetriou terasového systému, avšak zachovanie poriečnej rovne na pravobreží Hrona je otázne (Škvarček 1973 a Halouzka 1998a).

Celkový obraz, ktorý poskytujú vybrané charakteristiky, poukazuje na fakt, že Žiarska kotlina nie je poklesnutá uniformne, ale miera subsidencie v jej jednotlivých častiach je rôzna. O tom svedčia najmä výšky riečnych terás ako významného kvartérneho tektonického markera. Na nerovnomerný pokles územia poukazuje aj Maglay (1999). Jeho kvalitatívne hodnotenie prostredníctvom neotektonickej mapy v malej mierke je takto možné výrazne spresniť. Značné hrúbky kvartérnych sedimentov v oblastiach JV časti kotliny J od závodov SNP a na SZ na hranici s pohorím Vtáčnik získané interpolačnými metódami sú spôsobené blízkosťou neovulkanických pohorí relatívne vysoko vyzdvihnutých oproti danému územiu. Vysoká energia reliéfu strmých svahov Štiavnických vrchov, resp. Vtáčnika mala za následok tvorbu relatívne hrubých kolúvií v úpätných polohách. V prípade regiónu na SZ kotliny prispievajú k mocnosti kvartérnych sedimentov pravdepodobne aj náplavové kužele potokov vytekajúcich z príľahlých hôr.

V pásme okolo nivy rieky Hron je miera relatívneho poklesu vyššia, čo dokazuje väčšia hrúbka kvartérnych sedimentov, ako aj poloha riečnych terás.

¹ Na uvedenom úseku pri Voznici sa križujú zlomové línie smerov cca S – J a SV – JZ (Konečný et al. 1998b) a tiež geomorfologická línia SZ – JV, vedúca dolinou Richnavy. Dolina Hrona náhle mení smer z V – Z na S – J, pričom a na oboch brehoch toku sú vyvinuté systémy svahových deformácií (zosuvy). Všetky tieto skutočnosti naznačujú tektonickú aktivitu územia v kvartéri.

Rôzna výšková pozícia báz riečnych terás v kotline je najdôležitejší argument pre odlišnosti neotektonického vývoja územia na pravom a ľavom brehu Hrona. Ako podporný argument pre nerovnomernú neotektonickú aktivitu pozdĺž línie Žiar nad Hronom – Dolná Ždaňa slúži zvýšená hustota výmoľov v tomto priestore (obr. 9). Naproti tomu pri Voznici je už rozdiel relatívnej výšky 3. strednej terasy na ľavom a pravom brehu Hrona minimálny. Povrchy a bázy týchto terás v prelomovom úseku Voznica – Žarnovica sú na oboch brehoch bez výraznejšej výškovej diferenciacie, rozdiel podľa vrtných správ je len 1,3 m (tab. 1 a obr. 6).

V granulometrických analýzach v blízkosti Žiaru nad Hronom dominancia miestneho materiálu a prevaha väčších a menej opracovaných okruhliakov v lokalitách A a B poukazuje na fakt, že ide pravdepodobne o náplavové kužele, prípadne náplavové kužele uložené na terasových sedimentoch, a nie terasovú úroveň uvádzanú v geologických mapách 1:50 000 (Konečný et al. 1998b). Medzi náplavové kužele zaraďuje tieto formy aj Škvarček (1990). Rovnako analýza vrtných správ a sledovanie nadmorskej výšky bázy kvartérnych uloženín v teréne poukazuje na jej pomerne značný pokles smerom k rieke Hron.

U viacerých charakteristík je ich vzťah k miere tektonických pohybov otáznym. Napr. pri priestorovej diferenciacii zosuvov, prípadne výmoľov svoju úlohu zohrávajú aj ďalšie činitele a podmienky (litologické pomery, charakter riečnej siete a s ním súvisiaca konfigurácia svahov a pod.).

ZÁVER

Príspevok poukazuje na základe vybraných ukazovateľov a metód na úlohu neotektoniky vo vývoji Žiarskej kotliny. Interpoláciou hrúbky kvartérnych sedimentov boli v území vyčlenené štyri špecifické regióny. Tri regióny s ich veľkou hodnotou zodpovedajú zlomovým kontaktom s vulkanickými pohoriami Štiavnických vrchov, Vtáčnika a pásu fluviálnych sedimentov v doline Hrona. Región v centrálnej časti kotliny sa vyznačuje tenkým, resp. žiadnym kvartérnym pokryvom. Rozdielne hrúbky kvartérnych sedimentov v jednotlivých segmentoch kotliny dokladajú nerovnomernosť vertikálnych neotektonických pohybov. Tento argument posilňujú aj výsledky morfometrických analýz riečnych terás. Systémy stredných terás sú výraznejšie vyzdvihnuté na pravom brehu Hrona. Rozdielne výzdvihové tendencie potvrdzuje taktiež vysoká hustota výmoľov a morfolineamentov na pravom brehu Hrona. Kvantitatívne upresnenie rýchlosti neotektonického výzdvihu môžu priniesť absolútne datovania materiálu riečnych terás, ktoré v oblasti prebiehajú.

Príspevok bol vypracovaný s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11. Za pomoc pri granulometrických analýzach ďakujeme Šárke Horáčkovej, Štefanovi Dlhošovi a Petrovi Škutovi.

LITERATÚRA

- BUČKO, Š., MAZÚROVÁ, V. (1958). Výmoľová erózia na Slovensku. In Zachar, D., ed. *Vodná erózia na Slovensku*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV), pp. 68-101.
- CLERICI, A. (2002). A GRASS GIS based shell script for landslide susceptibility zonation by the conditional analysis method. In Ciolli, M., Zatelli, P., eds. *Proceedings*

- of the open source GIS – GRASS users conference, Trento, Italy, 11. – 13. 9. 2002. Trento (Università di Trento), pp. 1-17.
- HALOUZKA, R. (1998a). Neotektonika. In Lexa, J. et al., *Vysvetlivky ku geologickej mape Kremnických vrchov 1:50 000*. Bratislava (GS SR), pp. 198-199.
- HALOUZKA, R. (1998b). Neotektonika. In Konečný, V. et al., *Vysvetlivky ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (štiavnický stratovulkán) 1: 50 000*. Bratislava (GS SR).
- HUANG, C., PANG, J., ZHA, X., SU, H., ZHOU, Y. (2012). Development of gully systems under the combined impact of monsoonal climatic shift and neotectonic uplift over the Chinese Loess Plateau. *Quaternary International*, 263, 46-54.
- KONEČNÝ, V., ed. (1998a). *Vysvetlivky ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (štiavnický stratovulkán) 1: 50 000*. Bratislava (MŽP SR a GS SR).
- KONEČNÝ, V., ed. (1998b). *Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca 1:50 000*. Bratislava (MŽP SR a GS SR).
- LACIKA, J. (1997). Morfoštruktúry Kremnických vrchov. *Geografický časopis*, 49, 19-33.
- LEE, S., DAN, N. (2005). Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. *Environmental Geology*, 48, 778-787.
- LEXA, J., ed. (1998a). *Geologická mapa Kremnických vrchov 1:50 000*. Bratislava (MŽP SR a GS SR).
- LEXA, J., ed. (1998b). *Vysvetlivky ku geologickej mape Kremnických vrchov 1:50 000*. Bratislava (GS SR).
- MAGLAY, J. (1999). *Neotektonická mapa Slovenska, 1:500 000*. Bratislava (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra).
- MUKHERJEE, S., JOSHI, P. K., MUKHERJEE, S., GHOSH, A., GARG, R. D., MUKHOPADHYAY, A. (2013). Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 205-217.
- NEMČOK, A. (1982). *Zosuvy v slovenských Karpatoch*. Bratislava (Veda).
- NOVOTNÝ, J. (2006). Geomorfologická analýza Kysuckých bradiel. *Geographia Slovaca*, 22. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- OTEPKA, J., MESKO, M., BURAN, M., OSTROLUCKÝ, P., HRBÁČ, T., BAČOVÁ, Z., VRÁBEL, J., ŠKRIPEKOVÁ, L., VLASTNÍK, M. (1991). *Žiarska kotlina – prieskum a sanácia zosuvov, orientačný prieskum*. Bratislava (IGHP).
- SIART, C., BUBENZER, O., EITEL, B. (2009). Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: a multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*, 112, 106-121.
- ŠGÚ DŠ (2013). *Geologická mapa Slovenska M 1:50 000*, [Online]. Bratislava (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra). Dostupné na: <http://mapserver.geology.sk/gm50js> [cit.: 12-06-2015].
- ŠIMEKOVÁ, J., MARTINČEKOVÁ, T., ABRAHÁM, P., GEJDOŠ, T., GREŇČÍKOVÁ, A., GRMAN, D., HRAŠNA, M., JADROŇ, D., ZÁTHURECKÝ, A., KOTRČKOVÁ, E., LIŠČÁK, P., MALGOT, J., MASNÝ, M., MOKRÁ, M., PETRO, L., POLAŠČINOVÁ, E., SOLČIANSKY, R., KOPECKÝ, M., ŽABKOVÁ, E., WANIEKOVÁ, D. (2006). *Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky (1:50 000)*. Žilina (Ingeo).
- ŠIMURKOVÁ, M. (2012). *Hodnotenie vzťahu výmolevej siete na Slovensku ku geologickému podkladu*. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- ŠKVARČEK, A. (1973). Náčrt kvartérneho vývoja horského úseku doliny Hrona. *Geografický časopis*, 25, 136-145.

- ŠKVARČEK, A. (1990). Žiarska kotlina In Zaťko, M., ed. *Analýza vybraných geoeologických komponentov Žiarskej kotliny a okolitých pohorí*. Bratislava (Slovenský geologický úrad Bratislava, IGHP Žilina š.p., závod Bratislava, Katedra fyzickej geografie a kartografie PF UK Bratislava).
- URBÁNEK, J. (2006). Tektonické formy severnej časti Slovenského stredohoria. *Geografický časopis*, 58, 303-315.
- Základná mapa 1:10 000, wms služba, [Online]. Dostupné na: <http://nipi.sazp.sk/ArcGIS/services/ng/rastre/MapServer/WmsServer> [cit.: 2-5-2014].

*Juraj Holec, Alžbeta Medved'ová, Ladislav Vitovič,
Roberta Prokešová*

NEOTECTONIC EVOLUTION OF THE ŽIARSKA KOTLINA BASIN BASED ON GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS IN THE GIS

The Geographical Information Systems (GIS) are a powerful tool for geomorphological research. The GIS was used for the evaluation of the neotectonic evolution of the Žiarska kotlina Basin. It is a subsided intramontane basin bordering on the volcanic mountains Štiavnické vrchy, Kremnické vrchy, and Vtáčnik. The thickness of Quaternary deposits was reconstructed from 345 boreholes using the *TopoToRaster* interpolation in ArcGIS 10.0. The interpolation shows 3 main regions of thick Quaternary deposits: first on the left bank of the River Hron near Ladomerská Vieska, corresponding to the Pliocene surface and slope sediments from the Štiavnické vrchy, the second on the boundary with Vtáčnik consisting mainly of slope deposits from the mountains and the third surrounding the Hron consisting mainly of alluvial deposits. The river terraces in the region are better preserved on the right bank of the Hron, because of the existence of the right-tributaries. The altitude asymmetry of the river terraces can be observed on topographic maps, borehole data, and field research, the terraces on the right bank of the Hron between Žiar nad Hronom and Dolná Ždaňa have higher altitude than the corresponding terraces on the left bank. The notable morpholineaments border on the steep slopes on the right bank of the Hron. The second notable direction of morpholineaments is perpendicular to the first. The biggest density of gullies is west of Žiar nad Hronom. Their usual orientation is perpendicular to the Hron valley, or parallel to the second order gullies. The biggest density of landslides is mainly on the fault line between the Žiarska kotlina and Vtáčnik, and on the slopes near the tributaries of the Hron. The general view of the geomorphological features, mainly from the position of river terraces, shows a non-uniform neotectonic evolution of the area.