

## Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia vo východnej časti planiny Horného vrchu a v južnej časti Zádielskej planiny

Michal Zacharov<sup>1</sup>

*Evaluation of sensitivity of rocks and vulnerability of rock environment on of eastern part Horný vrch plateau and southern part Zádiel plateau*

*The evaluations of sensitivity of rocks and of vulnerability of rock environment were applied in compliance with STN 443704 classification standards. The sensitivity of rock is capability environment to respond to action of vulnerability factors which have been provoked by effect of human activities on rock environment. The rocks participating in geological structure of Horný vrch plateau and Zádiel plateau were classified predominantly into such sensitive rocks category.*

**Key words:** Slovak karst, Horný vrch plateau and Zádiel plateau, geological structure, evaluation of sensitivity of rocks and vulnerability of rock environment

### Úvod

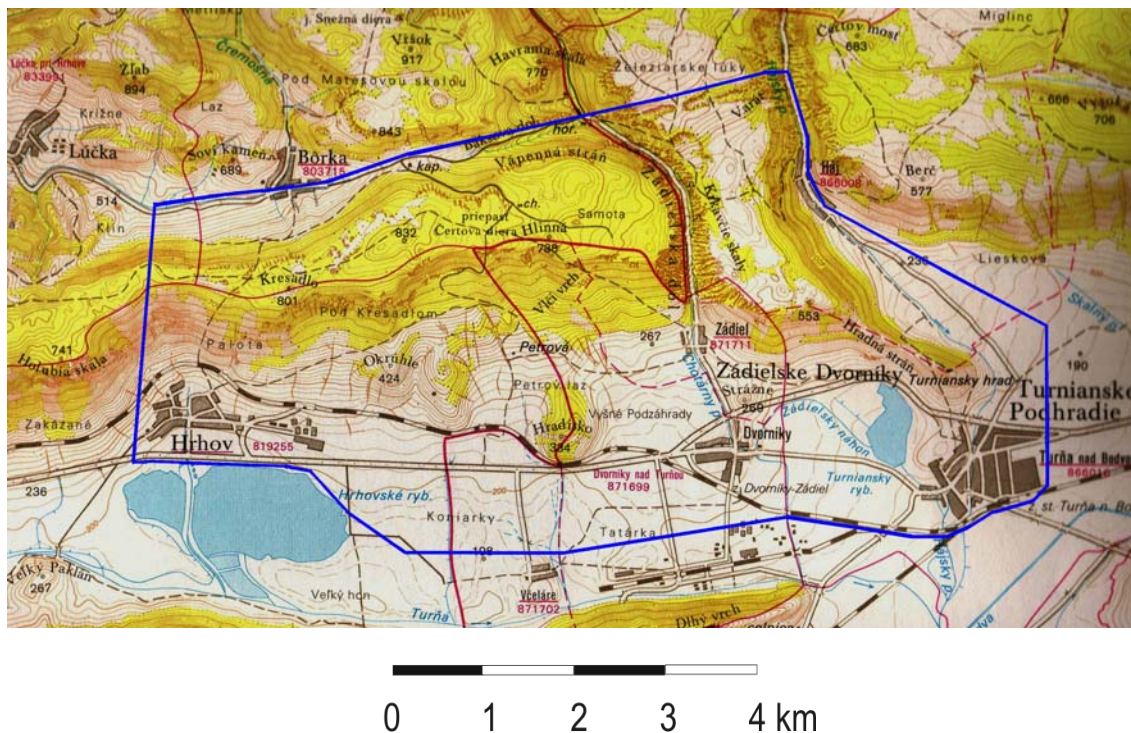
Horninové prostredie Slovenského krasu je pomerne vyčerpávajúco charakterizované z hľadiska faciálneho, litologického i stratigrafického. Z niektorých častí (oblasti vedenia líniových stavieb, vodárenských stavieb, čerpacie stanice a kompresorová stanica pre ropovody a plynovody, cementáreň Turňa nad Bodvou a ďalšie) sú známe samozrejme aj inžinierskogeologické charakteristiky. Doposiaľ však neboli spracované podklady pre určenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia, ktoré sú súčasťou dokumentácie k inžinierskogeologickým mapám. Podklady pre spracovanie uvedených charakteristík sme získali počas geologického prieskumu životného prostredia Slovenského krasu v rámci vedecko – výskumnej činnosti Katedry geológie a mineralógie Fakulty BERG TU v Košiciach. Uvedené časti planín a bezprostredne priľahlé jednotky patria z pohľadu inžinierskogeologických charakteristík k málo preskúmaným.

### Geomorfologické začlenenie

Hodnotené územie je z východnej strany ohraničené dolinou Hájskeho potoka vyúsťujúcou do Turnianskej kotliny severne od obce Turnianske Podhradie. Severné, resp. severovýchod - juhozápadné ohraničenie tvorí prevažne morfológicky výrazná depresia údolia potoka Čremošná, medzi obcami Lúčka, Bôrka, až do záveru Zádielskej tiesňavy. Ďalej táto hranica pokračuje pozdĺž rožňavského zlomu cez Zádielsku planinu až k doline Hájskeho potoka. Na západe hranica prebieha po línii od údolia Čremošnej cez najužšiu časť planiny Horného vrchu k obci Hrhov. Južná hranica je formálna a predstavuje ju nepravidelná línia, prebiehajúca južne od cesty prvej triedy E 571 Košice – Rožňava v Turnianskej kotline (obr. 1).

Uvedený rozsah územia je geomorfologicky súčasťou celku Slovenský kras, podcelkov Zádielska planina, planina Horného vrchu a Turnianska kotlina. Územie údolia Čremošnej na severnom okraji Horného vrchu patrí k jednotke – časti Borčianska brázda (Atlas krajiny SR, 2002). Podľa geomorfológie krasu (Jakál, 1993) sú v hodnotenom území vyvinuté až tri typy stredoeurópskeho krasu mierneho pásma. Najviac je rozšírený typ horského krasu, ktorý je vyvinutý na celom území uvedených planín. Je to typ planinového krasu charakteristický 1. stupňom skrasovatenia, s úplným vývojom endo a exokrasu, prevažne s autogénnym vývojom. Druhým typom sú malé výskyty krasu izolovaných krých a tvrdošov v južnej časti územia v oblasti kót Okružle (424 m n.m.) a Hradisko (384 m n.m.). Tento typ je charakteristický 4. stupňom skrasovatenia, s čiastočne vyvinutým exo a endokrasom s prevažne nedokonale vytvorenými formami krasu, prejavmi fluviokrasu s alogénnym, lokálne autogénnym vývojom. Posledným typom sú plošne malé výskyty kotlinového krasu travertínových kôp a kaskád, ktorý tiež dosahuje 4. stupeň skrasovatenia a vyskytuje sa v obci Hrhov.

<sup>1</sup> prof. Ing. Michal Zacharov, CSc., Ústav geovied, F BERG TU v Košiciach, Park Komenského 15, 042 00 Košice (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 13. 3. 2009)



Obr. 1. Situovanie hodnoteného územia na topografickej mape v mierke 1 : 50 000.  
Fig. 1. Position of evaluated area on topographic map of scale 1 : 50 000.

### Geologické pomery

Slovenský kras má zložitú stavbu, na ktorej sa zúčastňuje päť základných paleoalpínskych tektonických jednotiek – silicikum, turnaikum, meliatikum, príkrov Bôrky a gemerikum (Mello et al., 1997). Ďalej sa na stavbe zúčastňujú lokálne výskyty vrchnej kriedy. Uvedené jednotky zčasti prekrývajú kenozoické sedimenty. Na geologickej stavbe hodnoteného územia sa zúčastňujú jednotky silicika a turnaika, prekryté nesúvisle vyvinutými sedimentami kvartéru a terciéru (obr. 2).

#### Silicikum

Plošne najrozsiahlejšou tektonickou jednotkou územia je silicikum, zastúpené silickým príkrovom v stratigrafickom rozpätí spodný - vrchný trias. Silický príkrov tvoria tri skupiny facií, vyčlenené Mellom et al. (1997): 1 – fácie predriftového štádia, 2 – fácie karbonátovej platformy, 3 – fácie svahové a panvové.

#### Fácie predriftového štádia

Predriftové štádium je zastúpené malými tektonicky redukovanými výskytmi hornín na báze príkrovu a výskytmi vyvlečenými v pásme rožňavského zlomu. Sú to pestré pieskovce a bridlice bodvasilašských vrstiev, slienité bridlice, vápence a vápence sinských vrstiev verfénskeho súvrstvia spodného triasu na severnom a južnom okraji územia (obr. 2).

#### Fácie karbonátovej platformy

Tieto fácie sa podieľajú v hlavnej miere na stavbe krasových planín. Tvoria najväčšiu časť povrchu a pravdepodobne aj objemu hornín Zádielskej planiny a planiny Horného vrchu. Na stavbe sa podieľajú v superpozičnom slede nasledovné typy karbonátov stredného až vrchného triasu.

V nadloží verfénskeho súvrstvia vystupujú gutensteinské vápence a dolomity, ďalej steinalmské vápence a wettersteinské vápence, ktoré sú najviac rozšírené. Ich podstatnú časť tvoria lagunárne, v menšej miere rífové variety a zriedka sa vyskytujú aj tzv. nerozlišené variety (obr. 2). Tvoria rozsiahle polohy v centrálnych častiach planín, na ktoré sú viazané početné povrchové a podzemné krasové javy. Počas terénnych prác boli na planine Horného vrchu zistené šošovkovité polohy steinalmských dolomitov nepravidelne vyvinuté v súvrství steinalmských vápencov. Uvedené dolomity sa vyskytujú v severnej časti Horného vrchu v oblasti Vápennej stráne (obr. 1). Na geologickej mape územia (obr. 2) polohy dolomitov nie sú zobrazené, pretože ich veľkosť (dĺžka 15- 25 m a hrúbka do 10 m) to v mierke mapy neumožňuje.

### Svahové a panvové fácie

Na stavbe hodnoteného územia sa tieto fácie z hľadiska plošného výskytu zúčastňujú iba v malej miere. Vytvárajú úzke pruhovité, často aj šošovkovité polohy, ktoré sú intenzívne rozblokované zlomovou tektonikou. Tieto fácie sú tvorené nádašskými a reiflinskými, resp. pseudoreiflinskými vápencami. Výskyty uvedených vápencov sú známe len z územia Horného vrchu, kde sa nachádzajú na severnom a južnom okraji územia (obr. 2.).

### Turnaikum

Turnaikum predstavuje súbor príkrovov a šupín v podloží silického príkrovu (Mello et al., 1996). Je charakteristické slabou metamorfózou väčšiny súvrství. V hodnotenom území je zastúpené turnianskym príkrovom v stratigrafickom rozpätí spodný až vrchný trias. Na povrchu vystupuje turnianský príkrov vo forme tektonicky ohraničených krýh a morfológických tvrdošov v plošne malých oblastiach v južnej časti územia v Turnianskej kotline (obr. 2). Turnianský príkrov je tvorený početnými litostratigrafickými varietami hornín. V spodnej časti lokálne vystupujú pestré pieskovce a bridlice bodvasilašských vrstiev (kóta Hradisko). Príkrov pokračuje ďalej do nadložja paklianskymi piesčitými vápencami, jelšavskými vrstvami, gutensteinskými vápencami a dolomitmi, hončianskymi vápencami a dvorníckymi vrstvami (kóty Okružle, Hradisko a Strážne). Lokálne nad dvorníckymi vrstvami vystupujú tmavé kryštálické vápence, pötschenské vápence, tmavé vápence a sliene (kóta Strážne). Uvedený súbor hornín predstavuje tzv. turniansku sekvenciu.

### Kenozoikum

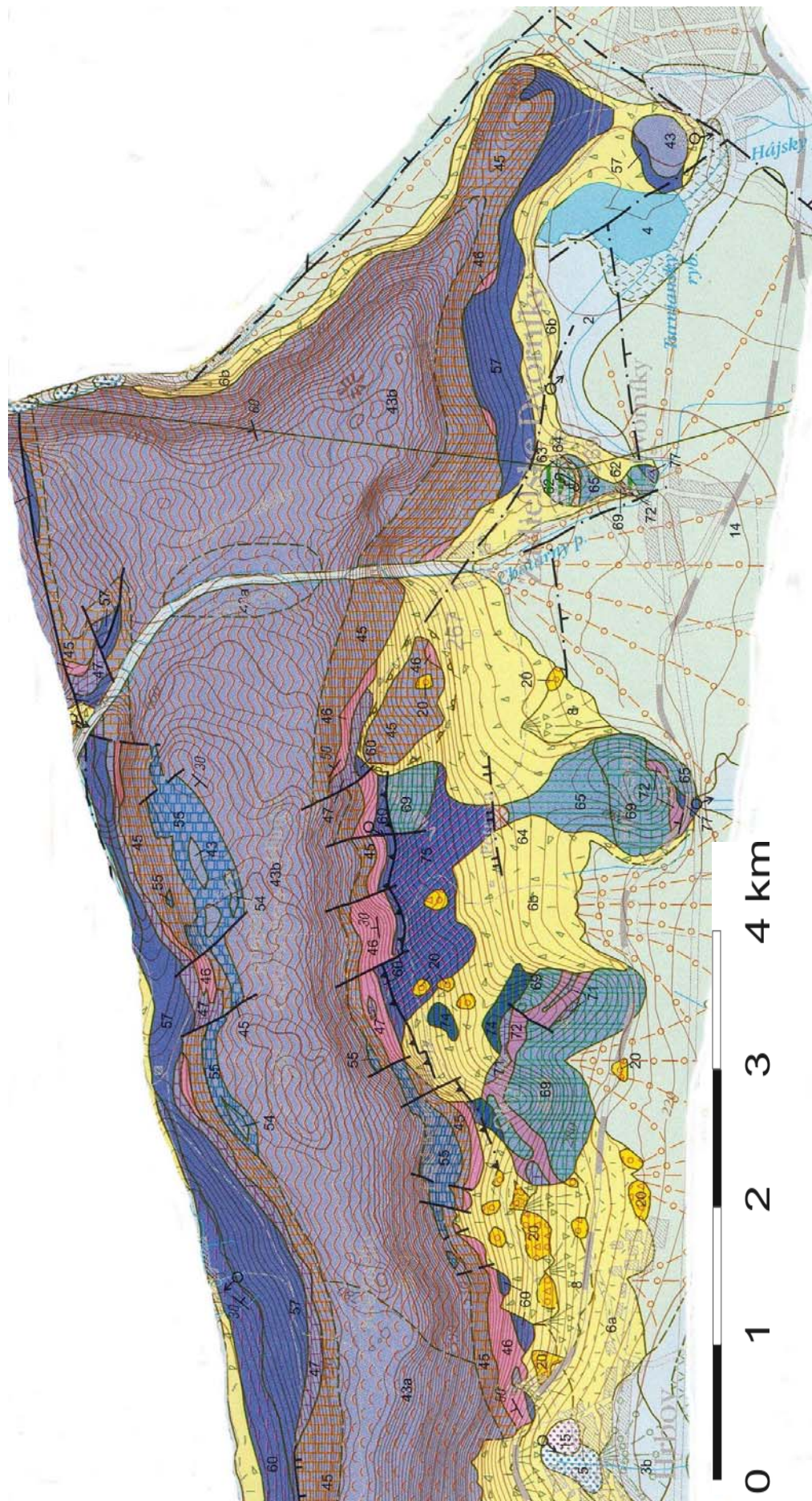
Najstaršie kenozoické sedimenty sú v hodnotenom území zastúpené spevnenými deluviálnymi sedimentami so stratigrafickým rozpätím pliocén – spodný pleistocén. Sú tvorené brekciami a zlepcami prevažne z klastov karbonátov. Vyskytujú sa na južnom úpätí Horného vrchu, kde vytvárajú ostrovčekovité akumulácie (obr. 2). Podstatná časť kenozoika je tvorená kvartérnymi sedimentami. Rozsiahle sú rozšírené deluviálne sedimenty (pleistocén – holocén), vyvinuté najmä na úpätiach južných svahov zvažujúcich sa do Turnianskej kotliny. Ďalším rozšíreným typom sú proluviálne sedimenty (pleistocén a holocén), vytvárajúce prevažne mohutné výplavové kužele pri vyústení úpätných rýh a hlavne pri vyústení Chotárneho a Hájskeho potoka do nivy Turnianskej kotliny (obr. 2). Ojedinele sa vyskytujú deluviálno–proluviálne (koluviálne) sedimenty ronových a osypových kužeľov. Charakteristickým typom sedimentov kvartéru študovaného územia sú travertíny. Ich významné akumulácie sa vyskytujú pri krasovej vyvieracke v Hrhove a v doline Hájskeho potoka. Travertínové telesá sú zložené z doskovitých a lavicovitých polôh penovcovitých (holocén) i kompaktných (pleistocén) typov travertínov. Pôvodne kaskádovité formy telies travertínov sú dnes výrazne premodelované zvetrávaním, eróziou a antropogénnou činnosťou. V oblasti Turnianskeho rybníka sa vyskytujú polohy nížinnej nivnej rašeliny (slatiny) holocénneho veku. Posledným typom kvartérnych sedimentov, ktoré sa podieľajú na stavbe sú fluviaálne sedimenty vytvárajúce nivy riek a potokov.

### Tektonika

Hodnotenú krasovú planinu sú súčasťou rozsiahleho horizontálneho prípadne subhorizontálneho telesa – silického príkrovu. Mello et al., (1997) ho definuje ako bezkorenný príkrov pomerne zložito prepracovaný vrásovo – zlomovou tektonikou na viacero menších čiastkových tektonických štruktúr. Turnianský príkrov v podloží silického príkrovu je v tektonickej pozícii. Súbor príkrovov a šupín (Mello et al., 1996), ktorý tvorí túto „problematickú“ jednotku, je štruktúrnou stavbou analogický ako jeho nadložie – silický príkrov. Územie je súčasťou silicko – turnianskej čiastkovej jednotky, výrazne tektonicky formovanej zlomovou tektonikou. Táto štruktúra má charakter synklinály V – Z smeru, ktorej ramená sú redukované – uťaté zlomami poklesového charakteru. Zlomy porušujúce toto územie majú najmä SZ – JV smer, lokálne aj S – J a SV – JZ smer. Morfogeneticky patria k poklesom, zčasti k šikmým poklesom. Uvedené zlomy sa výrazne podieľajú najmä na rozblokovaní severného a južného okraja planín. Významnými tektonickými štruktúrami sú zlomy generálneho V – Z smeru. Zásadný význam z nich má rožňavská zlomová línia, ktorá prebieha po severnom okraji územia cez Zádielsku planinu a pokračuje ďalej do oblasti severne od údolia Čremošnej. Táto regionálna zlomová línia rozdeľuje Zádielsku planinu na severnú a južnú výrazne poklesnutú časť. Ďalšie dôležité zlomy V – Z smeru predstavujú prešmykové štruktúry a presunové línie silického príkrovu na turnaikum, na južnom úpätí Horného vrchu. Ich orientácia je však často rotovaná v dôsledku rozblokovania vyššie uvedenými diagonálnymi zlomami. Zlomy V – Z smeru charakteru poklesov sa významne uplatňujú pri formovaní priľahlej Turnianskej kotliny. Pozícia uvedených štruktúr je zrejماً z obr. 2.

Tektonické štruktúry, najmä zlomové, sú sprevádzané zónami dislokačne metamorfovaných hornín, ktoré predstavujú brekciovité vápence, dolomity a rauvaky. Zóny drvených karbonátov lokálne dosahujú šírku 10 až 12 m a smernú dĺžku až stovky metrov (rožňavská zlomová línia).





Obr. 2. Geologická stavba východnej časti Horného vrchu a južnej časti Zádielskej planiny v Slovenskom krase. Podľa geologickej mapy Slovenského krasu, 1:50 000 (Mello et al., 1996).  
Fig. 2. Geological structure of eastern part Horný vrch plateau and southern part Zádiel plateau in Slovak karst. According to geological map of Slovak karst, 1:50 000 (Mello et al., 1996).

Vysvetlivky ku geologickej mape (Obr. 2), Explanations to geological map (Fig. 2): Kvartér-holocén, Quaternary-Holocene 2 – fluvialne sedimenty: nív riek-hlinité, hlinito-piesčité, ilovité; nív potokov-štrkovité, štrkovito-piesčité, fluvial sediments: of alluvial plains-loamy, loamy-sands, clayey; of brook alluvium-gravelous, sandy gravelous; 3 b – proluviálne sedimenty: hlinito-štrkovité, proluviálne sedimenty: loamy – gravelous; 5 travertíny: sypké a kompaktné, travertines: loose and compact; Pleistocén-holocén, Pleistocene-holocene, 6 a - deluviálne sedimenty: prevažne hlinité s úlomkami hornín, deluvial sediments: predominantly loamy with rock debris; 6 b – deluviálne sedimenty: hlinito-kamenité a kamenité, deluvial sediments: loamy-stony and stony; 8 – deluviálno – proluviálne (koluviálne) sedimenty: ronové a osypové kužele, deluvial – proluviálne (coluvial) sediments: runn of fans talus piles; 14 – proluviálne sedimenty: štrky a zahlinené piesčité štrky náplavových kužel'ov, proluviálne sedimenty: gravels and loamy sandy gravels of alluvial fans; 15 – travertíny: kompaktné, travertines: compact; Pliocén – pleistocén, Pliocene – pleistocene, 20 – deluviálne sedimenty, deluvial sediments. silicikum, silický prikrov, Silicicum, Silica nappe; trias, Triassic, fácie karbonátovej platformy, Facies of Carbonate platform, 43 – wettersteinské vápence nerozlišené (ladin - kordevol), Wetterstein limestones undistinguished (Ladinian – Cordevolian); 43 a – wettersteinské vápence rifové (ladin – kordevol), Wetterstein riff limestones (Ladinian – Cordevolian); 43 b - wettersteinské vápence lagunárne (ladin – kordevol), Wetterstein lagoonal limestones (Ladinian – Cordevolian); 45 – steinalmské vápence (anis), Steinalm limestones (Anisian); 46 – gutensteinské dolomity (anis), Gutenstein dolomites (Anisian); 47 – gutensteinské vápence (spat-anis), Gutenstein limestones (Spathian-Anisian); svahové a panvové fácie, Slope and basinal facies, 54 – reiflinské a pseudoreiflinské vápence (pelson – kordevol), Reifling and „Pseudoreifling“ limestones (Pelsonian – Cordevolian); 55 – nádašské vápence (anis-ladin), Nádaška limestones (Anisian- Ladinian); fácie predriftového štádia – verfenske súvrstvie, Pre – rifting stage facies – Werfen Formation, 57 – sinské vrstvy: bridlice, slienité vápence, vápence (namal – spat), Szin beds: shales, marlstones, limestones (Nammalian – Spathian); 60 – bodvasilašské vrstvy: pestré pieskovce a bridlice (griesbach – namal), Bódvaszilás Beds: variegated sandstones and shales (Griesbachian – Nammalian); turnaikum, turniansky prikrov, Turnaicum, Turňa nappe, 62 – tmavé bridličnaté vápence a piesčité slieni (norik – réť), dark shaly limestones and sandy marls (Norian – Rhaetian); 63 – pötschenské vápence: sivé rohovcové vápence (karn – norik), Pötschen limestones: gray cherty limestones (Carnian – Norian); 64 – tmavé kryštalické vápence (karn), dark crystallinelimestones (Carnian); 65 – dvornické vrstvy: bridlice, fylity s vložkami pieskocov, silicítov, vápencov a bazických vulkanoklastik (? ladin – karn, miestami jura ?), Dvorníky Beds: shales, phyllites with intercalations of sandstones, silicites, limestones and basicvolcanoclastics rocks (?Ladinian – Carnian, ?Jurassic at places); 69 – hončianske vápence: svetlé kryštalické vápence (anis), Honce limestones: pale crystalline limestones (Anisian); 71 – gutensteinské vápence (anis), Gutenstein limestones (Anisian); 72 – gutensteinské dolomity (anis), Gutenstein dolomites (Anisian); 74 – jelšavské vrstvy: bridličnaté vápence s medzivložkami chloritických bridlic (? namal – spat), Jelšava Beds: shaly limestones with intercalations of chloritic shales (Nammalian – Spathian); 75 – paklianske piesčité vápence (? griesbach - ? namal), Paklan Sandy limestones (Griesbachian – Nammalian); 77 – bodvasilašské pieskovce a bridlice (griesbach – ? namal), Bódvaszilás sandstones and shales (Griesbachian – ? Nammalian);

Všeobecné vysvetlivky, General explanations:



1 – zlomy a-zistené, b-predpokladané, faults a-observed, b-inferred; 2 – prešmyky, reverse faults; 3 – presunové línie, thrust lines;

### Inžinierskogeologické pomery

V zmysle inžiniersko-geologického členenia (Matula et al., 1989) hodnotené územie patrí do regiónu jadrových pohorí, do oblasti jadrových stredohorí - Slovenského krasu. Podľa výskytu a rozsahu kenozoických, hlavne kvartérnych pokryvných sedimentov a mezozoických sedimentov je možné na povrchu hodnoteného územia vyčleniť nasledujúce typy inžiniersko- geologických rajónov:

Or – rajón rašelinísk, kvartérne nívne rašeliny,

Fr – rajón náplavov aluviálnych rovín, kvartérne štrkovité a štrkovito – piesčité sedimenty,

P – rajón proluviálnych kužel'ov a plášť'ov, kvartérne štrkovité, hlinito – piesčito – štrkovité a hlinito – štrkovité sedimenty,

C – rajón koluviálnych sedimentov, kvartérne kamenité sedimenty ronových a osypových kužel'ov,

D – rajón deluviálnych sedimentov, kvartérne hlinito – kamenité, kamenité sedimenty, hlinité sedimenty s úlomkami hornín a kenozoické spevnené sutiny,

T – rajón travertínových akumulácií, kvartérne travertíny (pramenné vápence),

Sw – rajón vápencových hornín, mezozoické stredno – vrchno triasové komplexy vápencov fácie karbonátovej platformy, svahových a panvových facií silicika a turnaika, vápence spodného / vrchného triasu turnianskej sekvencie,

Sd – rajón dolomitických hornín, mezozoické strednotriasové, plošne rozsiahle komplexy dolomitov fácie karbonátovej platformy,

Ss – rajón ilovcovo – vápencových hornín, mezozoické spodnotriasové komplexy vápencov, slienitých bridlic a vápencov facií predriftového štádia silicika, vápence a slieňovce vrchného triasu turnianskej sekvencie,

Sf – rajón flyšoidných hornín, mezozoické spodnotriasové komplexy bridlic a pieskocov fácie predriftového štádia silicika a turnaika,

Sk – rajón karbonátových a klastických hornín, triasové bridlice, pieskovce a vápence dvornických vrstiev,

Mk – rajón metamorfovaných karbonátov, mezozoické kryštalické vápence jelšavských vrstiev a turnianskej sekvencie,

Me – rajón metamorfovaných vulkanitov, metabázické tufy dvornických vrstiev,  
 Mn – rajón nízkometamorfovaných hornín, fylity dvornických a jelšavských vrstiev,  
 Md – rajón dislokačne metamorfovaných hornín, brekciovité vápence, dolomity a rauvaky silicika a turnaika.

Z prevládajúcich typov hornín sú v rajónoch zastúpené:

Or – organické zeminy s prevládajúcim obsahom rašeliny, Fr – prevažne hrubozrnné zeminy, P – prevažne jemnozrnné zeminy, lokálne hrubozrnné zeminy, C – prevažne zeminy balvanité, lokálne zeminy kamenité s prímiesou balvanitej frakcie, D – zeminy s prímiesou kamenitej frakcie až zeminy kamenité, T – poloskalné horniny, Sw – prevažne skalné horniny, Sd – prevažne skalné horniny, Ss – striedanie poloskalných a skalných hornín, Sf – striedanie poloskalných a skalných hornín, Sk – striedanie poloskalných a skalných hornín, Mk – prevažne skalné horniny, Me – prevažne skalné horniny, Mn – striedanie poloskalných a skalných hornín, Md – prevažne poloskalné horniny.

### Hodnotenie citlivosti hornín

Hodnotenie citlivosti bolo vykonané v zmysle klasifikačných kritérií podľa STN 443705. Citlivosť hornín je definovaná ako schopnosť horninového prostredia reagovať na pôsobenie faktorov zraniteľnosti, vyvolaných pôsobením technického systému na horninové prostredie aktivitami človeka. Za faktory zraniteľnosti sú považované geologické aktivity, procesy vrátane antropogénnych, ktoré spôsobujú znižovanie kvality jednotlivých prvkov geologického prostredia.

Tab. 1. Citlivosť typov hornín silicika.

Tab. 1. Rock types sensitivity of Silicicum unit.

Litologický typ	Litofaciálna jednotka	Typ inžiniersko-geologického rajónu	Názov triedy citlivosti	Symbol
pestré ílovité bridlice pestré pieskovce slienité bridlice slienité vápence „čisté“ vápence	fácie predriftového štádia verfénske súvrstvie (spodný trias)	Sf – rajón flyšoidných hornín	veľmi citlivé stredne citlivé	VC NC
		Ss – rajón ílovcovo-vápencových hornín	veľmi citlivé stredne citlivé stredne citlivé	VC NC NC
gutensteinské vápence steinalmské vápence wettersteinské vápence (všetky typy) gutensteinské dolomity steinalmské dolomity brekciovité vápence brekciovité dolomity rauvaky	fácie karbonátovej platformy (stredný – vrchný trias)	Sw – rajón vápencových hornín	stredne citlivé stredne citlivé stredne citlivé	NC NC NC
		Sd – rajón dolomitických hornín	málo citlivé málo citlivé veľmi citlivé	MC MC VC
		Md – rajón dislokačne metamorfovaných hornín	stredne citlivé veľmi citlivé	NC VC
reiflinské vápence pseudoreiflinské vápence nádašské vápence	svahové a panvové fácie (stredný – vrchný trias)	Sw – rajón vápencových hornín	stredne citlivé stredne citlivé stredne citlivé	NC NC NC

Hodnotené územie je tvorené množstvom litologických typov hornín. Pre každý hodnotený litologický typ bolo preštudovaných, s výnimkou organických zemín (tab. 3), rauvakov (tab. 1) a hornín turnianskej sekvencie v nadloží dvornických vrstiev (tab. 2), 10 až 30 lokalít – odkryvov (v závislosti od plošného rozšírenia litologického typu), pretože len ojedinele bolo možné preštudovať výskyt všetkých 11 faktorov zraniteľnosti na každom odkryve.

Štúdium jednotlivých litologických typov hornín bolo vykonané na povrchu, ale aj v jaskyniach a priepastiach. Značným prínosom sa ukázalo práve štúdium hornín a faktorov zraniteľnosti v jaskyniach a priepastiach. Na povrchu a pripovrchových častiach krasových území je rad vlastností a javov zväčša zakrytý produktami zvetrávania, vegetáciou a premodelovaný procesmi krasovatenia. Často sú však tieto javy zachované a prístupné v hlbších častiach krasového masívu, kde je ich možné skúmať s využitím metód jaskyniarskeho prieskumu a techniky.

Hodnotenie hornín vo vzťahu k citlivosti vychádzalo z pozorovania a dokumentácie hornín v prírodnom prostredí. Horniny, zúčastňujúce sa na geologickej stavbe hodnoteného územia, boli začlenené do skupiny odolných a citlivých hornín. Odolné horniny sú litologické typy, na ktorých sa neprejavuje pôsobenie faktorov zraniteľnosti. Do tejto skupiny patria len polohy silicítov v dvornických vrstvách, ktoré neboli predmetom ďalšieho hodnotenia.

Do skupiny citlivých hornín, čiže takých, v ktorých je očakávaný vznik alebo intenzifikácia prejavov pôsobenia niektorého z faktorov zraniteľnosti, patria všetky ostatné litologické typy, tvoriace horninové prostredie hodnoteného územia (tab. 1, 2, 3). Citlivé horniny sa rozdeľujú do štyroch tried citlivosti podľa



počtu (v %) uplatňujúcich sa faktorov zraniteľnosti na hornine. Sú to horniny triedy: **MC** málo citlivé, **NC** stredne citlivé, **VC** veľmi citlivé a **EC** extrémne citlivé.

Tab. 2. Citlivosť typov hornín turnaika.

Tab. 2. Rock types sensitivity of Turnaicum unit.

Litologický typ	Litofaciálna jednotka	Typ inžiniersko-geologického rajónu	Názov triedy citlivosti	Symbol
paklianske piesčité vápence	fácie predriftového štádia (spodný trias)	Sw – rajón vápencových hornín	stredne citlivé	NC
bridličnaté kryštalické vápence	fácie predriftového štádia jeľšavské vrstvy (spodný trias)	Mn - rajón nízkometamorfovaných hornín	stredne citlivé	NC
chloritické fylity			veľmi citlivé	VC
hončianske kryštalické vápence	fácie predriftového štádia (spodný trias)	Mn - rajón nízkometamorfovaných hornín	stredne citlivé	NC
tmavé kryštalické vápence	turnianska sekvencia v nadloží dvornických vrstiev (vrchný trias)	Mn - rajón nízkometamorfovaných hornín	stredne citlivé	NC
pötschenské sivé rohovcové vápence		Sw – rajón vápencových hornín	stredne citlivé	NC
tmavé bridličnaté vápence		Ss – rajón ílovcovo- vápencových hornín	stredne citlivé	NC
piesčité slieňovce			stredne citlivé	NC
fylity	dvornické vrstvy (trias - ? jura)	Mn - rajón nízkometamorfovaných hornín	veľmi citlivé	VC
bridlice			veľmi citlivé	VC
pieskovce		Sk – rajón karbonátových a klastických hornín	stredne citlivé	NC
vápence			stredne citlivé	NC
metabázické tufy		Me – rajón metamorfovaných vulkanitov	stredne citlivé	NC
pestré ílovité bridlice	fácie predriftového štádia verfénske súvrstvie (spodný trias)	Sf – rajón flyšoidných hornín	veľmi citlivé	VC
pestré pieskovce			stredne citlivé	NC
gutensteinské vápence	fácie karbonátovej platformy (stredný trias)	Sw – rajón vápencových hornín	stredne citlivé	NC
gutensteinské dolomity		Sd – rajón dolomitických hornín	málo citlivé	MC

Vo vývoch fácií, v ktorých sa striedajú početné litologicky odlišné typy hornín, sa dá jednoznačne stanoviť trieda citlivosti jednotlivých horninových typov. Avšak počet tried citlivosti, ktorý sa dá stanoviť vo faciálnych vývoch, ktoré majú laterálne aj vertikálne variabilný vývoj spôsobuje potom problémy pri stanovení stupňa zraniteľnosti horninového prostredia. V týchto prípadoch nie sú vo všeobecnosti pre inžiniersku geológiu „zaujímavé“ jednotlivé malé polohy hornín, ale horninové prostredie ako celok, najmä ako jeden z parametrov pre hodnotenie následnej zraniteľnosti horninového prostredia. Preto je vhodné hodnotiť v odôvodnených prípadoch aj citlivosť polytypového horninového prostredia a používať pritom jeho kombinované označovanie zastúpením podielov tried citlivosti, napr. **VC/NC**, kde trieda citlivosti v čitateli predstavuje prevládajúcu triedu v hodnotenom horninovom prostredí.

Citlivosť hornín bola hodnotená po charakteristických litofaciálnych jednotkách (komplexoch), tvoriacich príkrovové jednotky silicika, turnaika a „pokryvné“ útvary kenozoika (tab. 1, 2, 3).

Z hodnotenia citlivosti hornín silicika vyplýva, že časti územia zložené z hornín fácie predriftového štádia (tab. 1) sú tvorené skalnými a poloskalnými horninami triedy **NC** (pieskovce a vápence) a **VC** (bridlice). Podstatnú časť horninového prostredia tejto fácie tvoria polohy bridlic triedy **NC**, ktoré dosahujú hrúbku rádo do desiatok metrov. Na severnom, ale aj južnom okraji územia sú v niektorých úsekoch v bridliciach početné polohy pieskovcov a vápencov, ktoré majú laterálne aj vertikálne variabilný vývoj. Horninové prostredie verfénskeho súvrstvia tu má potom vzhľadom na značne variabilné zastúpenie litologických typov kombinovaný typ triedy citlivosti **VC/NC**.

Na stavbe krasových planín, morfológicky dominantných prvkoch hodnoteného územia, sa najviac podieľajú skalné horniny fácie karbonátovej platformy, v menšej miere skalné horniny svahových a panvových fácií. Najčastejšie sú tu horniny triedy **NC** – rôzne typy vápencov, ktoré sú najrozšírejšími litologickými typmi (tab. 1) a vytvárajú polohy desiatky a stovky metrov hrubé. Ďalšou rozšírenou triedou citlivosti je **MC**, do ktorej sú zaradené dolomity vyskytujúce sa najmä na južnom úpätí Horného vrchu. Dolomity vytvárajú aj nepravidelné polohy vo vápencových litologických jednotkách.

Do hodnotenia boli zahrnuté aj tektonicky postihnuté – brekciovité vápence, dolomity a rauvaky. Tieto typy dislokačne metamorfovaných karbonátov na základe štúdia faktorov zraniteľnosti je potrebné hodnotiť

a zaradiť do vyššej triedy citlivosti ako „nepostihnuté“ primárne karbonáty. Analogicky je možné takto postupovať u väčšiny citlivých hornín. Brekciovitá vápence potom zaradíme do triedy **VC**, brekciovitá dolomity do triedy **NC** a rauvaky do triedy **VC** (tab. 1).

Turnaikum predstavujú polohy hornín turnianskeho príkrovu postihnuté slabou metamorfózou v podloží silického príkrovu v tektonickej zóne. Horninové prostredie príkrovu je tvorené početnými litologickými typmi poloskálnych a skalných hornín, ktorých rozpätie tried citlivosti je od **MC** až po **VC** (tab. 2). Plošne sú najviac zastúpené paklianske piesčité vápence a hončianske kryštalické vápence (obr. 2) triedy **NC**. Tektonické šupiny dvornických vrstiev zastupujú menšiu časť horninového prostredia, prevažne tvorenú poloskálnymi horninami, bridlicami až fylitmi triedy **VC** s polohami pieskovec a vápencov triedy **NC** (tab. 2). Súčasťou dvornických vrstiev sú aj bázické vulkanoklastiká. Reprezentujú ich polohy metabázických tufov triedy **NC**. Časť hornín turnaika tvoria gutensteinské vápence – skalné horniny triedy **NC** a gutensteinské dolomity triedy **MC**. Turnianska sekvencia v nadloží dvornických vrstiev je deponovaná v tektonických šupinách s hrúbkou desiatok metrov. Jej jednotlivé litologické typy sú zaradené do triedy citlivosti **NC** (tab. 2).

Podľa podielu hornín na stavbe horninového prostredia turnianskeho príkrovu je problematické hodnotiť niektoré úseky jeho stavby citlivosťou len jednej triedy. Je vhodné využiť kombinované vyjadrenie tried citlivosti, najmä pre horninové prostredie jelšavských vrstiev, kde sú to triedy **NC/VC** a horninové prostredie verfenskeho súvrstvia, ktoré tu má potom kombinovaný typ triedy citlivosti **VC/NC**. Horninové prostredie, tvorené dvornickými vrstvami má vzhľadom na značne variabilné zastúpenie litologických typov tiež prevažne kombinovaný typ triedy citlivosti **VC/NC**, pretože fylity a bridlice sa vyskytujú najčastejšie.

Hodnotením litologických typov hornín kenozoika bolo zistené, že v litofaciálnych jednotkách sú zastúpené horniny tried citlivosti **NC**, **VC** a **EC** (tab. 3). Dominantnou triedou citlivosti je **VC**, kam patria zeminy deluviálnych, deluviálno – proluviálnych, proluviálnych a fluviálnych sedimentov, s výnimkou štrkovitých zemín (tab. 3), ktoré sú zaradené do triedy **NC**. Zaujímavým litologickým typom sú spevnené sutiny charakteru brekcií a zlepencov, zaradené do triedy **NC**. Tieto deluviálne sedimenty predstavujú kompaktný materiál, skalné horniny, kde pôvodný, najmä sutinový gravitačne triedený materiál je stmelený jemnozrnným kalcitovým tmelom s výrazným podielom terra rossovej zložky. Pre kenozoikum charakteristické typy poloskálnych hornín – travertíny typu penovcov a skalných hornín – kompaktné travertíny, sú zaradené do triedy **EC** (tab. 3). Všetky výskyty travertínov sú značne poškodené antropogénnou činnosťou a najmä biologickým zvetrávaním činnosťou flóry. Do triedy extrémne citlivých hornín **EC** sú taktiež zaradené výskyty organických sedimentov slatín - nížinnej nivnej rašeliny.

Tab. 3 Citlivosť typov hornín kenozoika.

Tab. 3 Rock types sensitivity of Caenozoic.

Litologický typ	Litofaciálna jednotka	Typ inžiniersko-geologického rájónu	Názov triedy citlivosti	Symbol
spevnené sutiny (brekcie a zlepence)	deluviálne sedimenty (pliocén - pleistocén)	D – rájón deluviálnych sedimentov	stredne citlivé	NC
hlinité sedimenty s úlofkami hornín	deluviálne sedimenty (pleistocén – holocén)	D – rájón deluviálnych sedimentov	veľmi citlivé	VC
hlinito-kamenité sedimenty			veľmi citlivé	VC
kamenité sedimenty			veľmi citlivé	VC
kamenité sedimenty (ronové a osypové kužele)	deluviálno – proluviálne (koluviálne) sedimenty (pleistocén – holocén)	C – rájón koluviálnych sedimentov	veľmi citlivé	VC
štrkovité sedimenty	proluviálne sedimenty (pleistocén – holocén)	P – rájón proluviálnych kužeľov a plášťov	stredne citlivé	NC
hlinito – piesčito – štrkovité sedimenty			veľmi citlivé	VC
hlinito – štrkovité sedimenty			veľmi citlivé	VC
štrkovité sedimenty	fluviálne sedimenty nív potokov (holocén)	Fr – rájón náplavov aluviálnych rovín	stredne citlivé	NC
štrkovito – piesčité sedimenty			veľmi citlivé	VC
travertíny (všetky typy)	pramenné vápence (pleistocén – holocén)	T – rájón travertínových akumulácií	extrémne citlivé	EC
organické sedimenty (slatiny)	nívné rašeliny (holocén)	Or – rájón rašelinísk	extrémne citlivé	EC

V krasových územiach je potrebné považovať za súčasť horninového prostredia aj výplň endokrasových javov jaskýň a priepastí. Hodnotenie citlivosti hornín je špecifickým problémom, vzhľadom na podmienky vzniku týchto výplní a formy ich depozície. V prvom štádiu hodnotenia sme sa orientačne zaoberali len



autochtónnymi výplňami, čiže všetkými formami sintrov, vynímajúc sintre plastické a exentriká. Predbežne sme študované sintrové formy zaradili ku skalným horninám a do triedy extrémne citlivých hornín EC.

### Hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia

Zraniteľnosť horninového prostredia je definovaná ako miera citlivosti horninového prostredia na pôsobenie faktorov zraniteľnosti. Klasifikačnými kritériami sú:

- citlivosť hornín v súvislosti s hodnotenou aktivitou,
- predpokladaná intenzita pôsobenia aktivity na horninové prostredie,
- možnosť sanovania vplyvov technickým riešením a unikátnosť prvkov technického riešenia.

Zraniteľnosť horninového prostredia sa podľa kritérií STN 443705 klasifikuje piatimi stupňami:

1. kriticky zraniteľné,
2. veľmi zraniteľné,
3. stredne zraniteľné,
4. mierne zraniteľné,
5. nepatrne zraniteľné.

Hodnotením citlivosti hornín a ďalšími klasifikačnými kritériami na hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia klasifikujeme časti územia Slovenského krasu – južnú časť Zádielskej planiny a východnú časť planiny Horného vrchu a bezprostredne príľahlé jednotky nasledovne:

Horninové prostredia litofaciálnych jednotiek silického príkrovu – fácie predriftového štádia, fácie karbonátovej platformy a svahové a panvové fácie zaraďujeme do **3. stupňa zraniteľnosti**. Uvedený stupeň zraniteľnosti je charakteristický pre nasledujúce typy inžinierskogeologických rajónov – Sf, Ss, Sw (tab. 1). Časti územia tvorené rozsiahlymi súvrstviami vápencov v prípade intenzívneho skrasovatenia (prítomnosť početných exo a endokrasových foriem) sú potom zaraďované do **2. stupňa zraniteľnosti** – veľmi zraniteľné prostredie. Sú to typy rajónov Sw a Ss, ktorých územia sa vyskytujú prevažne po obvode hodnotených krasových planín. Do 2. stupňa zraniteľnosti taktiež zaraďujeme horninové prostredia tvorené zbrekčovateľnými vápencami – rajóny Md (tab. 1).

Osobitne je potrebné klasifikovať horninové prostredia, tvorené polohami dolomitov rajónu Sd (tab. 1), ktoré klasifikujeme ako **4. stupeň zraniteľnosti**. Uvedená klasifikácia nie je opodstatnená v tých prostrediach, kde sú dolomity zbrekčovateľné, čiže v rajónoch Md. V takýchto prípadoch je horninové prostredie klasifikované **3. stupeňom zraniteľnosti**.

Fácie predriftového štádia verfenského súvrstvia, ktoré patria do rajónu Sf, zaraďujeme taktiež do **3. stupňa zraniteľnosti**.

Horninové prostredie litofaciálnych jednotiek turnaika, tvorené rajónmi Sw, Ss, Sk, Sf, Mn a Mk (tab. 2), je zaradené do **3. stupňa zraniteľnosti**. Analogicky zaraďujeme obdobné litologické typy hornín turnaika rovnako ako vo vyššie uvedenom siliciku. V prípade intenzívneho skrasovatenia je potom horninové prostredie gutensteinských vápencov a všetkých zbrekčovateľných vápencov zaraďované do **2. stupňa zraniteľnosti**. Polohy gutensteinských dolomitov sú zaraďované do **4. stupňa zraniteľnosti** a ich zbrekčovateľné typy predstavujú horninové prostredie **3. stupňa zraniteľnosti**. Horninové prostredia metabázických tufov, rajón Me, zaraďujeme do **4. stupňa zraniteľnosti** a polohy silicitov v dvornických vrstvách do **5. stupňa zraniteľnosti**.

Horninové prostredie kenozoika, kvartérne litofaciálne jednotky charakteristické typmi rajónov D, C, P a Fr, je klasifikované **3. stupeňom zraniteľnosti**. Výskyty travertínov, ktoré patria do rajónu T a organických sedimentov slatín - nízinnej nivnej rašeliny – rajón Or (tab. 3) sú klasifikované **2. stupeňom zraniteľnosti**.

Ako bolo vyššie uvedené, územia intenzívne skrasovatené zaraďujeme do **2. stupňa zraniteľnosti**. Územia, v ktorých je rozsiahle zastúpenie endokrasu s významným vývojom sintrových foriem, je potrebné klasifikovať **1. stupeňom zraniteľnosti** – kriticky zraniteľné horninové prostredie.

### Klasifikácia územia do jednotlivých stupňov zraniteľnosti

#### 1 .stupeň – kriticky zraniteľné prostredie:

v hodnotenom území doposiaľ na povrchu nebolo zistené, patria sem však všetky časti horninového masívu s endokrasovými (podzemnými) javmi – jaskyne, jaskynné systémy a priepasti so sekundárnou sintrovou výplňou – rôznymi formami sintrovej výzdoby.

**2 stupeň – veľmi zraniteľné prostredie:**

všetky časti územia silicika – silického príkrovu a turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami vápencov s vysokým počtom endo a exokrasových javov a intenzívne tektonicky prepracovaných vápencov;  
všetky časti územia kenozoika – kvartéru, s výskytmi travertínov a slatinných nivných rašelin.

**3 stupeň – stredne zraniteľné prostredie:**

všetky časti územia silicika – silického príkrovu a turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami vápencov, s výnimkou intenzívne tektonicky prepracovaných (brekciovitých) vápencov, zón brekciovitých dolomitov, všetky časti územia silicika – silického príkrovu a turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami nekrasových hornín verfénskeho súvrstvia – bridlíc a pieskovcov ;  
všetky časti územia turnaika – turnianskeho príkrovu s výnimkou metabázických tufov a odolných hornín – polôh silicitov;  
všetky časti územia kenozoika – kvartéru (pleistocénu a holocénu).

**4 stupeň – mierne zraniteľné prostredie:**

všetky časti územia silicika – silického príkrovu a turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami dolomitov s výnimkou intenzívne tektonicky prepracovaných (brekciovitých) dolomitov;  
všetky časti územia turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami metabázických tufov.

**5 stupeň – nepatrne zraniteľné prostredie:**

všetky časti územia turnaika – turnianskeho príkrovu tvorené polohami silicitov

### Záver

Na základe dlhoročnej činnosti v krasových územiach je možné konštatovať celkovo výrazný nárast antropogénnej, najmä technickej činnosti, ktorá sa veľmi citlivo prejavuje na narušovaní ich životného prostredia, často bez ohľadu na zákonom deklarovaný stupeň ochrany.

K územiám, kde sa to zväšť výrazne prejavuje, patrí Národný park Slovenský kras. Rozsah a spôsob využívania určitých častí jeho územia a v ňom nachádzajúcich zdrojov surovín vyvoláva rad interakcií medzi technickou činnosťou a horninovým, resp. geologickým prostredím.

Jednotlivé zložky geologického prostredia tohto unikátneho krasového územia, najmä geologická stavba, reliéf, pôda, voda, sú vo výraznej vzájomnej interakcii. Narušením niektorej zložky dochádza veľmi rýchlo k narušeniu pôvodnej štruktúry krajiny a rovnováhy jej zložiek. Dôsledkom je degradácia životného prostredia. Obnovenie štruktúry a rovnováhy jednotlivých zložiek krajiny je veľmi často už nemožné alebo trvá veľmi dlhé obdobie.

Je samozrejmé, že mnohé aktivity (poľnohospodárstvo, ťažba dreva, prevádzka a výstavba štátnych komunikácií pre cestnú a železničnú dopravu, sieť poľnohospodárskych a lesných ciest, rozvody elektrickej energie – menovite vedenie 440 kV, rozsiahla preprava ropy a plynu bez kvalitného monitorovacieho systému a rozsiahle využívanie podzemnej vody) sú nevyhnutné pre chod hospodárstva Slovenska a nie je ich možné zrušiť. Je však možné ich na základe štúdia a analýzy územia Slovenského krasu priebežne monitorovať a primerane ich usmerňovať a dospieť tak skoro k stavu rovnováhy medzi požiadavkami na vysoký stupeň ochrany prírody v Národnom parku a využívaním častí krasu pre všestranne trvalo udržateľný rozvoj z pohľadu hospodárstva.

Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia študovaného územia je dôležitým súborom údajov pre hodnotenie súčasného stavu časti geologického prostredia Slovenského krasu. Spolu s ďalšími, skôr vykonanými hodnoteniami v iných územiach Slovenského krasu (Zacharov, 2001 a, b, Zacharov, 2005) boli získané údaje, ktoré charakterizujú z pohľadu riešenej problematiky podstatnú časť územia Slovenského krasu. Ďalšie získané údaje môžu prispieť ku komplexnejšiemu zhodnoteniu dôsledkov plánovaných technických aktivít na životné prostredie a aj k možnosti zamedzenia neprimeraných a nežiadúcich aktivít.

### Literatúra - References

- Atlas krajiny Slovenskej republiky, 1. vyd., Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava; Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, 2002, 1 – 344 s.  
Jakál, J.: Geomorfológia krasu Slovenska, Mapa 1:500 000. Slovenský kras, *Acta Carsologica Slovaca* 31. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 1993, s. 13 – 28.

- Matula, M., Holzer, R., Hrašna, M., Hyánková, A., Letko, V., Ondrášik, R., Vlčko, J., Wagner, P.: Atlas inžinierskogeologických máp SSR 1:200 000. *Slovenská kartografia n.p. Bratislava, 1989, 1 – 47 s.*
- Mello, J., Elečko, M., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D., Vozárová, A.: Geologická mapa Slovenského krasu 1:50 000. *MŽP SR, GS SR, Bratislava, 1996.*
- Mello, J., Elečko, M., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D., Vozárová, A., Gaál, L., Hanzel, V., Hók, J., Kováč, P., Slavkay, M., Steiner, A.: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1:50 000. *Vydavateľstvo D.Štúra, Bratislava, 1997, 1 – 255 s.*
- Zacharov, M.: Geologický prieskum životného prostredia Silickej planiny – komplexné hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia. *Acta Montanistica Slovaca, 6,3., Košice, 2001 a, s. 243 – 252.*
- Zacharov, M.: Silická planina – hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia. *Acta Carsologica Slovaca, Slovenský kras 38, SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 2001 b, s. 73 – 81.*
- Zacharov, M.: Slovenský kras Jasovská planina – Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, roč.LI, 1, řada hornicko – geologická, Ostrava, 2005, s. 37 – 46.*
- Norma STN 44 3705: Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia. *Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 1996, 1 – 20 s.*