

Inžinierskogeologické pomery travertínových kôp a ich širšieho okolia pri Spišskom Podhradí

Ladislav Tometz¹

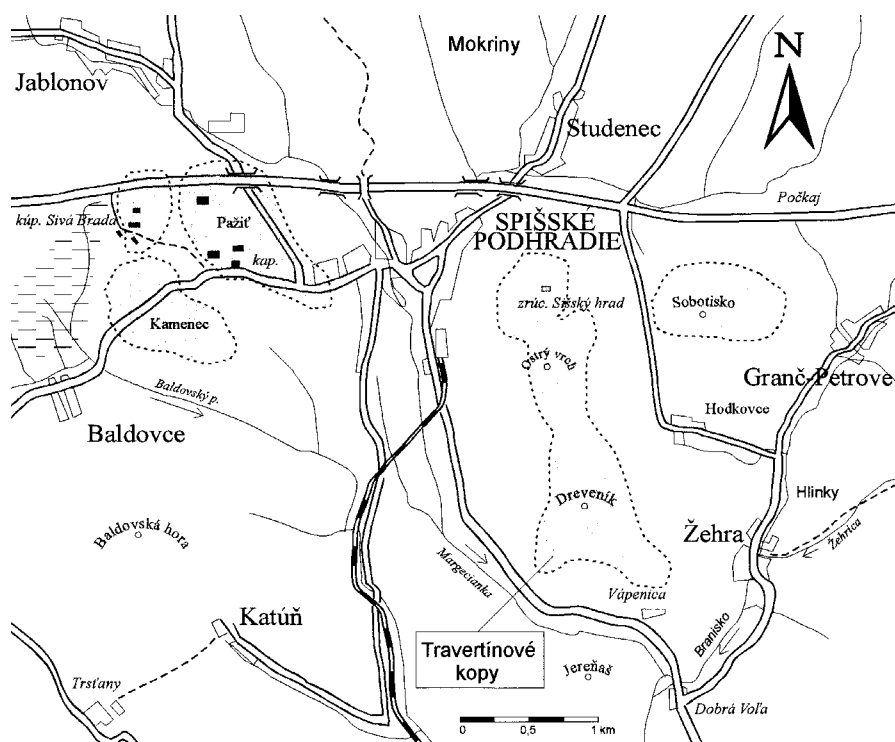
Engineering-geological relations of travertine hills in the Spišské Podhradie area

The area of Spišské Podhradie is well known by the presence of travertine hills with their characteristic might. The engineering-geological relations, conditioning the genesis and participating in the development of the formations up to the present time, are, in given conditions, of special importance. Geodynamical phenomena such as cambering and landslides, the most important denudation factors, take one of the most important position in relation to the environment.

Key words: travertine hills, engineering geology, geodynamical phenomena, cambering, influence on the environment.

Úvod

Územie v okolí Spišského Podhradia je veľmi hodnotné a svojrázne z prírodovedného, krajinného i kultúrno - historického hľadiska. Charakteristické je hlavne komplexom travertínových kôp Sivá Brada, Kamenec, Pažiť, Hradný vrch (Spišský hrad), Ostrý vrch, Dreveník a Sobotisko (obr.1). Územie je známe aj výskytom vzácnych druhov rastlín a živočíchov. Zvláštne postavenie v daných podmienkach zaujímajú inžinierskogeologické pomery, ktoré sú výsledkom geologickej stavby územia, jeho hydrogeologických a geomorfologických pomerov, podieľajúcich sa na jeho modelovaní dodnes.



Obr.1. Situovanie záujmového územia.

¹ Ing. Ladislav Tometz, Katedra geológie a mineralógie F BERG Technickej univerzity, Park Komenského 15, 043 84 Košice (Recenzovali: Ing. Lubomír Petro, CSc. a Doc. Ing. Michal Zacharov, CSc. Revidovaná verzia doručená 16.6.1997)

Vo vzťahu k životnému prostrediu tu zaujímajú jedno z najvýznamnejších postavení inžinierskogeologické pomery, z ktorých najzávažnejšie predstavujú geodynamické javy - svahové pohyby, ako jeden z významných denudačných pochodov. Vplyv týchto pochodov na horninové prostredie vo vzťahu k prírodným a antropogénnym činiteľom nadobúda v súčasnosti významné rozmery.

Všeobecné údaje o záujmovom území

Travertínové kopy v okolí Spišského Podhradia predstavujú ojedinelé morfológicky výrazné útvary v Hornádskej kotline. Z geomorfologického hľadiska má územie charakter vrchovinovo - nížinnej oblasti s eróznou - denudačným reliéfom. Klimaticky patrí do teplej a mierne vlhkej oblasti so studenou zimou. Priemerný dlhodobý zrážkový úhrn za rok tu predstavuje hodnotu 567 mm. Hydrologicky patrí do povodia Hornádu. Na jeho odvodňovanie sa v podstatnej miere podieľa potok Margecianka (Mazúr et al., 1980).

Geologická stavba

Na geologickej stavbe záujmového územia sa podieľajú komplexy hornín mezozoika, paleogénu a kvartérne sedimenty.

Mezozoikum v záujmovej oblasti na povrch nevychádza. Zistené tu bolo staršími vrtnými prácami na overenie prítomnosti minerálnych vôd (Stupák et al., 1994), v hĺbke viac ako 130 m. Tvoria ich dolomity stredného až vrchného triasu chočského príkrovu.

Vnútrokarpatský paleogén leží na horninách mezozoika a predstavuje ho niekoľko lito-faciálnych jednotiek) podtatranskej skupiny, borovské, hutianske, zuberecké a bielopotocké súvrstvie).

V uvedených jednotkách ako celku prevláda zastúpenie ílovcov nad pieskovcami.

Kvartér je na dne miestnych potokov tvorený fluvialnými sedimentami vo forme hĺn, ílov, piesčitých a hlinitých štrkov. Hrúbka náplavov nepresahuje 10 m. Na okolitých svahoch sú vyvinuté deluviálne a eluviálne sedimenty charakteru hĺn, s úlomkami ílovcov, pieskovcov a travertínov. Majú výrazné plošné rozšírenie, ich priemerná hrúbka však nepresahuje 2,0 m.

Biochemické sedimenty, ktoré sú hlavným predmetom záujmu, predstavujú travertíny a penovce vrchnomiocénneho až holocénneho veku. Travertíny konzervujú povrch ílovcov hutianskeho súvrstvia, pričom sú morfológicky veľmi zreteľne ohraničené. Hrúbka travertínových kôp dosahuje rôznych hodnôt. Najvýraznejšia je na Dreveníku a Hradnom vrchu (60 - 70 m). Menej hrubé sú z tohto hľadiska Sobotisko, Kamenec (15 - 25 m) a recentná kopa Sivej Brady.

Z hydrogeologického hľadiska tu majú najväčší význam hlbšie uložené mezozoické horniny. Na ich puklinové prostredie sú viazané miestne minerálne pramene. Zvodnenie hornín paleogénu vo forme porušených pieskovcových polôh tu nenadobúda väčší význam. Známe sú niektoré puklinové pramene vytekajúce z pieskovcov na južnom okraji Dreveníka. Fluvialne náplavy, vzhľadom na svoj zrnitostný charakter predstavujú najmenej priepustné prostredie (Stupák et al., 1994).

V skúmanej časti Hornádskej kotliny boli zistené tri základné systémy paleogénnych zlomov: staršie zlomy V - Z, resp. VJV - ZSZ smeru a mladšie zlomy v dvoch smerových línách SZ - JV až ZSZ - VJV a zlomy v smere S - J (Gross, 1987).

Inžinierskogeologické pomery

Štruktúrne - geologická charakteristika

Územie, vymedzené výskytom travertínov v Hornádskej kotline, ktorá sa vymodelovala ako erozívno - denudačná brázda v krídle megasynklinálneho poklesu na flyšoidných horninách vnútrokarpatského paleogénu medzi Levočskými vrchmi, Kozími chrbtami, Nízkymi Tatrami, Galmusom, Volovskými vrchmi a Braniskom, je z hľadiska inžinierskogeologickej rajonizácie (Matula, et al., 1989) súčasťou regiónu neogénnych tektonických vkleslín, oblasti vnútrokarpatských kotlin a rajónu kvartérnych karbonátov.

Kotlina je porušená zlomovou tektonikou a je rozčlenená na kryhy, ktoré sú voči sebe horizontálne a vertikálne posunuté. Najbližšie k záujmovému územiu v hĺbke asi 135 až 400 m pod povrchom vystupuje klčovsko - baldovská kryha (Cabala, 1991).

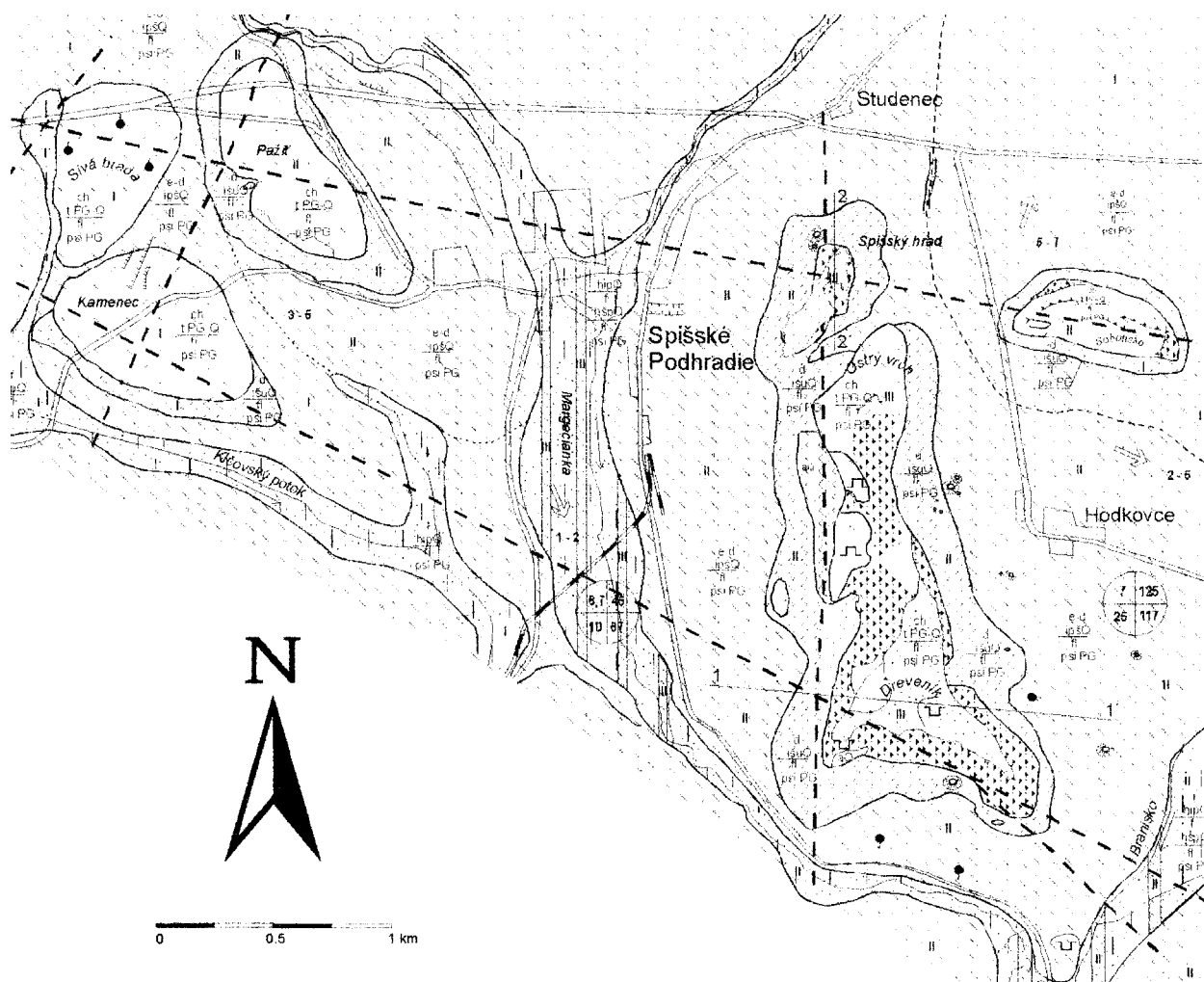
Podľa najnovších poznatkov (Holec, 1992) sa po zlomoch už od miocénu až podnes dostávajú na povrch minerálne a termálne vody, ktoré uložili v kotline rozsiahle a hrubé (viac ako 50 m) travertínové kopy.

Na máľkom, prevažne bridličnatom flyši sa vymodeloval jednak pahorkatinový reliéf, jednak pás rovinného územia poriečnych nív a nízkych terás na niektorých úsekoch doliny Hornádu.

Z inžinierskogeologického hľadiska sú geodynamické javy - svahové pohyby, ako jeden z významných denudačných pochodov, zároveň jedným z relevantných geologických činiteľov životného prostredia.

Litologicko - genetická charakteristika hornín a ich fyzikálno - mechanické vlastnosti

Jednotlivé litologicko-genetické typy hornín sú popisované na základe hodnotenia v zmysle noriem všeobecne platných v inžinierskej geológii. Rozšírenie jednotlivých genetických typov je znázornené na obr.2.



Obr.2. Mapa inžinierskogeologických pomerov (Tometz in Stupák et al., 1994). **Dokumentáčné značky:** 1 - hranice medzi genetickými komplexami hornín, 2 - hranice hrúbok prvej kvartérnej vrstvy, 3 - hranice hrúbok druhej kvartérnej vrstvy, 4 - lom a - v prevádzke, b - opustený. **Značky zobrazenia geodynamických javov:** 5 - blokové rozpadliny, 6 - blokové polia, 7 - výrazné samostatné bloky, 8 - výraznejšie erózne rýhy, 9 - zlomy. **Značky zobrazenia hydrogeologických pomerov:** 10 - číselný údaj o hĺbke hladiny podzemnej vody [m], 11 - prameň, 12 - smer prúdenia podzemnej vody, 13 - chemický rozbor podzemnej vody, udáva sa: ph, Tk - tvrdosť prechodná [$^{\circ}$ N], agresívny CO_2 a SO_4 [mg.l $^{-1}$].

Paleogénne horniny - tvoria bezprostredné podložie travertínových kôp. Prieskumné práce ktoré tu vykonal Malgot (1992) potvrdili pôvodné predpoklady o výraznej prevahe ílovcov nad pieskvcami.

Ílovce nachádzajúce sa v odkryvoch sú hnedej farby, zvetrané až rozložené s čriepkovitým rozpadom a náznakmi vrstevnatosti. Majú pelitickú štruktúru, sú piesčitého charakteru s vápnitým tmelom.

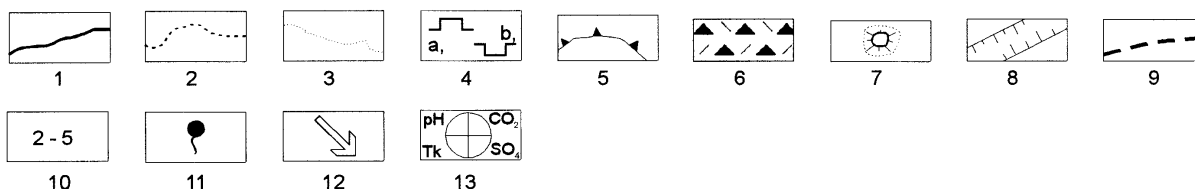
Pieskovce vytvárajú najvrchnejšie polohy flyšového komplexu a ich hrúbka nepresahuje 4 m. Miestami bol pozorovaný ich prechod do zlepcov. Celý vrstevný sled od ílovcov cez pieskovce, zlepenca až po travertíny možno sledovať na Hradnom vrchu pri vstupe do objektu hradu.

CHARAKTERISTIKA ZEMÍN

				ZNÁZORNENIE ZEMÍN									LITOLOGICKO - PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA	ZATRIEDENIE ZEMÍN PODĽA ŠTN 73 1001
				NA POVRCHU			POD POVRCHOM							
				HRÚBKA VRSTIEV [m]										
				< 2	2 - 5	> 5	< 2	2 - 5	> 5					
				INDEXY HRÚBOK KVARTÉRNÝCH SEDIMENTOV										
I			II			III								
KVARTÉ	HOLOCÉN	antropogénny	aQ										antropogénne sedimenty lomový odpad, úlomky travertínov	-
		fluviálny	f										íl nízko až veľmi vysoko plastický, íl piesčitý	CL, CI, CH, CV CS
	hipQ												íl piesčitý, piesok ílovitý, štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy	CS, SC G-F
	PLEISTOCÉN - HOLOCÉN	deluviálny	eluviáno-deluviálny	e - d ipš Q										íl nízko až vysoko plastický íl štrkovitý, piesok ílovitý
d išu Q													íl stredne až vysoko plastický íl štrkovitý, íl piesčitý, štrk ílovitý	CL, CH, CG CS, GC

CHARAKTERISTIKA SKALNÝCH HORNÍN

ÚTVAR	ODDELENIE	GENET. KOMPLEX	ZNÁZORNENIE HORNÍN			LITOLOGICKO - PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA	
			HRÚBKA KOMPLEXU [m]				
			< 20	20 - 50	> 50		
PALEOGÉN - KVARTÉR	pliocén - holocén	chemický	t PG-Q				travertín
PALEOGÉN	eočén	hlbokomorský	fl psi PG	vyjadrené len indexom podložného komplexu			pieskovec a slienitý ílovec



Obr.3. Vysvetlivky k mape inžinierskogeologických pomero.

Zlepenca vo všeobecnosti nemožno pozorovať na povrchu. Popísané boli však Malgotom (1992) pri prieskume Hradného vrchu. Nachádzajú sa v nadloží ílovcov. Charakteristický je pre nich postupný prechod do pieskovcov. Celková hrúbka tohto prechodového súvrstvia sa pohybuje v rozsahu 2 - 4 m. Zlepenca sú v prevažnej miere tvorené dobre opracovanými valúnami pieskovcov, kvarcitov, karbonátov (vrátane travertínu), ílovcov, kryštallických bridlíc a v zanedbateľnej miere aj vulkanických hornín. Veľkosť valúnov nepresahuje 7 cm, tmel je pieskovcový až pieskovcovo - karbonátový, štruktúra drobnozrná.

Pieskovce spolu so zlepenkami tvoria nadložie ílovcového komplexu. Pozorovať ich možno hlavne v záreze cesty na JZ okraji Dreveníka a v opustenom lome na J okraji záujmového územia, kde tvoria v ílovcovom komplexe striedajúce sa polohy. Odlučnosť pieskovcov je tu doskovitá až lavicovitá,

s celkovou hrúbkou nepresahujúcou 2 - 3 m. Pieskovce sú spravidla hrubozrnné, sivé až zelenosivé, navetrané, po puklinách až zvetrané, s hojnými zátekmi oxidov Fe.

Travertíny - sú z hľadiska hodnotenia najrozšírenejším litologickým typom hornín záujmového územia. V zmysle pomenovania a opisu hornín v inžinierskej geológii (STN 72 1001) predstavujú chemický genetický komplex. Travertíny sú v prevažnej miere bielej, sivobielej menej žltej farby, amorfné, prípadne veľmi jemnozrnné s rovnomernou veľkosťou zrn. Charakteristická je pre ne rôznorodá pórovitosť v rozmedzí od mikropórov až po dutiny, ktoré sú často vyplnené kalcitom, prípadne aragonitom. Veľmi častá je fluidálna textúra. Na povrchu sú travertíny navetrané, po puklinách často výrazne krasovo pretvorené. Výrazne krasovo modelované sú pukliny v smere významných poruchových línií, najmä na ich križovaní, známe najmä z travertínovej kopy Spišského hradu. Najrozšírenejšou formou je tu masívny, pevný travertín, budujúci kopy v rozohľadujúcej miere. Travertíny s nižšou pevnosťou, s výraznou laminovanou až tenkodoskovitou odlučnosťou sa nachádzajú hlavne v masíve Sobotiska.

Klasifikácia uvedených hornín pre zakladanie stavieb v zmysle STN 73 1001 - Základová pôda pod plošnými základmi a ich ťažiteľnosť (STN 73 3050 - Zemné práce), je uvedená v tabuľke č.1.

Tab.1. Klasifikácia hornín.

Litologický typ horniny	Charakteristika podľa STN 73 1001	Zatriedenie podľa STN 73 1001	Trieda ťažiteľnosti podľa STN 73 3050
ílovec	slabo až stredne spevnená poloskalná hornina	R3 - R4	5.
zlepenec	poloskalná hornina so strednou pevnosťou v prostom tlaku	R3	5.
pieskovec zčasti navetraný až zvetraný	skalná až poloskalná hornina so strednou pevnosťou v prost.tlaku	R3 - R4	6.
travertín pevný	skalná hornina s vysokou až strednou pevnosťou v prostom tlaku	R2	6.
travertín navetraný	poloskalná hornina s nízkou pevnosťou v prostom tlaku	R3 - R4	5.

Ostatné genetické typy hornín - boli na záujmovom území vyčlenené v zmysle členenia zemín podľa STN 72 1001 - Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii, keď ich rozšírenie je zrejmé z obr.2.

Antropogénne sedimenty sa najvýraznejšie uplatňovali hlavne v súvislosti s ťažbou travertínu, ktorého nezužitkovaná časť bola a podnes je haldovaná spravidla v predpolí lomových stien. Pozorovať ich možno pozdĺž celého západného okraja lomu Dreveník-Ostrý vrch. Nepatrné pozostatky haldovania sú badateľné aj na južnom okraji Dreveníka pri opustenom lome. Väčšieho rozsahu sú aj navážky hlinito - kamenitého charakteru na Spišskom hrade, často s prítomnosťou artefaktov.

Fluviálne sedimenty predstavujú v centrálnej časti výplň údolia potoka Margecianka, na JZ okraji Klčovského potoka a JV okraji potoka Branisko. Reprezentujú ich vo vrchnej časti povodňové hliny a íly, často s prímiesou piesku, pod ktorými sa nachádza piesok a štrk s variabilnou prímiesou jemnozrnej zeminy. Hrúbka tohoto súvrstvia sa pohybuje v rozsahu 4 - 10 m.

Eluviálne - deluviálne sedimenty majú z pokryvných útvarov najväčšie plošné rozšírenie. Vyčlenené tu boli hlavne íly, štrk, piesok a ich kombinácie. Ich hrúbka sa pohybuje najčastejšie v rozsahu 1-2 m, zriedkavejšie 2-5 m. V uvedených zeminách môžeme prakticky po celej ploche popisovaného genetického komplexu pozorovať kamenitú až balvanitú frakciu prevažne travertínov, ojedinele pieskovcov. V priemere však zastúpenie tejto frakcie nepresahuje 20%.

Delúvium tvoria v prevažnej miere štrkovité, kamenité a balvanovité frakcie s častým výskytom blokov súvisiacich s gravitačným rozpadom travertínových kôp. Výplň uvedených frakcií tvorí spravidla íl stredne až vysokoplastický. Výskyt tohto genetického komplexu je viazaný hlavne na dominantné travertínové telesá, podliehajúce intenzívnym denudačným procesom (Hradný vrch a Dreveník). V týchto miestach dosahujú uvedené sedimenty hrúbku 2-5 m, ojedinele viac ako 5 m. V prípade okolia ostatných travertínových telies nepresahuje delúvium hrúbku 2 m. Z petrografického hľadiska tu prevládajú kamene, balvany a bloky travertínov, menej sú zastúpené úlomky ílovcov a pieskovcov.

Z hľadiska vývoja svahových deformácií blokového typu poukázal na dôležité vlastnosti podložja travertínov, ktoré tvorí elúvium ílovcov, Malgot (1992) v rámci prieskumu Hradného vrchu. Pokryvné útvary v mieste vstupnej brány dosahujú hrúbku 1-3 m. Elúvium ílovcov pod miernym sklonom upadá smerom na SZ do hĺbky 13-18 m a vo väčšej vzdialenosti od centra travertínového telesa bolo vrtnými prácami zachytené v hĺbke až 50 m. Táto zóna sa v daných podmienkach javí ako kontaktná oblasť travertínového masívu a paleogénneho podložja. Predstavujú ju íly a piesčité íly s nízkou a strednou plasticitou, pevnej až tvrdej konzistencie. Prehnetené sú úlomkami travertínov s ílovcami a nesú typické znaky kríbovej zóny (zóny plastického tečenia).

Popísané zeminy boli hodnotené v zmysle STN 72 1001 a STN 73 1001 (Cabala, 1991; Malgot 1992; Stupák et al., 1994) Ich charakteristiky sú uvedené v tabuľke č.2.

Tab.2. Klasifikácia zemín.

genetický typ zeminy	petrografické zloženie	symbol podľa STN 72 1001	zatriedenie podľa STN 73 1001
antropogénny	úlomky, kamene a balvany travertínu	cb	Y
fluviálny	íl nízko až veľmi vysoko plastický	CL, CI, CH, CV	F6, F8
	íl piesčitý	CS	F4
	piesok ílovitý	SC	S5
	štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy	G - F	G3
eluviálne - deluviálne	íl nízko až vysoko plastický	CL, CI, CH	F6, F8
	íl štrkovitý	CG	F2
	piesok ílovitý	SC	S5
deluviálny	íl stredne až vysoko plastický	CL, CI, CH	F6, F8
	íl štrkovitý	CG	F2
	íl piesčitý	CS	S5
	štrk ílovitý	GC	G5
eluviálny (elúvium ílovcov v podloží travertínov)	íl nízko a stredne plastický	CL, CI	F6
	íl piesčitý	CS	F4

Geodynamické javy

V rámci inžinierskogeologických pomerov majú v záujmovom území dominantné postavenie geodynamické javy. V zmysle členenia podľa Nemčoka (1982) tu možno popísať zo svahových pohybov v skupine plazenia typ blokových pohybov na plastickom podloží, s výslednými poruchami

vo forme blokových rozpadlín a blokových polí. V skupine rútenia zase typ odvalových rútení s náhlym premiestnením skalných stien voľným pádom vo forme skalných zrútení.

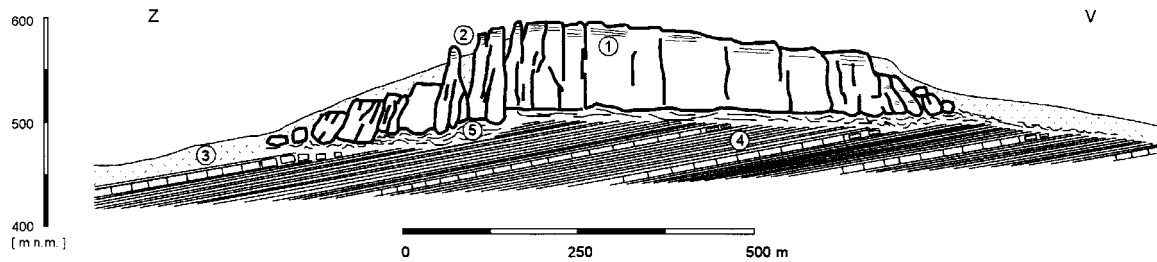
Blokové svahové deformácie patria k najčastejším druhom plazivých pohybov. Vznikajú v charakteristických geologických štruktúrach, v ktorých horninový komplex budovaný pevnými rigidnými horninami (travertíny), leží na plastickom, mäkšom podložnom komplexe (ilovce). Výslednou formou blokových pohybov bývajú svahové poruchy typu blokových rozpadlín, posunov a blokových polí. Travertínové kopy Hradného vrchu a Dreveníka sú klasickým príkladom gravitačného rozpadu v dôsledku podpovrchových plazivých porúch, ktoré patria do plne rozvinutého štádia celého komplexu svahových porúch typu blokových rozpadlín a blokových polí (foto 1).

Vývoj blokových svahových pohybov a ich porúch sa viaže len na také travertínové telesá, ktoré boli pôsobením dostatočnej dlhodobej selektívnej erozívno - denudačnej modelácie na okrajoch výraznejšie strmo obnažené od okolitého prostredia a navyše aj vnútorne postupne rozčlenené a porušené v dôsledku mechanického a chemického (krasového) zvetrávania. Preto blokové poruchy postihli iba staršie travertínové telesá, ktoré vznikli v teplejších obdobiach medzi vrchným miocénom (pont) až strednopleistocénnymi interglaciálmi (Holec, 1992; Ložek, 1964). Mechanizmus rozpadu travertínovej kopy Dreveníka dokumentuje geologický rez (obr.4), ktorý zostrojil Nemčok (1982). Vektor pohybu travertínových blokov je tu spravidla predurčený gravitačnými silami. Pohyb po predurčenej šmykovej ploche, t.j. v smere sklonu flyšového podložja, je sekundárnej povahy.



Foto. 1. Blokové rozpadliny a blokové pole v J - V časti Dreveníka (Tometz).

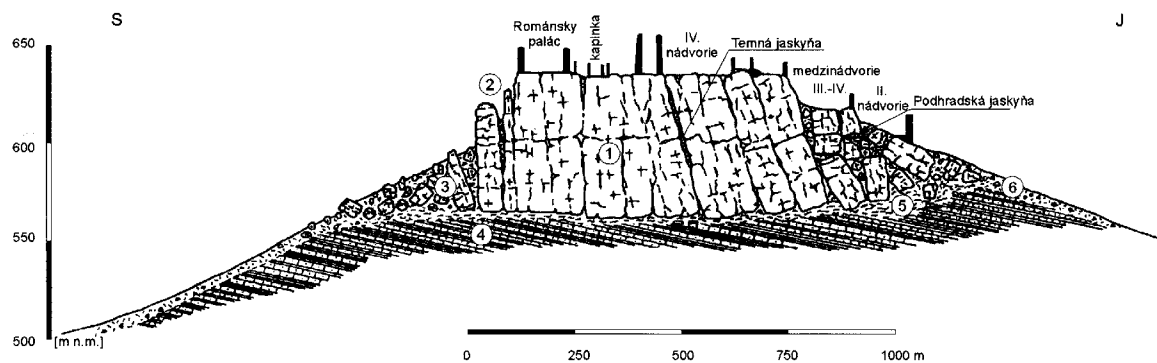
Blokové rozpadliny s blokovými poliami sa nachádzajú po celom obvode Dreveníka, Ostrého vrchu a Hradného vrchu. Najväčšie blokové pole sa utvorilo na západných svahoch v priestore medzi Dreveníkom a Ostrým vrchom. Uvedené kopy sa rozpadávajú na Z,V a J svahoch, keď plošný rozsah blokových polí je na Z svahoch neporovnateľne väčší, čo súvisí s miernym sklonom flyšového podkladu na JV ($5-10^\circ$).



Obr.4. Rez 1 - 1' (Nemčok 1982). 1-travertínové teleso, 2-blokové rozpadliny a blokové pole, 3-svahové sutiny, 4-pieskovce a slienité ílence centrálnokarpatského flyšu (paleogén), 5-šmyková zóna (krip), úlomky pieskovcov, travertínov a piesčité hliny.

Zvláštne postavenie vo vzťahu ku geodynamickým javom zaujíma travertínová kopa Hradného vrchu v interakcii s mohutnou a rozsiahlou stavbou Spišského hradu. Hradný vrch je považovaný za najstaršiu travertínovú kopu na popisovanom území. Vznikala už v miocéne (Holec, 1992) a jej dominantnú výšku možno vysvetliť vznikom mladších, vrchných bralnatých travertínových vrstiev v pleistocéne (Fussgänger, 1984). Najstarším (miocénnym) vrstvám zodpovedá mierny tabuľový reliéf I. a II. hradného nádvorja, ktorý je charakteristický aj pre Dreveník. Celkové plošné ohraničenie travertínového telesa Hradného vrchu, ako aj jeho hrúbka, boli overené geofyzikálnymi meraniami (Fussgänger, 1985), ako aj vrtnými prácami (Malgot, 1992). Geologický rez Hradným vrchom (obr.5) zostrojil na základe geofyzikálnych meraní Fussgänger (1985). Na priame sledovanie vývoja plazivých blokových pohybov sa v rokoch 1980 a 1992 v priestore Spišského hradu osadili presné mechanicko-optické dilatometre TM-71. Výsledky meraní poukázali na rôznu intenzitu plazivých pohybov. Nameraná hodnota posunu odčlenených blokov sa pohybovala v rozmedzí 0,1 až 1,13 mm za rok. V súčasnosti vykonáva GS SR Košice merania na štyroch dilatometroch (os. informácia, Petro, 1997).

Záveru prác vykonaných Malgotom (1992) poukazujú na výrazný vplyv svahových pohybov na hradnú stavbu.



Obr.5. Rez 2 - 2' (Fussgänger, 1985). 1-travertínové teleso, 2-blokové rozpadliny, 3-separované bloky v blokovej poli, 4-pieskovce a slienité ílence, 5-kontaktná šmyková zóna (krip), 6 - svahové sutiny (delúvium).

Skalné zrútenia sa objavujú na strmých, takmer zvislých skalných stenách po obode vypreparovaných blokov travertínov. Charakteristický je tento jav hlavne na V a Z strane Dreveníka, ako aj po vonkajšom obvode Hradného vrchu (Horného hradu). Vznik skalných zrútení je podmienený predovšetkým pomalými kripovými pohybmi obvodových blokov a mechanickým zvetrávaním travertínov. Na skalných stenách vznikajú pomalým vtlačaním blokov a opadávaním zvetraných materiálov početné skalné previsy. Travertíny sú intenzívne porušené systémom diskontinuit rôzneho smeru, sklonu a genézy, ktoré predstavujú predisponované odtrhové plochy. Na skalných stenách v prevažnej miere prevládajú skalné zrútenia odvalového charakteru, v menšej miere vznikajú planárne skalné zrútenia.

Zosuvy. Po obvode travertínových kôp na svahoch tvorených paleogénnymi flyšoidnými horninami, náchylnými na zosúvanie, mohlo v minulosti dochádzať k zosuvom za extrémnych klimatických podmienok pozdĺž rovinných šmykových plôch. V súčasnosti ich tvary na záujmovom území nemožno pozorovať. Pravdepodobne sú prikrýté akumuláciami deluviálnych sedimentov.

Vzhľadom na predpokladaný stabilizovaný charakter starých pleistocénnych zosuvov, nie je ich možné v teréne odlišiť od blokových polí.

Krasové javy. Napriek tomu, že travertínové akumulácie nevytvárajú typické prostredie pre rozvoj krasových javov, v záujmovom území boli zistené. Podľa geomorfologického členenia krasu zaraďuje Jakál (1993) spišské travertíny ku kotlinovému typu krasu.

Na záujmovom území sa nachádzajú tak povrchové, ako aj podpovrchové krasové formy. Z povrchových sú to najmä škrapy rôzneho tvaru. Ich rozšírenie vzhľadom na textúru travertínov a ich náchylnosť na zvetrávanie je obmedzené. Oveľa častejšie sú pozorovateľné korozívnym procesom rozšírené pukliny rôznej genetickej povahy (tektonické, ťahové), ktorých šírka sa pohybuje od niekoľkých mm do niekoľko m a ich prítomnosť v horninovom masíve výrazne ovplyvňuje - oslabuje jeho stabilitu. V tomto smere dôležitú úlohu zohrávajú podpovrchové krasové formy, t.j. jaskyne a významné podzemné priestory často navzájom prepojené (Cebeauer a Líška, 1976).

Najvýznamnejšie jaskynné priestory sú viazané na systém puklín a trhlín travertínového telesa Hradného vrchu. Vznik najväčšej, tzv. Temnej jaskyne, je viazaný na puklinu (širokú od 0,5 do 1,6 m) SZ-JV smeru v centrálnej časti hradu. Zhodne orientovaný, ale oveľa menší, je puklinový priestor

pod západnou časťou III. nádvorja. Najstaršou známou jaskyňou je tzv. Podhradská jaskyňa, ktorá je v južnej časti, v blízkosti vstupnej brány do hradu, pod tzv. Perúnovou skalou. Od predchádzajúcich sa odlišuje tým, že nevznikla po puklinách, ale koróziou travertínu po jeho vrstevnatosti. Podľa novších poznatkov popisuje v oblasti Dreveníka Jakál (1993) Ľadovú jaskyňu, Puklinovú jaskyňu v Dreveníku, Peklo, Hlbokú priepasť a Veľkú jaskyňu, ktorých dĺžka dosahuje max. 100 m a hĺbka max. 43 m.

Zvetrávanie. Travertíny vzhľadom na svoju veľkú pórovitosť, ktorá je podmienená ich textúrnymi znakmi, sú náchylné najmä na mechanické zvetrávanie. Rozsiahlejšie prejavy recentných zvetrávacích procesov, ktoré by viedli k vzniku samostatného genetického horninového typu, nemožno na záujmovom území pozorovať. Intenzívnejšie prebiehali zvetrávacie procesy v minulosti. Dokumentuje to výskyt travertínových brekcií, ktoré vznikli v dôsledku mrazového zvetrávania a striedania rozdielnych klimatických období. Tak vznikli väčšie akumulácie úlomkovitého materiálu v jaskyniach a iných podzemných priestoroch, situovaných najmä na masívy Hradného vrchu a Dreveníka. Na rozdiel od travertínov, predstavuje ílovcovo - pieskovcový komplex horniny, ktoré ľahšie podliehajú zvetrávaniu. Z nich najmä ílovce zvetrávajú veľmi rýchlo. Viditeľné je to na viacerých odkryvoch v okolí Dreveníka a Spišského hradu. Vo vrchných častiach majú ílovce charakter elúvia a v spodných prechádzajú do silne zvetraných hornín. Obdobne ako u travertínov, i mrazové zvetrávanie bolo oveľa intenzívnejšie v období periglaciálu, ako v súčasnosti. Spoločne s inými procesmi sa zvetrávacie procesy spolu s následným premízaním ílovcov, najmä na kontakte s nadložnými travertínmi, podieľali na gravitačnom rozvolnení travertínových kôp.

Zhodnotenie geologických činiteľov životného prostredia

Osobitné postavenie pri zhodnotení geologických činiteľov životného prostredia na záujmovom území majú geodynamické procesy. Vplyv geodynamických pochodov na horninové prostredie

vo vzťahu k prírodným a antropogénnym činiteľom, v súčasnosti nadobúda významné rozmery. Osobitnú pozornosť si v týchto podmienkach zaslúhuje štúdium geodynamických javov, pôsobiacich na travertínovú kopu Hradného vrchu a na samotný Spišský hrad.

Pomalé deštrukcie objektov Spišského hradu spôsobovalo počas jeho existencie viacero faktorov. Sú to predovšetkým procesy zvetrávania múrov a ich podložia, účinky zemetrasení, dynamické účinky rozpojovacích (strelných) prác pri ťažbe travertínu v lome na Dreveníku, a najmä svahové pohyby travertínových blokov, ktorých ustálený kríповý pohyb mohol byť predchádzajúcimi faktormi urýchľovaný.

Najintenzívnejšie zvetrávanie hradných múrov dokázateľne prebieha na styku medzi základmi a podzákladmi (Malgot, 1992). Priame dôkazy o vplyve zemetrasení na objekty hradu a jeho podzákladie neboli preukázané. V období od roku 1900 do roku 1970 mohla vyvolávať značné dynamické účinky ťažba travertínu na Dreveníku vplyvom nadmerných komorových odstrelov. V súčasnosti je tento vplyv vylúčený. Geologické procesy - blokové pohyby travertínov po plastickom podloží, vyvolávali počas celej existencie hradu vznik a vývoj trhlín, ktoré často končili zrútením sa časti konštrukcií hradných objektov.

Sanácia objektov Spišského hradu, ktoré sú založené na pohybujúcich sa travertínových blokoch, je mimoriadne komplikovaná. Túto problematiku nie je možné riešiť bez podrobnej inžinierskogeologickej analýzy. Vplyv vykonaných a navrhovaných sanačných opatrení na životné prostredie zhodnotil vo svojej práci Malgot (1992). Návrh sanačných prác je tu zameraný hlavne na očistenie skalných stien od vegetácie. Sanačné práce s použitím vhodných materiálov a technológií je potrebné viesť tak, aby nedošlo k znečisteniu horninového prostredia. Najnepriaznivejší konflikt však predstavuje ovplyvnenie gravitačných svahových pohybov hornín konzervačnými prácami. Tieto musia byť navrhované tak, aby stabilizačné práce boli sústredené iba do bezprostredného, gravitačne rozvolneného podložia hradných múrov. V prípade pokusu o stabilizovanie skalných blokov podzákladia by mohlo dôjsť k výraznej deštrukcii hradných objektov.

Negatívnym javom ovplyvňujúcim životné prostredie na záujmovom území je ťažba travertínu na Dreveníku. Travertín sa tu ťaží už od dávnej minulosti a postupom času vznikla zložitá situácia v stretoch záujmov, pretože oblasť Dreveníka predstavuje jednu z našich najstarších prírodných rezervácií. Nedôslednosťou pri upresnení hraníc a plošnej výmery rezervácie došlo k určaniu dobývacieho priestoru pokrývajúceho komplex travertínovej kopy Dreveníka o výmere 206,25 ha. V snahe zabrániť ďalšej devastácii prírodného prostredia boli prijaté legislatívne opatrenia, podľa ktorých sa má ťažba travertínu na Dreveníku do roku 1999 úplne zastaviť.

Z ostatných travertínových kôp v okolí Spišského Podhradia vzhľadom k hodnoteniu geologických činiteľov životného prostredia si zasluhujú pozornosť Sobotisko a Sivá Brada.

Na Sobotisku je možné v menšej miere pozorovať svahové pohyby charakteru blokových rozpadlín s náznakom blokových polí. Vplyv antropogénnej činnosti možno pozorovať na jeho Z a V strane, kde v minulosti bola snaha ťažiť travertín pre miestne stavebné účely. Znečistenie horninového prostredia je tu badateľné v súvislosti so zriadením divokých skládok komunálneho odpadu. Dnes je tento prírodný výtvor legislatívne chránený.

Na recentnej kope Sivá Brada možno pozorovať tvorbu travertínu s početnými prirodzenými vývermi minerálnej vody. Z hľadiska ochrany životného prostredia je v miestnych podmienkach najohrozenejším prírodným výtvorom. Na jej devastácii sa podieľa hlavne vplyv motorizmu, neusmernená návštevnosť a poľnohospodárska činnosť. V rámci osobitného režimu bola navrhnutá úprava hraníc jej ochrany. Výraznejší účinok týchto opatrení sa však doposiaľ neprejavil.

Záver

Geodynamické javy - svahové pohyby ako jeden z významných denudačných pochodov zaujímajú na hodnotenom území vo vzťahu k životnému prostrediu osobitné postavenie. Vplyv týchto pochodov v interakcii s ostatnými prírodnými a antropogénnymi činiteľmi nadobúdajú v súčasnosti významné rozmery. Zvláštne postavenie v tomto smere zaujíma travertínová kopa Hradného vrchu a objekt Spišského hradu založený na tomto telese. Stále prebiehajúca sanácia tejto v strednej Európe ojedinelej stavby je veľmi náročná a prináša neustále nové poznatky o jej vzťahu k horninovému prostrediu v ktorom je založená. Riešenie sanácie objektov hradu, ktoré sú založené na pohybujúcich sa travertínových blokoch je mimoriadne náročné a bez podrobnej inžinierskogeologickej analýzy prakticky nemožné.

Travertínové kopy v okolí Spišského Podhradia sú svojím spôsobom ojedinelým prírodným výtvorom, preto je treba do budúcnosti riadiť sa v tomto prostredí takou činnosťou, ktorá nebude pôsobiť nepriaznivo hlavne na gravitačné svahové pohyby, procesy zvetrávania a znečistenia horninového prostredia.

Literatúra

- Cabala, D.: Inžinierskogeologické posúdenie skalnej steny hradného vrchu (Spišský hrad). *Manuskript - Geofond Bratislava, 1991.*
- Cebecauer, I. a Liška, M.: Príspevok k poznaniu krasových foriem spišských travertínov a ich kryhových zosuvov. *Slovenský kras, 10, 1976, s. 47 - 61.*
- Fussgänger, E.: Poznatky z terénneho výskumu plazivých svahových pohybov travertínových blokov na Spišskom hrade. *Mineralia Slovaca, 1, 1985, s. 15 - 24.*
- Gross, P.: Geologická stavba ochranného pásma Baldovce - Sivá Brada. *Manuskript - Bratislava, 1987.*
- Holec, P.: Výliatky zubov mastodonta druhu Mammut borsoni (Hays, 1834) v drevenickom travertíne v Spišskom podhradí. *Mineralia Slovaca, 24, 1992, s. 467 - 469.*
- Jakál, J.: Geomorfológia krasu Slovenska, mapa 1:50 000. *Geografický ústav SAV, Bratislava, 1993.*

- Ložek, V.: Genéza a vek spišských travertínov. *Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach, sér. A, prír. vedy*, 5A, s. 7 - 33.
- Malgot, J.: Spišský hrad - inžinierskogeologický prieskum a geotechnické opatrenia. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1992.*
- Matula, M., Hrašna, M. a Ondrášik, R.: Atlas inžinierskogeologických máp SSR 1:200 000. *SGÚ a Katedra IG PRF UK, Bratislava, 1989.*
- Mazúr, E., Lenko, D., Kelemen, A. a Jakál, J.: Atlas SSR. SAV, SÚGK, Bratislava, 1980.
- Nemčok, A.: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Bratislava, VEDA, 1982, s. 218 - 221.
- Stupák, Š., Tometz, L., Varga, M., Maňkóvká B., Nižňanská, M., Hudáček, J.: Hodnotenie geofaktorov životného prostredia travertínových kôp v okolí Spišského Podhradia. *Manuskript - Geofond Bratislava, 1994.*