

A) Časť všeobecná

1. Úvod

Na základe objednávky Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Študentská 2, 911 50 Trenčín, vykonali sme na pozemku CKN č. p. 1627/624, k.ú. Trenčín, podrobný inžinierskogeologický prieskum územia, pre stavbu „Dobudovanie univerzitného kampusu TnUAD“. Navrhovaná stavba je situovaná v univerzitnom areáli (campuse) na Ul. Študentská v Trenčíne a pozostáva z parkovacieho domu, vysokoškolských internátov a univerzitnej knižnice. Situovanie pozemku je zobrazené v príl. č. 1.

Prieskumné práce boli vykonané po odsúhlasení Projektu geologickej úlohy, zmluvy o dielo a po vyriešení stretov záujmov (záujmov chránených osobitnými predpismi). Geologické práce boli ohlásené v GEOFONDe, kde sú evidované pod číslom 646/2023.

Súbežne s podrobným inžinierskogeologickým prieskumom lokality prebiehal aj vyhl'adávací hydrogeologický prieskum, ktorého úlohou bolo overiť pomery podzemnej vody a jej potenciálne využitie pre tepelné čerpadlá voda-voda. Výsledky hydrogeologického prieskumu budú spracované v samostatnej záverečnej správe.

Predbežné výsledky podrobného inžinierskogeologického a vyhl'adávacieho hydrogeologického prieskumu odprezentoval zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy pri spoločnom pracovnom stretnutí objednávateľa (TNUNI), projekčnej organizácie (DeBondt, s.r.o.) a spoločnosti zabezpečujúcej inžiniering (SGT, s.r.o.) dňa 27.10.2023.

2. Podklady

Ako projekčný a topografický podklad nám obstarávateľ poskytol zastavovací plán lokality a výkresovú dokumentáciu projektovanej stavby v elektronickej forme, spracovanú spoločnosťou DeBondt, s.r.o., Trenčín, v ktorej boli vyznačené miesta pre lokalizáciu geologických sond.

Geologické podklady sú uvedené v zozname použitej literatúry - kap. č. 15.

3. Doterajšia geologická preskúmanosť záujmového územia

Územie nebolo doposiaľ geologicky preskúmané, najbližšie archívne geologické sondy sa nachádzajú v oblasti susedného futbalového štadióna na Sihoti (J. Minárik, 2017) a v oblasti mestskej športovej haly (R. Jaroš, 1969).

Záujmové územie by podľa prieskumov v okolí malo byť budované kvartérnymi antropogénnymi povrchovými navážkami (cca 1,0-1,5 m) uloženými na súvrství fluvialných sedimentov rieky Váh s veľkým zastúpením pieskov (piesčité hlíny, piesky a štrky celkovej hrúbky 6-9 m). Predkvartérne podložie v hĺbke 6,8 m až viac ako 8,0 m mali tvoriť zvetrané mezozoické slieňovce a slienité vápence. Podzemná voda je akumulovaná vo zvodnených vysokopriepustných vážskych štrkoch a pieskoch. Hladina podzemnej vody sa predpokladá na kóte 207,40 m n.m. (v hĺbke 4,0-4,5 m pod terénom), maximálna hladina na kóte 208,20 m n.m. (tj. o 0,8 m vyššie).

4. Cieľ geologických prác

Cieľom geologických prác bolo:

- zistiť inžinierskogeologické podmienky zakladania projektovanej stavby
- úložné pomery
- charakter základovej pôdy
- prítomnosť hladiny podzemnej vody
- priepustnosť horninových vrstiev
- podmienky vsakovania vôd z povrchového odtoku a zo striech

5. Metodika prieskumných prác

Geologický prieskum bol v teréne zabezpečený formou terénnych vrtných prác, vzorkovacích prác, dynamických penetračných skúšok in situ, hydrodynamických skúšok, laboratórnych skúšok, meračských prác a geologických činností.

5.1. Vrtné práce

Na stavenisku boli v období od 19.9.2023 do 5.10.2023 realizované vrty V-1, V-3, V-5, V-8, a V-10 až V-16. Vrty vyhlbila firma Ing. Jozef Hajčík - Geologické prieskumné práce, Brvnište, pomocou vrtnej súpravy HVS-497 na podvozku MAN, pod vedením vrtmajstra R. Hrnčíka. Vrty sú hlboké 4,0 až 12,0 m, ich celková metráž je 104,5 bm. Bolo použité jadrové víťanie bez výplachu (na sucho) pomocou jadrovníč priemeru 275 a 245 mm a oceľovej pažnice priemeru 273 mm (vrty V-1, V-3, V-5), resp. pomocou jadrovníč priemeru 156 mm a 137 mm a oceľovej pažnice priemeru 159 mm (vrty V-8 a V-10 až V-16). Vrty V-1, V-3 a V-5 boli vystrojené ako studne so zárubnicou priemeru 200 mm, s perforáciou vo zvodnenom úseku, štrčíkovým obsypom v úseku 3,5-12,0 m a ílovaním v pripovrchovej časti. Vrt V-8 bol vystrojený dočasnou zárubnicou priemeru 110 mm s perforáciou v úseku 1,0 -4,0 m, aby bolo možné v ňom vykonať vsakovacie skúšky.

Situovanie vrtov je zakreslené v príl. č. 2, geologická dokumentácia vrtov je v prílohe č. 4.

5.2. Vzorkovacie práce

Z vrtov V-1 až V-16 bolo ododbraných 25 ks poloporušených vzoriek zemín do igelitových vrecúšok.

Vzorky podzemnej vody, spolu 3 ks, boli do odobraté z vrtov V-1, V-3 a V-5 pomocou ponorného elektrického čerpadla do originálnych laboratóriom dodaných vzorkovníč za súčasného merania teploty vody i vzdychu. O každom odbere bol spísaný protokol.

Miesta odberu vzoriek sú vyznačené v profiloch vrtov v prílohe č. 4.

5.3. Laboratórne práce

Vzorky zemín z vrtov boli odovzdané do akreditovaného laboratória INGEO-ENVILAB, s.r.o., Žilina na laboratórne skúšky z mechaniky zemín:

vlhkosť – 25 ks

zrinitosť – 25 ks

atterbergove medze – 9 ks

Výsledky laboratórnych skúšok z mechaniky zemín sú v prílohe č. 6.

Vzorky podzemnej vody (3ks) boli v akreditovanom laboratóriu INGEO-ENVILAB, s.r.o., Žilina analyzované v rozsahu základnej fyzikálno-chemickej analýze + agresivita.

Výsledky analýz sú v prílohe č. 7.

5.4. Dynamické penetračné skúšky

Dynamické penetračné skúšky DP-1, DP-5 a DP-10 až DP-16, celkovo 9 ks do hĺbky 7,4-10,0 m, celkovo 47,0 bm vykonala v dňoch 5.-6.9.2023 firma Ing. Jozef Hajčík - Geologické prieskumné práce, Brvnište, pomocou penetračnej súpravy STITZ ťažkého typu, s hmotnosťou barana 50 kg a výškou pádu 50 cm, pod vedením Ing. Jozefa Hajčíka (operátori M. Žilínčík a J. Turičík). Počas skúšok boli zaznamenané počty úderov na 10 cm vniku a namerané hodnoty plášťového trenia. Z hodnoty dynamického penetračného odporu boli pre jednotlivé vyčlenené vrstvy odvodené geotechnické parametre (uľahlosť, stupeň konzistencie, súdržnosť, uhol vnútorného trenia, modul deformácie).

Situovanie dynamických penetračných sond je zobrazené v prílohe č. 2, vyhodnotenie dynamických penetračných sond je v prílohe č. 5.

5.5. Hydrodynamické skúšky

Vo vrte V-8 boli vykonané 2 vsakovacie skúšky:

- s konštatným vsakovacím množstvom vody $Q = 0,23 \text{ l/s}$
- s konštatnou hladinou vsakovanej vody v úrovni 1,86 m pod terénom, čo je 2,0 m nad hladinou podzemnej vody

Výsledky vsakovacích skúšok sú graficky a tabelárne spracované v prílohe č. 8.

5.6. Meračské práce

Vytýčenie 11 ks vrtov a 9 ks dynamických penetračných sond bolo vykonané dňa 28.7.2023 (situovanie DP sond bolo stotožnené s vrtmi podľa ich číselného označenia). Presné polohopisné a výškopisné zameranie realizovaných sond a dvoch línií profilov k rieke Váh pomocou profesionálnej GPS súpravy a totálnej stanice vykonal autorizovaný geodet, Ing. Jozef Orság dňa 21.9.2023 a 6.10.2023.

Zoznam súradníc a výšok:

Označenie sondy súradnica X (m) súradnica Y (m) súradnica Z = kóta terénu (m n.m.)

penetračná sonda	x	y	z
DP-01	-496771,66	-1203680,01	211,09
DP-05	-496755,63	-1203732,81	210,97
DP-10	-496814,88	-1203704,30	211,03
DP-11	-496779,83	-1203689,82	211,01
DP-12	-496803,79	-1203705,99	211,08
DP-13	-496784,03	-1203699,92	211,08

DP-14	-496811,49	-1203714,47	211,10
DP-15	-496770,49	-1203701,30	211,06
DP-16	-496770,50	-1203717,93	211,19
IG vrt	x	y	z
V-10	-496815,00	-1203704,43	211,03
V-11	-496779,84	-1203689,41	211,02
V-12	-496804,13	-1203706,06	211,10
V-13	-496783,94	-1203699,52	211,08
V-14	-496811,51	-1203714,57	211,09
V-15	-496770,56	-1203700,99	211,08
V-16	-496770,51	-1203717,07	211,19
HG vrt	x	y	z
terén V-1	-496772,14	-1203680,23	211,10
terén V-3	-496794,55	-1203725,75	211,16
terén V-5	-496755,74	-1203732,67	211,00
terén V-8	-496810,47	-1203726,78	211,16

Presné situovanie geologických sond je zakreslené v príl. č. 3, meračská správa je v prílohe č. 10.

5.7. Geologické činnosti

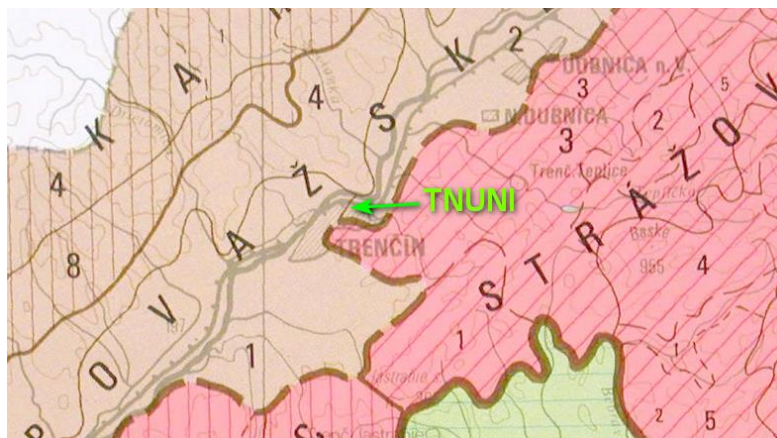
Predmetom geologických činností bolo projektovanie, príprava, sled, riadenie, koordinácia, terénna geologická dokumentácia, hydrodynamické skúšky in situ, vyhodnotenie výsledkov analýz a skúšok, vypracovanie predbežnej správy, vypracovanie Záverečnej správy

B) Časť geologická

6. Geografické a klimatické pomery

Z hľadiska geomorfologického členenia územia Slovenska (E. Mazúr a kol., 1980) je skúmaná lokalita súčasťou Považského podolia, nachádza sa v severnej časti Trenčianskej kotliny (obr. č. 1), pri jej hranici s Ilavskou kotlinou (za hranicu medzi oboma kotlinami sa považuje spojnica medzi trenčianskym hradom a skalkou).

Obrázok č. 1 – Pozícia územia TNUNI na mape geomorfologického členenia SR



Záujmová lokalita sa nachádza v ľavostrannej rovinnej nive rieky Váh, v Trenčíne, na ulici Študentská, v tesnom susedstve hrádze Váhu. Skúmaný terén je súčasťou areálu Trenčianskej univerzity, ide o rovinný, trávnatý školský dvor s nadmorskou výškou cca 211 m n.m.,

Z klimatického hľadiska podľa E. Mazúra a kol. (1980) je záujmové územie súčasťou oblasti teplej, podoblasti mierne vlhkej, okrsku s miernou zimou, s teplotou v januári nad -3°C . Územie má mierne suchú až vlhkú, teplú kotlinovú klímu s veľkou inverziou teplôt: v januári -2 až 4°C , v júli $18,5$ až 20°C . Podľa merania na stanici Trenčín počet dní so zrážkami viac ako 1 mm je 102, v chladnom polroku spadne 295 mm zrážok, v teplom polroku 375 mm zrážok, ročný úhrn zrážok dosahuje 670 mm, zrážkové obdobie trvá 19 dní, suché obdobie 47 dní.

7. Geologické pomery

Z hľadiska regionálneho geologického členenia Západných Karpát (D. Vass a kol., 1988) je záujmové územie súčasťou západného okraja jadrového pohoria Strážovské vrchy pri styku s Podbrančsko-trenčianskym úsekom Bradlového pásma (obr. č. 2).

Obrázok č. 2 – Pozícia TNUNI na mape regionálneho-geologického členenia SR



Na geologickej stavbe záujmového územia sa podieľajú kvartérne antropogénne navážky, fluviálne piesčité a štrkovité sedimenty rieky Váh a podložné slieňovcovo-vápencové horniny mezozoika. V rámci kvartérnych antropogénnych sedimentov sú v záujmovom území rozlíšené 2 vrstvy:

- 1) povrchová vrstva ornice
- 2) vrstva antropogénnych navážok v podloží ornice

V súvrství fluviálnych vážskych sedimentov, ktoré sa nachádzajú v podloží ornice a navážok, sú rozlíšené tieto vrstvy (kvázihomogénne celky):

- 3) povrchová vrstva nívnych piesčitých hĺn a hlinitých (siltovitých) pieskov
- 4) podložná vrstva uľahlých piesčitých štrkov
- 5) vrstva stredne uľahlých piesčitých štrkov
- 6) šošovky kyprých piesčitých štrkov a štrkovitých pieskov vo vrstve č. 5
- 7) bazálna vrstva uľahlých až stmelených siltovito-piesčitých štrkov

V predkvartérnom mezozoickom slieňovcovo-vápencovom podloží je rozlíšená:

- 8) povrchová ílovitá vrstva silne zvetraných slieňovcov
- 9) podložná vrstva nezvetraných poloskalných bridličnatých slieňovcov

Litologický a inžinierskogeologický popis a označenie jednotlivých vrstiev (kvázihomogénnych celkov) v ďalšom texte je zhodné s ich označením v geologických rezoch A-A', B-B', C-C' a D-D' v príl. č. 3.

7.1. Kvartér

7.1.1. Antropogénne sedimenty (vrstva č. 1 a 2)

Ornica (vrstva č. 1) a navážky (vrstva č. 2)

Povrchová humózná piesčitá hlina s korenkami trávy - ornica (vrstva č. 1) má overenú hrúbku 0,2-0,4 m. V podloží ornice sa v niektorých miestach (napr. v línii zasypných výkopov pre kanalizáciu a plyn) vyskytujú rôznorodé nezhutnené navážky (vrstva č. 2) tvorené zmesou hliny, piesku, valúnov štrku a úlomkov betónu a tehál do veľkosti 3-30 cm. V sonde V-3 bola zistená aj vrstva kašovitého bieleho

páleného vápna). Overená hrúbka navážok vo vrtoch V-1,3,8,11,13,14,15 je 0,6 m až 3,0 m.

Dynamické penetračné sondy preukázali, že prítomné navážky majú nízku mieru zhutnenia, s hodnotou dynamického penetračného odporu $q_d = 4$ až 10 MPa). Navážky zistené na stavenisku sú pre zakladanie stavieb nevhodné, preto bude potrebné ich z podzákladia stavieb odťažiť a nahradiť zhutnenou zeminou.

Pri geotechnických výpočtoch možno uvažovať orientačnú hodnotu objemovej tiaže nezhutnených navážok: $\gamma_n = 17 \text{ KN/m}^3$

7.1.2. Fluviálne sedimenty rieky Váh (vrstva č. 3 až 7)

Piesok siltovitý (SM) a íl piesčitý (CS) (vrstva č. 3)

V podloží ornice a antropogénnych navážok sa nachádza povrchová vrstva nivného siltovitého piesku (SM), lokálne s prechodmi do piesčitého ílu (CS). Bázza vrstvy je v hĺbke do 2,0 až 2,8 m Podľa výsledkov dynamických penetračných skúšok ide o stredne uľahlé piesčité zeminy s dynamickým penetračným odporom $q_d = 2,7$ až 9,7 MP a hodnotami relatívnej uľahlosti $I_d = 0,34$ až 0,69.

Klasifikácia a geotechnické parametre:

Na základe laboratórnych skúšok vzoriek klasifikujeme tieto zeminy podľa STN 73 1002 ako siltovité piesky (SM) a íly piesčité (CS).

Podľa STN 73 3050 patria do 2. triedy ťažiteľnosti.

Odvozené hodnoty geotechnických parametrov (zemina SM):

	Rozsah podľa DP sond	Odporúčaná hodnota
- dynamický penetračný odpor:	$q_d = 2,7 - 9,7 \text{ MPa}$	
- stupeň uľahlosti:	$I_d = 0,34 - 0,69$	
- parametre efekt. šmyk. pevnosti:	$\varphi_{ef} = 34^\circ - 36^\circ$	30,0°
	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$	0 kPa
- modul pretvárnosti:	$E_{def} = 38 - 78 \text{ MPa}$	15 MPa
- objemová tiaž:		$\gamma_n = 18 \text{ KN/m}^3$
- poissonovo číslo:		$\nu(1) = 0,30$
- súčiniteľ na prepočet modulu E_{def} a E_{oed} :		$\beta(1) = 0,74$

Štrk piesčitý – uľahlý (G-F) (vrstva č. 4)

Vrchnú časť štrkovitého súvrstvia tvorí 0,8 až 1,8 m mocná poloha uľahlých piesčitých štrkov, ktoré sú tvorené opracovanými valúnmi pieskovcov, kremencov, vápencov a granitoidov priemeru 2-5 cm, ojedinele 8-12 cm až 15-20 cm. Medzernú výplň tvorí strednozrnný piesok, lokálne zahlinený, obsah asi 20-30%. Podľa výsledkov dynamických penetračných skúšok ide o uľahlé štrkovité zeminy s dynamickým penetračným odporom $q_d = 12,0$ až 29,0 MP a hodnotami relatívnej uľahlosti $I_d = 0,58$ až 0,98.

Klasifikácia a geotechnické parametre:

Na základe laboratórnych skúšok vzoriek klasifikujeme tieto zeminy podľa STN 73 1002 ako štrky s prímiesou jemnozrnej zeminy (G-F). Podľa STN 73 3050 patria do 3. triedy ťažiteľnosti.

Odvođené hodnoty geotechnických parametrov (G-F):

	Rozsah podľa DP sond	Odporúčaná hodnota
- dynamický penetračný odpor:	$q_d = 12 - 29 \text{ MPa}$	
- stupeň uľahlosti:	$I_d = 0,58 - 0,98$	
- parametre efekt. šmyk. pevnosti:	$\varphi_{ef} = 36^\circ - 41^\circ$	$36,0^\circ$
	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$	0 kPa
- modul pretvárnosti:	$E_{def} = 68 - 144 \text{ MPa}$	90 MPa
- objemová tiaž:		$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
- poissonovo číslo:		$\nu(1) = 0,25$
- súčiniteľ na prepočet modulu E_{def} a E_{oed} :		$\beta(1) = 0,83$

Štrk piesčitý – stredne uľahlý (G-F) (vrstva č. 5)

Strednú časť štrkovitého súvrstvia tvorí 2,6 až 4,0 m mocná poloha stredne uľahlých piesčitých štrkov, tvorené rovnakým valúnovým materiálom ako vrstva č. 4. Medzernú výplň tvorí strednozrnný piesok, lokálne zahlinený, obsah asi 20-30%. Podľa výsledkov dynamických penetračných skúšok ide o stredne uľahlé štrkovité zeminy s dynamickým penetračným odporom $q_d = 11,6$ až $16,8 \text{ MP}$ a hodnotami relatívnej uľahlosti $I_d = 0,53$ až $0,71$.

Na základe laboratórnych skúšok vzoriek klasifikujeme tieto zeminy podľa STN 73 1002 ako štrky s prímiesou jemnozrnej zeminy (G-F). Podľa STN 73 3050 patria do 3. triedy ťažiteľnosti.

Odvođené hodnoty geotechnických parametrov:

	Rozsah podľa DP sond	Odporúčaná hodnota
- dynamický penetračný odpor:	$q_d = 11,6 - 16,8 \text{ MPa}$	
- stupeň uľahlosti:	$I_d = 0,53 - 0,71$	
- parametre efekt. šmyk. pevnosti:	$\varphi_{ef} = 26^\circ - 38^\circ$	$34,0^\circ$
	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$	0 kPa
- modul pretvárnosti:	$E_{def} = 62 - 78 \text{ MPa}$	70 MPa
- objemová tiaž:		$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
- poissonovo číslo:		$\nu(1) = 0,25$
- súčiniteľ na prepočet modulu E_{def} a E_{oed} :		$\beta(1) = 0,83$

Štrk piesčitý – kyprý (vrstva č. 6)

Vo vrstve č. 4 v sondách DP-12 (5,2-5,8 m) a DP-14 (5,0-5,8 m) boli zistené polohy s extrémne nízkym penetračným odporom $q_d = 1,0$ až $1,4 \text{ MP}$ a hodnotami relatívnej uľahlosti $I_d = 0,13$ až $0,17$. Ide o 0,6-0,8 m hrubé šošovky kyprého štrku a piesku, ktoré sú v rezoch A-A' a C-C' vyznačené ako samostatná vrstva č. 6.

Odvođené hodnoty geotechnických parametrov:

	Rozsah podľa DP sond	Odporúčaná hodnota
- dynamický penetračný odpor:	$q_d = 1,0 - 1,4 \text{ MPa}$	
- stupeň uľahlosti:	$I_d = 0,13 - 0,17$	
- parametre efekt. šmyk. pevnosti:	$\varphi_{ef} = 24^\circ - 25^\circ$	$24,0^\circ$
	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$	0 kPa
- modul pretvárnosti:	$E_{def} = 9 - 7 \text{ MPa}$	7 MPa

- objemová tiaž:	$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
- poissonovo číslo:	$\nu(1) = 0,25$
- súčiniteľ na prepočet modulu E_{def} a E_{oed} :	$\beta(1) = 0,83$

Štrk piesčitý – uľahlý až stmelený (GM) (vrstva č. 7)

Spodnú časť štrkovitého súvrstvia tvorí 2,7 až 3,4 m mocná poloha uľahlých až stmelených siltovito-piesčitých štrkov, ktoré sú tvorené opracovanými valúnmi pieskovcov, kremencov, vápencov a granitoidov priemeru 2-5 cm, ojedinele 8-12 cm až 15-20 cm. Medzernú výplň tvorí piesčitý silt alebo siltovitý piesok, obsah asi 30-40%. Podľa výsledkov dynamických penetračných skúšok ide o uľahlé až stmelené štrkovité zeminy s dynamickým penetračným odporom $q_d = 25$ až 40 MP a hodnotami relatívnej uľahlosti $I_d = 0,9$ až 1,2.

Odvodené hodnoty geotechnických parametrov:

	Rozsah podľa DP sond	Odporúčaná hodnota
- dynamický penetračný odpor:	$q_d = 25 - 40 \text{ MPa}$	
- stupeň uľahlosti:	$I_d = 0,9 - 1,2$	
- parametre efekt. šmyk. pevnosti:	$\varphi_{\text{ef}} = 40^\circ - 44^\circ$	40°
	$c_{\text{ef}} = 0 \text{ kPa}$	0 kPa
- modul pretvárnosti:	$E_{\text{def}} = 127 - 200 \text{ MPa}$	150 MPa
- objemová tiaž:		$\gamma_n = 19 \text{ KN/m}^3$
- poissonovo číslo:		$\nu(1) = 0,30$
- súčiniteľ na prepočet modulu E_{def} a E_{oed} :		$\beta(1) = 0,74$

7.2. Mezozoikum (vrstva č. 8 a 9)

V podloží štrkov v hĺbke 9,6-10,4 m bolo navrátené poloskalné predkvartérne podložie, tvorené šedými slieňovcami a hľuzami a polohami čiernych vápencov. Ako bolo zistené, v povrchovej zóne hrúbky 0,3-0,4 m majú slieňovce v dôsledku zvetrania charakter súdržnej ílovitej zeminy tuhej až pevnej konzistencie (vrstva č. 8 - R6/CI), ktoré smerom do hĺbky prechádzajú v poloskalnú bridličnatú horninu tvorenú úlomkami slieňovcov a vápencov do veľkosti 10-12 cm (vrstva č. 9 - R3/R4).

Slieňovec – zvetraný na ílovitú zeminu (vrstva č. 8)

Klasifikácia a geotechnické parametre:

Podľa STN 73 1002 povrchovú zvetrávaciu ílovitú zónu klasifikujeme ako íly so strednou a vysokou plasticitou (CI/CH), nižšie uložené úlomkovito zvetrané slieňovce ako poloskalnú horninu triedy R3/R4.

Podľa STN 73 3050 sú íly zaradované do 3. triedy ťažiteľnosti, bridličnaté slieňovce do 4.-5. triedy ťažiteľnosti

Odvodené hodnoty geotechnických parametrov:

A) Smerné normové charakteristiky ílov (trieda F6/F8), konzistencia tuhá (STN 731001/1987):

γ_n (kN/m ³)	= 20,5
ϕ_{ef} (o)	= 14
c_{ef} (kPa)	= 6
ϕ_u (o)	= 0
c_u (kPa)	= 40
E_{def} (MPa)	= 4
ν (1)	= 0,42
β (1)	= 0,37

Slieňovec – nezvetraný, bridličnatý (vrstva č. 9)

B) Smerné normové charakteristiky nezvetraných slieňovcov (trieda R3/R4), s veľmi veľkou hustotou diskontinuít a plastickým typom procesu pretvárania a porušovania (STN 731001/1987):

ν (1)	= 0,25
E_{def} (MPa)	= 120

8. Hydrogeologické pomery

Hladina podzemnej vody

Hladina podzemnej vody je viazaná na pórovitopriepustné vážske štrky. Podložné slieňovce sú nepriepustné, vytvárajú spodnú hydrogeologickú bariéru. Počas vrtných prác bola hladina podzemnej vody zistená (narazená) v hĺbke 3,75-4,00 m pod terénom, ustálila sa v hĺbke 3,53-3,76 m pod terénom, t.j. na kóte 207,37-207,47 m n.m..

Rozkyv hladiny podzemnej vody počas režimových našich meraní vo vrtoch V-1, V-3 a V-5 v októbri 2023 bol v intervale: 207,22 – 207,48 m n.m., t.j. 0,26 m.

Zvýšenú hladinu podzemnej vody podľa J. Minárika (2017) možno v danom území očakávať na kóte 207,60-208,20 m n.m..

Priepustnosť fluviálneho súvrstvia pieskov a štrkov:

Priepustnosť povrchovej nezvodnenej piesčitej vrstvy č. 3 bola určená z kriviek zrnitosti a tiež z výsledkov vsakovacieho pokusu vo vrte V-8. Podľa kriviek zrnitosti (príl. č. 6) je koeficient filtrácie piesčitej vrstvy č. 3:

$$k = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ až } 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Podľa vsakovacej skúšky vo vrte V-8 (príl. č. 8) je koeficient filtrácie súvrstvia štrkov (vrstva č. 4) a pieskov (vrstva č. 3) v hĺbkovom intervale vsakovania 0,08 m až 3,74 m:

$$k = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ až } 1,98 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Výpočet koeficienta filtrácie bol urobený podľa vzorca Lefranc-Mendela:

Pri vsakovacej skúške navrhutej *Lefranc-Mendelom* necháme vo vrte vsakovať vodu do prostredia konštantným pretlakom Δh , koeficient filtrácie stanovíme nasledovným vzorcom:

$$k_f = \frac{Q}{C \cdot \Delta h};$$

pričom Q je vsiaknuté množstvo vody za časové obdobie a konštanta C charakterizuje tvar vsakovacej časti vrtu a nadobúda hodnoty:

- $C = 4 \cdot r$, pri rovnom dne vrtu o polomere r ,
- $C = 2 \cdot \pi \cdot r$ pri polguľovitom tvare dna,
- v prípade vsakovania do zvodnelého prostredia cez perforáciu pažnice bude $C = \frac{2\pi \cdot l}{\ln \frac{l}{r}}$; kde l je dĺžka perforovanej časti pažnice osadenej pod hladinu podzemnej vody.

Zvodnené vážske štrkové súvrstvie ako celok je pórovo vysokopriepustné, i keď jeho jednotlivé vrstvy sa vyznačujú rozdielnou priepustnosťou.

Vrchná časť súvrstvia, ktorá je vyčlenená ako samostatná vrstva č. 4, má priepustnosť podľa kriviek zrnitosti (príl. č. 6):

$$k = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ až } 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Stredná časť súvrstvia, ktorá je vyčlenená ako samostatná vrstva č. 5, so šošovkami vrstvy č. 6, má priepustnosť podľa kriviek zrnitosti:

$$k = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ až } 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Spodná časť súvrstvia, ktorá je vyčlenená ako samostatná vrstva č. 7, má priepustnosť podľa kriviek zrnitosti:

$$k = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ až } 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Chemizmus podzemnej vody a agresivita na betóny:

Podľa analýz z vrtov V-1, V-3 a V-5 ide o podzemnú vodu základného kalcium-bikarbonátového typu, s mineralizáciou = 793 až 804 mg/l, pH = 7,24 až 7,38, špecifickou vodivosťou = 95,3 až 98,0 mS/m, obsahom síranov = 66,2 mg/l.

Výsledky analýzy podzemnej vody sú v prílohe č. 7, ich porovnanie s kritériami na agresivitu na betóny a pitnú vodu sú v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1 - Výsledky analýzy vzorky podzemnej vody z vrtu HV-101 a ich porovnanie s kritériami Vyhl. MZ č 247/2017 Z.z. – Pitná voda (resp. *podľa STN EN 206-1, tab. 2 – agresivita na betóny) sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

UKAZOVATEL	V-1	V-3	V-5	Kritérium pre	Kritérium pre	
				pitnú vodu	/*agresivitu/	
				Vyhl. MZ č 247/2017 Z.z	/*STN EN 206-1/	
ChSK – Mn (mg/l)	0,96	1,12	1,12	3		Vyhovuje
Tvrdosť celková (mmol/l)	8,96	8,84	8,92			
pH :	7,38	7,24	7,28	6,5 - 8,5	/*6,5/	Vyhovuje
Ca (mg/l)	135,0	131,0	134,0			Vyhovuje
K (mg/l)	6,5	7,5	7,0			
Mg (mg/l)	27,2	28,2	27,2	10,0 – 30,0	/*300/	vyhovuje
Na (mg/l)	32,5	33,0	31,0	200		
NO ₃ (mg/l)	31,2	32,2	29,7	50		Vyhovuje
SO ₄ (mg/l)	45,3	43,1	43,6	250	/*200/	Vyhovuje

PO4 (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02			
HCO3 (mg/l)	446,0	454,0	450,0			
NH4 (mg/l)	0,04	0,08	0,18	0,5	/*15/	Vyhovuje
Konduktivita (mS/m)	95,8	95,8	95,3	125		vyhovuje
Cl (mg/l)	51,8	53,2	49,3	100		Vyhovuje
Fe (mg/l)	0,007	<0,005	0,014	0,20/0,50		Vyhovuje
Mn (mg/l)	0,044	0,502	0,592	0,05/0,20		Nevyhovuje 2x
NO2 (mg/l)	0,17	0,42	0,47	0,5		Vyhovuje
Mineralizácia (mg/l)	796,0	804,0	793,0	1000		Vyhovuje
H4SiO4 (mg/l)	19,8	20,8	19,7			
Vofný CO2 (mg/l)	52,8	39,6	39,6			
Agr. CO2 Heyer (mg/l)	0,0	0,0	0,0		/*15/	Vyhovuje
Agr. CO2 na vápno (mg/l)	0,0	0,0	0,0			
Agr. CO2 na železo (mg/l)	0,0	0,0	0,0			

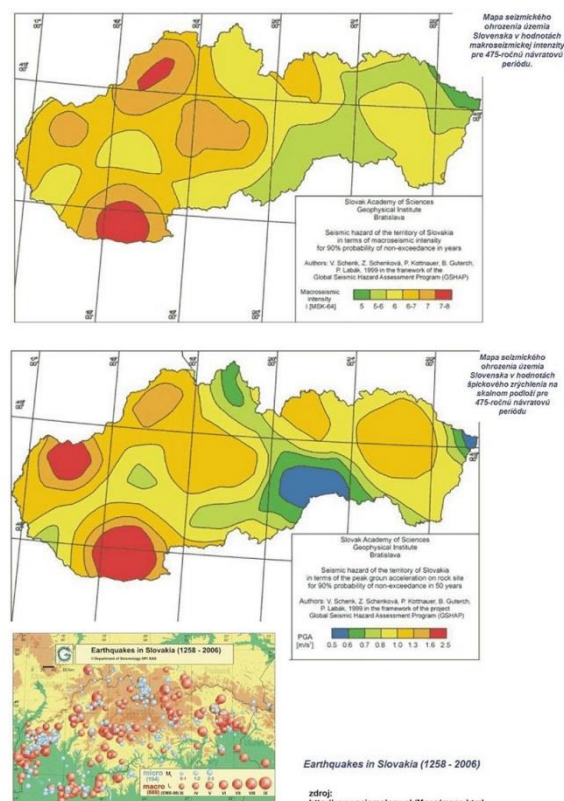
Podzemná voda nie je agresívna na betóny, t. j. žiaden z ukazovateľov (SO₄, pH, agr. CO₂, NH₄, Mg) nespĺňa podmienky pre je zaradenie do prostredia XA1, XA2, XA3 (*podľa STN EN 206-1, tab. 2)!

Podzemná voda z hľadiska sledovaných ukazovateľov (s výnimkou mangánu) vyhovuje požiadavkám na pitnú vodu podľa Vyhl. MZ č 247/2017 Z.z..

9. Seizmicita

Podľa máp seizmického ohrozenia územia Slovenska (obr. č. 3) v hodnotách makroseizmickej intenzity a špičkového zrýchlenia na skalnom podloží pre 475-ročnú návratovú periódu je skúmané územie súčasťou pásma s makroseizmickou intenzitou 7^o (MSK 64), s hodnotou špičkového zrýchlenia na skalnom podloží PGA = 1,0-1,3 m/s²

(zdroj: Geofyzikálny ústav SAV - online dostupné na internete <http://www.seismology.sk/Maps/maps.html>).



Obr. č. 3- Mapy seizmického ohrozenia územia Slovenska

C) Časť technická**10. Základové pomery**

Na skúmanej lokalite boli zistené jednoduché základové pomery. Podľa stavebného projektu sa uvažuje s plošným zakladaním na železobetónových základových pätkách, základových pásoch a základových doskách, v úrovni -0,32 m až -3,67 m od $\pm 0,000 = 211,47$ m n.m.. Veľmi členitý tvar základovej škáry je zakreslený v geologických rezoch – príl. č. 3.

Železobetónové základové pätky pod objektom parkovacieho domu budú mať základovú škáru v úrovni -3,32 m, t. j. 208,15 m n.m. Základová doska pod objektom univerzitnej knižnice a internátu budú mať základovú škáru v úrovni -3,67 m, t. j. 207,80 m n.m. Pri takejto úrovni zakladania budú základovú pôdu tvoriť uľahlé fluviálne piesčité štrky (vrstva č. 4).

Dno stavebnej jamy v úrovni 207,80 m n.m. bude 0,33 m nad úrovňou hladiny podzemnej vody (207,47), zistenej v októbri 2023. V prípade zvýšenej hladiny podzemnej vody (208,20) bude dno stavebnej jamy pod objektom univerzitnej knižnice a internátu (207,80) zatopené vrstvou podzemnej vody hrúbky 0,40 m a dno stavebnej jamy pod objektom parkovacieho domu (208,15) bude zatopené vodou hrúbky 0,05 m. Aby v úrovni základovej škáry nedošlo k znehodnoteniu základovej pôdy, je potrebné, aby výkopové a zakladacie práce prebiehali v období, keď je hladina podzemnej vody v úrovni aspoň 0,4 m pod úrovňou základovej škáry, t. j. na kóte 207,40 alebo nižšie!

11. Posúdenie podložia spevnených plôch a cestných komunikácií

Ornicu a povrchové navážky bude potrebné z podložia budúcich spevnených plôch a cestných komunikácií odstrániť a nahradiť zhutnenou štrkovitou zeminou.

Po odťazení vrchnej antropogénnej vrstvy budú v dne stavebnej jamy odkryté siltovité piesky (vrstva č. 3), ktoré predstavujú podmiennečne vhodné zeminy pre podložie. Tieto zeminy podliehajú stredným objemovým zmenám, ktoré sú ovplyvnené povahou a množstvom prachovitých a ílovitých častíc. Patria už medzi namŕzajúce zeminy, a preto je spravidla potrebné vykonať vhodné opatrenia proti mrazu. Je možné ich dobre zhutňovať, je však vždy nutné dodržať optimálnu vlhkosť. Tvoria prechod medzi vhodným a málo vhodným podložím. Prípadné zlepšenia sa dajú dosiahnuť veľmi ľahko malou prímесou hydraulických spojív alebo živice.

12. Ťažiteľnosť a sklony stien výkopov

Triedy ťažiteľnosti zemín podľa STN 73 3050 – Zemné práce:

navážky a ornica (vrstva č. 1, 2)	2. trieda
piesky (vrstva č. 3)	2. trieda
piesčité štrky (vrstva č. 4 -7)	3. trieda
zvetrané slieňovce (vrstva č. 8)	3. trieda
bridličnaté slieňovce (vrstva č.9)	4.-5. trieda

Sklony svahov dočasných výkopov do hĺbky 3 m podľa STN 73 3050 – Zemné práce:

navážky a ornica (vrstva č. 1, 2)	1:1
piesky a štrky (vrstva č. 3-7)	1:1

13. Podmienky vsakovania

Hydrogeologické podmienky vsakovania vôd z povrchového odtoku do horninového prostredia a podzemných vôd boli overené v oblasti sondy V-8 (geologické rezy B-B', C-C'). V tomto mieste projektant navrhuje vsakovací systém RAUSIKKO pôdorysných rozmerov 5,6x2,4 m, výšky 1,02 m. pričom stavebná jama bude 6,6x3,4 m, úroveň dna vsaku na kóte 208,30 m n.m. (1 m nad hladinou podzemnej vody). Ako je uvedené v kap. Podľa laboratórnych skúšok a realizovaných vsakovacích skúšok je priepustnosť piesčitých a štrkovitých vrstiev (vrstva č. 3 a 4) stredná až vysoká.

Koeficient filtrácie:

$k = 1,7 \cdot 10^{-7}$ až $1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s (vrstva č. 3 podľa krivky zrnitosti)

$k = 3,6 \cdot 10^{-5}$ až $1,98 \cdot 10^{-4}$ m/s (vrstva č. 3 podľa vsakovacej skúšky)

$k = 1,7 \cdot 10^{-5}$ až $3,7 \cdot 10^{-4}$ m/s (vrstva č. 4 podľa krivky zrnitosti)

Podľa realizovanej vsakovacej skúšky bolo možné do vrtu V-8, ktorého dno bolo -3,74 m pod terénom, vsakovať vodu v množstve 0,23 l/s, pričom hladina vody sa udržiavala v úrovni -0,08 m pod terénom, čo predstavuje 0,124 litra za sekundu na m². Pri vsakovaní vody v množstve 0,022 l/s sa hladina vody udržiavala v úrovni -1,78 m pod terénom, čo predstavuje len 0,022 litra za sekundu na m².

Výsledky vsakovacích skúšok preukázali schopnosť povrchového piesčitého a štrkovitého súvrstvia prijať pomerne malé množstvo vody. Na dosiahnutie zvýšeného množstva vsakovanej vody bude potrebné odťažiť piesky a štrky pod dnom vsakovacieho systému a nahradiť ich priepustnejšou štrkovitou zeminou (napr. frakcia 2-32 mm).

14. Záver

a) Na lokalite boli zistené jednoduché základové pomery, vhodné na plošné zakladanie projektovaných stavebných objektov na železobetónových základových pätkách, základových pásoch a základových doskách.

b) Dno stavebnej jamy môže byť v určitých ročných obdobiach v dosahu hladiny podzemnej vody, preto bude potrebné zemné a zakladacie práce vykonávať v období, keď je hladina podzemnej vody v úrovni aspoň 0,4 m pod úrovňou základovej škáry, t.j. na kóte 207,40 alebo nižšie!

c) Vsakovanie bude možné realizovať do vrstvy vážskych štrkov a pieskov formou systému RAUSIKKO s dnom vsaku v úrovni 1 m nad hladinou podzemnej vody. Na dosiahnutie zvýšeného množstva vsakovanej vody bude potrebné odťažiť stredne priepustné piesky a štrky pod dnom vsakovacieho systému a nahradiť ich 1 m hrubou umelo vytvorenou vysokopriepustnou štrkovitou vrstvou (napr. frakcia 2-32 mm).

.

Vypracoval :

PROGEO TRENČÍN, s.r.o., RNDr. Ján Bulko

V Trenčíne 15.12.2023

15. Zoznam použitej literatúry

- Mazúr, E. a kol. (1980): Atlas Slovenskej socialistickej republiky. - SAV, Bratislava.
- Vass, D. a kol. (1988): Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR. - GÚDŠ, Bratislava
- Minárik, J. (2022): Trenčín – Dobudovanie univerzitného kampusu TnUAD. Odborný geologický posudok. – Manuskript, PROGEO, Trenčín.
- Kandera, K. (2021): Trenčín – Sihot', hydrogeologické pomery pre vybudovanie tepelného čerpadla. Hydrogeologický posudok. – Manuskript, PROGEO, Žilina.
- Minárik, J. (2017): Trenčín – Futbalový štadión AS Trenčín -podrobný IG prieskum. – Manuskript, PROGEO, Trenčín, Geofond 96220)
- Jaroš, R. (1969): Trenčín – Športová hala Sihot' - podrobný IG prieskum. – Manuskript, PIO Keramoprojekt Trenčín.