



**INŽINIERSKOGEOLOGICKÁ ŠTÚDIA V LOKALITE SANDBERG, DEVÍNSKA
KOBYLA ZA ÚČELOM REKONŠTRUKCIE TURISTICKÉHO CHODNÍKA**

Objednávateľ: Štátna ochrana prírody SR
Tajovského 28B, 974 01 Banská Bystrica

Zhotoviteľ: Doc. RNDr. Martin Bednarik, PhD., zodpovedný riešiteľ
Odborná spôsobilosť: inžinierskogeologický prieskum
Číslo preukazu: 7/2013

Riešiteľský kolektív: Mgr. Roman Solčiansky
Ing. Eduard Vyskoč



Apríl 2015

OBSAH

1.	ÚVOD.....	3
2.	GEOGRAFICKÉ, GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMERY.....	3
3.	VÝSLEDKY ORIENTAČNÉHO INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU ...	4
	3.1 Inžinierskogeologické pomery	4
	3.2 Hydrogeologické pomery	6
	3.3 Seizmicita územia.....	7
	3.4. Svahové deformácie	7
	3.5. Výmoľová erózia	8
4.	DYNAMICKÉ PENETRAČNÉ SKÚŠKY	11
5.	STATICÝ NÁVRH RIEŠENIA	13
6.	ZÁVERY A ODPORÚČANIA	13
	POUŽITÁ LITERATÚRA	14

1. ÚVOD

Na základe Zmluvy o dielo č. ŠOP SR/102/2015 zo dňa 8. apríla 2015 sme realizovali orientačný inžinierskogeologický prieskum za účelom získania inžinierskogeologických podkladov pre návrh statického zabezpečenia turistického chodníka (žltá značka) na lokalite Sandberg s cieľom zníženia rizika svahovej deformácie a eliminácie erózie uvedeného turistického chodníka a jeho bezprostredného okolia.

Predmetné územie sa nachádza v katastri mestskej časti Bratislavy - Devínska Nová Ves (č. k. 529371, okres Bratislava IV), v jeho juhovýchodnej časti a je súčasťou CHKO Malé Karpaty. Posúdenie, spôsob zakladania a úroveň základovej škáry by mal byť spresnený podľa výsledkov tohto prieskumu.

Úlohou tohto prieskumu je:

- GNSS zameranie dotknutého územia;
- Realizácia dynamickej penetrácie;
- Inžinierskogeologické zhodnotenie vlastností podložných hornín, stanovenie typov a hrúbok kvartérnych sedimentov;
- Stanovenie fyzikálno-mechanických vlastností základovej pôdy;
- Zostavenie modelu erózie;
- Statický návrh zabezpečenia turistického chodníka.

Terénna časť geologických prác bola realizovaná 2. apríla 2015, v rámci ktorej sme realizovali dve penetračné sondy.

2. GEOGRAFICKÉ, GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMERY

Predmetné územie sa nachádza na rozhraní Malých Karpát, časti Devínske Karpaty a východnej časti Viedenskej panvy. Dominantami blízkeho okolia sú vrch Devínska Kobyla (514 m n.m.) a sútok riek Dunaj a Morava (135 m n.m.). Uvedené rieky v kombinácii s tektonickými procesmi sa podstatnou mierou podieľali na formovaní súčasného reliéfu Devínskej Kobyly. Ich korytá sa postupne premiestňovali a približne pred 600 tis. rokmi vznikol ich sútok týchto riek v oblasti Devína. Na formovaní reliéfu a využití územia sa však od neolitu významne podieľal aj človek. Typickou črtou Devínskej Kobyly je rozmanitosť flóry i fauny. Svahy Devínskej Kobyly pôvodne pokrývali dubovo-hrabové lesy a na strmých svahoch teplomilné dubové lesy. Svahy boli neskôr odlesnené a niekoľko storočí udržiavané činnosťami ako kosenie, vypaľovanie či pasenie. Z Devínskej Kobyly sa udáva hlavne pastva

oviec, ale aj kôz a hovädzieho dobytku. Kozy sa pásli výlučne na lúkach Devínskej Novej Vsi, kravy v oblasti Sandbergu a ovce dominovali najmä pri Devíne a nad vinohradmi okolo vápenky medzi Slovincom a Waitovým lomom. Vyvinuli sa tu teplo- a suchomilné travinnobylinné spoločenstvá s bohatou kvetenou. Avšak zhruba v polovici minulého storočia pastva pozvoľne zanikla.

Opustenú pieskovňa Sandberg domáci nazývajú Pieskovec. Strmý piesčité svah nad riekou Moravou už oddávna poskytoval stavebný materiál – piesok a pieskovec – obyvateľom širokého okolia. Surovina sa tu ťažila až do roku 1964, keď bola lokalita vyhlásená za chránené nálezisko. Počas dlhého obdobia ťažby tu bolo paleontológmi definovaných 300 druhov rôznych živočíchov, najmä morských bezstavovcov, ale aj stavovcov.

Zásluhou panónskej klímy priemerná ročná teplota na lokalite dosahuje viac ako 9,6 C. Letá sú suché a zimy studené. Zrážkové úhrny dosahujú 500 až 600 mm, prevládajú západné vetry a počas roka býva na tomto území až 1900 slnečných hodín.

3. VÝSLEDKY ORIENTAČNÉHO INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU

3.1 Inžinierskogeologické pomery

Predmetné územie je budované okrajovými plytkovodnými sedimentami sandberských vrstiev (brekcie, konglomeráty, štrky piesky, litotamniové vápence) vrchného bádenu a nadložnými kvartérnymi deluviálnymi zeminami (Obr. 1).

Neogén

Hrubozrnné **piesky s lavicami pieskovcov a medzivrstvami štrkov** (*vrchný bádenu*) sa na lokalite Sandberg vyskytujú v nadloží bazálnych konglomerátov (Baráth et al., 1994). V obliakoch štrkov je v porovnaní s podložnými konglomerátmi zvýšené zastúpenie rezistentných typov hornín (kremeň, kremenec a rohovec) na úkor karbonátov. V šošovkovitej a doskovitej vrstevnatosti je pozorovateľné lepšie vytriedenie, tangenciálne šikmé zvrstvenie a pozitívna gradácia. Prevažuje sklon šikmého zvrstvenia na JZ (205-240°) naznačujúci svojím charakterom sedimentáciu v prostredí pobrežného čela (shoreface), s typickými zrezanými vlnovými čerinami. Ojedinele sú pozorované aj šošovky redukované eróziou so šikmým zvrstvením opačného sklonu, porovnateľné s produktami spätného prúdenia. Prechod do prostredia pobrežných valov dokumentujú šošovky pieskov, husto bioturbovaných

hrabavými krabmi Ophiomorpha. Vrstevnatosť býva nezriedka porušená tenkolievkovitými únikovými textúrami, produkovanými bentickými organizmami.

Kvartér

Deluviálne hlinito-piesčité sedimenty majú na predmetnom území dominantné plošné rozšírenie. Litofaciálne zloženie hlinito-piesčitých delúvií je ovplyvnené zdrojovými výstupmi piesčitých neogénnych sedimentov, vrátane splachov recentného pôdneho pokryvu. Ide prevažne o sivé, sivožlté až sivohnedé a hnedé, odvápnené piesčité hliny, hlinité piesky, až piesky (STN 72 1001) s množstvom hlinitých závalkov a drobných úlomkov pevnejších hornín, resp. drobných štrkov.

Celková hrúbka sedimentov sa pohybuje väčšinou v rozmedzí 1 – 3 m, no na úpätiach svahov môže dosahovať až 6 m. Väčšina akumulácií prináleží stratigraficky do obdobia najmladšieho pleistocénu až spodného holocénu. Ich kontinuálna stavba je narúšaná eróziou a vložkami sedimentov geneticky blízkych deluviálnych variét, s ktorými tvoria časté litofaciálne prechody (Polák et al., 2012).



Obr. 1: Geologická mapa záujmového územia (Madarás, 2014)

Hĺbka premrzania základovej pôdy pre danú oblasť podľa ON 73 61 96 v závislosti od počtu mrazových dní je 93,5 cm. Táto hodnota platí pre minimálnu hĺbku založenia.

3.2 Hydrogeologické pomery

Sedimenty vrchného bádenu podľa údajov z 18 skúšok na vrtoch majú priemernú veľkosť koeficienta prietochnosti $1,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Hanzel et al., 1999). V oblasti Devínskej Kobyly na základe bilančného hodnotenia je predpoklad infiltrácie vôd zo zrážok v množstve okolo $48,0 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ do sedimentov neogénu a mezozoika. V širšom území sme zdokumentovali vývery podzemných vôd na stene lomu priamo nad záujmovým územím (obr. 2).



Obr. 2: Kvaple na rozhraní pieskov a nadložných lavicovitých litotamniových piesčitých organodetritických a biohermných vápencov (február 2015)

Prúdenie podzemnej vody v popisovanom kolektore vrchnobádenských pieskov charakterizujeme ako prúdenie s voľnou hladinou, ktorá kolíše v závislosti od atmosférických zrážok, ktoré môžu v prípade priaznivých stratigrafických pomerov prestupovať do uvedeného prostredia aj z podložných mezozoických hornín. Smery prúdenia podzemnej vody v samotných pieskoch sú po svahu, smerom do fluviálnych náplavov rieky Morava. Odhadovaná úroveň hladiny podzemnej vody je v hĺbke 12 až 15 m, vzhľadom na morfológiu reliéfu.

3.3 Seizmicita územia

Pre hodnotenie seizmicity sme aplikovali slovenskú normu STN 73 0036. V zmysle tejto normy, prílohy A2 "Seizmotektonická mapa Slovenska", sa záujmové územie nachádza v oblasti, kde sa v historicky známom období vyskytla intenzita zemetrasenia 7^o makroseizmickej aktivity MSK-64. Poloha najbližšieho epicentra podľa STN 73 0036, príloha A1 "Mapa epicentier zemetrasení", sa nachádza v Bratislave. Do roku 1870 je tu evidované zemetrasenie s intenzitou 4,5-5,1^o MSK-64. Po roku 1870 je evidované jedno zemetrasenie s intenzitou 4^o MSK-64. Zaujímavou skutočnosťou je, že približne v roku 355 n.l., za vlády cisára Constantia II, bolo zemetrasením zničené neďaleké rímske mesto Carnuntum (vzdialené približne 12,7 km juhovýchodným smerom), pričom odhadovaná intenzita podľa škály EMS-98 bola 9^o (Kurt Decker & Georg Gangl & Manfred Kandler, 2005).

Z významnejších zlomov sa najbližšie od záujmového územia nachádza zlom formujúci Devínsku bránu, ktorý je na geologicko-tektonických mapách zakresľovaný do stredu Dunaja.

3.4. Svahové deformácie

Skalné zrútenie južnej časti opustenej lomovej steny na Sandbergu z konca februára až začiatkom marca 2013 je pravdepodobne druhým najväčším od skončenia ťažby v lome v prvej polovici šesťdesiatych rokov 20. storočia. Väčšie zrútenie bolo v predjarnom období roku 1986, kedy sa zrútila previsnutá pieskovcová časť v takmer celej šírke hlavnej lomovej steny, hlavne v severnej časti pieskovne. Približné datovanie vychádza z faktu, že na jeseň 1985 študenti geológie chodili pod previs zbierať fosílie v piesku. Pri návšteve Sandbergu na jar 1986 už previs neexistoval. Pozostatkom zrútenia sú veľké bloky pieskovcov na úpätí lomu, teraz už sivej farby (pravá strana, obr. 3), ktoré sa v niektorých informáciách o Sandbergu nesprávne interpretujú ako pozostatok posledného odstrelu pri ukončení ťažby v lome. Na rozdiel od iných lomov v masíve Devínskej Kobyly, na Sandbergu ťažba odstrelmi nebola potrebná.

Upozorňujeme, že skalným zrútením je ohrozená aj pravá časť lomovej steny!



Obr. 3: Dve generácie skalného zrútenia na lokalite Sandberg

3.5. Výmoľová erózia

Výmoľová erózia je v záujmovom území iniciovaná pôsobením časovo limitovaných tokov vzniknutých počas extrémnych udalostí koncentráciou plošného (vrátane stružkového) ron. Lineárna erózia sa tu prejavuje odnosom časti až celého deluviálneho pokryvu a vytvorením ryhy pretiahnutej v smere pôsobenia dočasného toku. Jej šírka sa pohybuje okolo 3 m. Hĺbka tohto efemérneho výmoľu dosahuje 2 m (obr. 4).

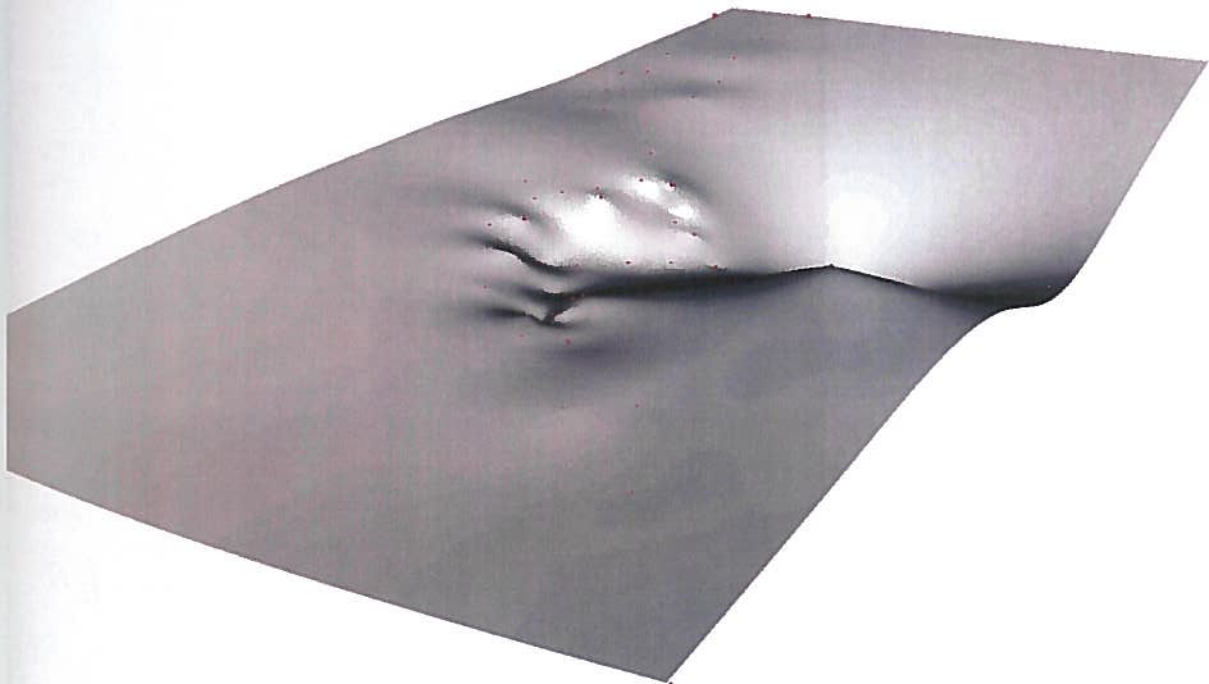


Obr. 4: Výmoľ ako výsledok pôsobenia vodnej erózie

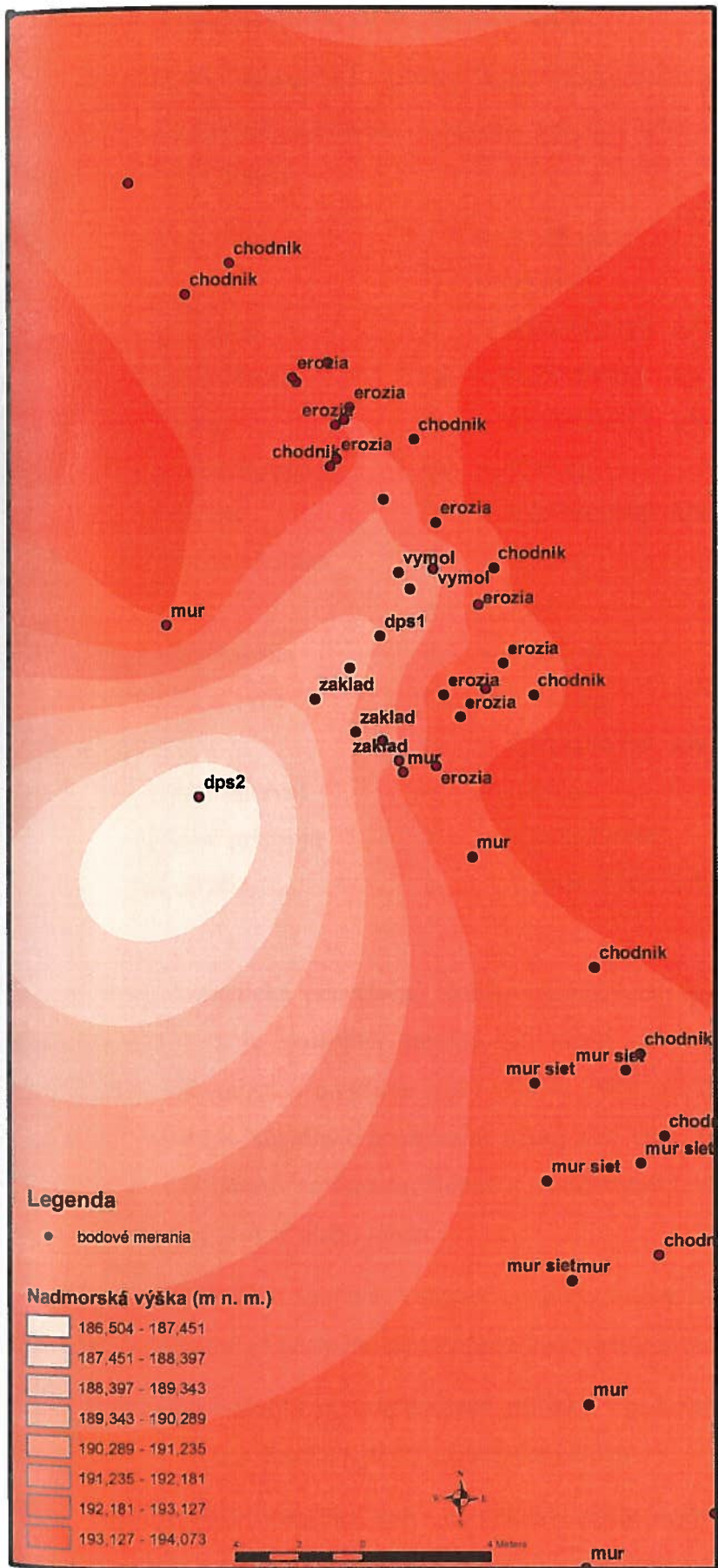
Bočná a hĺbková erózia, na ktorú je zameraná táto etapa sanácie turistického chodníka, sa podieľali tiež na deštrukcii časti oporného múrika. Došlo tu ku kombinácii odvalu a následného poklesu ako vlastnej stavebnej konštrukcie, tak i jej podzákladia. Na obr. 5 je pohľad na zrútenú časť oporného múru, ktorý sa vďaka podmývaniu základu posunul a naklonil smerom do eróznej ryhy. Obr. 6 znázorňuje pseudo 3D situáciu výmoľu. Na obr. 7 je sieť zameraných bodov v systéme S-JTSK a vo výškovom systéme Balt po vyrovnaní. Polohové a výškopisné zameranie bolo realizované pomocou GNSS Trimble R4.



Obr. 5: Panoramatický pohľad na zrútenú časť oporného múru



Obr. 6: Pseudo 3D model priebehu výmoľovej erózie



Obr. 7: Digitálny model reliéfu okolia výmoľovej erózie

4. DYNAMICKE PENETRAČNÉ SKÚŠKY

Dynamické penetračné skúšky sme realizovali podľa STN 721032 ľahkou dynamickou penetračnou súpravou – v zmysle Tab. č. 1 STN 721032 ľahký typ (DPL - 5), s následnými parametrami:

Hrot	Priemer hrotu	d	$= 25,29 \text{ mm}$
	uhol hrotu		$= 90,00^\circ$
	plocha hrotu	A	$= 0,000502328 \text{ m}^2$
	hmotnosť hrotu	Q_h	$= 0,257830000 \text{ kg}$
	tiaž hrotu	Q	$= 0,002529312 \text{ kN}$
Baran	hmotnosť barana	Q_h	$= 9,95 \text{ kg}$
	tiaž barana	Q	$= 0,097609500 \text{ kN}$
	výška pádu barana	h	$= 0,50 \text{ m}$
		g	$= 9,81$
Tyče	priemer sútyčia	d_s	$= 0,022 \text{ m}$
	hmotnosť tyče	Q_h	$= 2,925 \text{ kg}$
	tiaž tyče	Q	$= 0,028694250 \text{ kN}$
	hlbkový interval	e	$= 0,01 \text{ m}$
	súčiniteľ prístroja	X	$= 0,018627099$
	tiaž sútyčia	q	$= 0,030411000 \text{ kN}$

Ľahká dynamická penetračná skúška vykonávaná ľahkou dynamickou penetračnou súpravou DPL - 5 je skúšobná metóda, pri ktorej sa do zeminy zaráža údermi barana s predpísanou hmotnosťou a výškou pádu sútyčia vybavené hrotom. Zaznamenáva sa počet úderov na zarazenie sútyčia o predpísanú hĺbku (10 cm). Odporúčaná rýchlosť zarážania barana je 30 – 60 úderov za minútu. Najmä v jemnozrnných zeminách vzniká plášťové trenie ktoré je možné redukovať alebo merať.

Podstata skúšky spočíva v meraní odporu vnikania hrotu do zeminy. Pomocou korelačných vzťahov sú následne odvodené požadované parametre zemín.

Namerané hodnoty sú vyhodnotené graficky v priložených tlačivách, kde sú uvedené počty úderov N10 pre každých 10 cm penetračnej hĺbky.

Podľa platnej metodiky boli na základe počtu úderov, geologickej stavby hladiny podzemnej vody a plášťového trenia vypočítané v závislosti na hĺbke nasledovné parametre:

Merný dynamický penetračný odpor
 Relatívna uľahnutosť, resp. konzistencia zemín
 Objemová hmotnosť a tiaž
 Modul deformácie
 Uhol vnútorného trenia a súdržnosť

$$q_{dyn} = \frac{Q^2 * h}{A * s * (Q + q)}$$

h - výška pádu barana

Q - tiaž barana

q - tiaž sútyčia, kovadliny a hrotu v príslušnej hĺbke

A - plocha prierezu hrotu

s - zarazenie hrotu jedným úderom v príslušnej hĺbke

Grafické znázornenie dynamických penetračných sond ako i výsledky a interpretácia sú priložené vo forme penetračných diagramov v prílohe.

Územie je budované piesčitými sedimentmi, ktoré sú uľahnuté. Tieto vystupujú min. do hĺbky overenej geologickým prieskumom.

Kvartér

Nesúdržné zeminy

Piesok – kyprý

deformačný modul	E_{def}	=	6,49 – 11,57 MPa
efektívny uhol vnútorného trenia	ϕ_{ef}	=	27,39 – 29,29°
objemová tiaž	γ	=	18,33 – 18,64 kN.m ⁻³

Piesok – uľahnutý

deformačný modul	E_{def}	=	36,94 – 43,89 MPa
efektívny uhol vnútorného trenia	ϕ_{ef}	=	38,00 – 40,64 °
objemová tiaž	γ	=	20,10 – 20,25 kN.m ⁻³

Fyzikálno –mechanické charakteristiky, odvodené z dynamickej penetrácie, boli použité do statického výpočtu.

5. STATICKÝ NÁVRH RIEŠENIA

Zrútenú časť oporného múru navrhujeme nahradiť gabiónovým oporným múrom, osadeným do 200 mm hrubého betónového lôžka. Zároveň navrhujeme popod základ múru previesť drenáž z drveného kameniva fr. 64 – 125 mm, cca 500 x 500 mm, zhotovenú na dne terajšieho výmoľu, ktorého steny sa vyložia netkanou geotextíliou, do nej sa uloží na dno flexibilná drenážna rúrka $\phi 100$ mm a obsype sa kamenivom. Celá drenáž sa napokon prekryje prečnievajúcou geotextíliou. Na takto upravenú drenáž sa potom už vybuduje gabiónový oporný múr celkom 3 m vysoký, so sklonom 5° smerom do svahu, kvôli lepšej stabilite múru a zároveň bude zhruba sledovať sklon pôvodného kamenného múru (alternatívne tvary a rozmery gabiónového múru pozri príslušný výkres). Statický výpočet oboch alternatív je uvedený v prílohe.

6. ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Na základe terénnej rekognoskácie a vyhodnotených penetračných sond môžeme konštatovať, že ide o jednoduché základové pomery, ktoré sú charakterizované subhorizontálnym priebehom - uložením geologických vrstiev. Lokálne zmeny uloženia neogénnych zemín možno očakávať v súvislosti so šikmým zvrstvením.

Z hľadiska ťažiteľnosti (STN 73 3050) patria piesky triedy S4 SH do 3. triedy ťažiteľnosti.

Z hľadiska hĺbky premrznania základovej pôdy (ON 73 61 96) by základová škára mala byť situovaná minimálne do hĺbky 93,5 cm.

Z hľadiska vplyvu hladiny podzemnej vody na založenie konštrukcie (STN 73 1001) je pre záujmové územie charakteristická voľná hladina, ktorá sa nachádza dostatočne hlboko pod základovou škárou navrhovaných sanačných objektov.

Súčasťou štúdie je aj statický návrh a výpočet gabiónového oporného múru.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- Baráth, I., Nagy, A. & Kováč, M., 1994: Sandberské vrstvy - vrchnobádenské marginálne sedimenty východného okraja Viedenskej panvy. Geol práce, Spr. (Bratislava), 99, 59-66.
- Decker, K., Gangl, G., Kandler, M., 2005: The earthquake of Carnuntum in the fourth century A.D. – archaeological results, seismologic scenario and seismotectonic implications for the Vienna Basin fault, Austria. J. Seismol. (2006) 10:479–495. DOI 10.1007/s10950-006-9032-0.
- Hanzel, V., Vrana, K., Švasta, J., Kohút, M., Nagy, A., Maglay, J., Bujnovský, A. & Malík, P., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Pezinských Karpát v mierke 1:50 000. Manuskript – Archív odboru Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, arch. č. 84395/II, 179 s.
- Madarás, J., 2014: Geologicko-turistická mapa Sandbersko-pajštúnskeho geoparku (SAPAG). MŽP, ŠGÚDŠ Bratislava.
- Polák, M. (edit), Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Maglay, J., Olšavský, M., Havrila, M., Buček, S., Elečko, M., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, L., Németh, Z. Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, L., Boorová, D., Zlinská, A., †Siráňová, Z. a Žecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7-287. ISBN 978-80-89343-67-6
- ON 73 61 96 Ochrana silničných komunikácií pred účinky promrzání podloží
- STN 72 1001 Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii
- STN 73 1001 Základová pôda pod plošnými základmi
- STN 73 3050 Zemné práce