



**TERRA – GEO, s. r. o., Borodáčova 44, 040 17 Košice**  
IČO: 458 53 002 DIČ: 2023 111 519 IČ DPH: SK 2023111519  
Tel: 0948/398509; 0905/506424; 0948/496809; 0948/496265

## Závěrečná správa

**Názov geologickej úlohy:** Ľubotice, lokalita „Pod Vodojemom“, podrobný inžinierskogeologický prieskum

**Číslo úlohy:** 2017 – 001

**Evidenčné číslo Geofondu:** 8/2017

**Etapa :** podrobný inžinierskogeologický prieskum

**Objednávateľ:** Obec Ľubotice  
Československých letcov 2, 080 06 Ľubotice

**Zodpovedný riešiteľ:** Ing. Zoltán Spišák

**Spoluriešiteľ:** Mgr. Marián Stercz  
Ing. Erika Polaščinová

**Dátum vyhotovenia:** marec 2017

**Mgr. Marián Stercz**  
**konateľ s. r. o.**



## OBSAH

1. ÚVOD .....	4
1.1 Účel prieskumu .....	4
2. PRÍRODNÉ POMERY ŠIRŠIEHO OKOLIA ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA .....	5
2.1 Geomorfologické pomery .....	5
2.2 Geologické pomery .....	6
2.3 Hydrogeologické pomery .....	8
2.4 Klimatické pomery .....	10
2.5 Geodynamické javy a seizmicita územia .....	11
3. POSTUP RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY .....	13
3.1 Údaje o realizovaných prácach .....	13
3.2 Prieskumné technické práce .....	13
3.3 Vzorkovacie práce .....	14
3.4 Laboratórne práce .....	14
3.5 Meračské práce .....	16
4. INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ A STABILITNÉ POMERY PREDMETNÉHO ÚZEMIA .....	18
4.1 Inžinierskogeologické pomery územia .....	18
4.2 Podmienky a faktory vzniku a vývoja svahových deformácií .....	26
4.3 Geotechnické charakteristiky základových zemín .....	28
4.4 Stabilitné výpočety .....	30
4.5 Ideový návrh sanačných opatrení a zonácia územia .....	33
4.6 Podmienky výstavby RD a miestnej infraštruktúry (mimo územia N1) .....	37
5. ZÁVER .....	38
6. ZOZNAM LITERATÚRY .....	40



## ZOZNAM PRÍLOH

Prehľadná situácia v $M = 1 : 10\,000$ .....	1
Situácia prieskumných sond v $M = 1 : 2\,000$ .....	2
Inžinierskogeologické rezy v $M = 1 : 800/400$ a $M = 1 : 400/200$ .....	3
Ideový návrh sanačných opatrení a zonácia územia v $M = 1:2\,000$ .....	4
Inžinierskogeologický popis realizovaných vrtov .....	5
Vyhodnotenie realizovaných monitorovacích vrtov .....	6
Vyhodnotenie prevzatých archívnych vrtov .....	7
Výsledky inklinometrických meraní .....	8
Výsledky laboratórnych skúšok zemín a podzemnej vody .....	9
Výpočty stability svahu .....	10
Fotodokumentácia .....	11

## POUŽITÉ SYMBOLY

$x$	priemerná hodnota
$x_{\min}$	minimálna hodnota
$x_{\max}$	maximálna hodnota
$N$	počet skúšok
$w$	vlhkosť zeminy (%)
$w_L$	vlhkosť zeminy na medzi tekutosti (%)
$w_P$	vlhkosť zeminy na medzi plasticity (%)
$I_P$	číslo plasticity (%)
$I_C$	stupeň konzistencie
$\rho$	objemová hmotnosť vlhkej zeminy ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
$\rho_d$	objemová hmotnosť suchej zeminy ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
$\rho_{d\max}$	maximálna objemová hmotnosť suchej zeminy ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
$\rho_s$	zdanlivá hustota pevných častíc ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
$n$	objem pórov (%)
$S_r$	stupeň nasýtenia (%)
$\phi_u$	totálny uhol vnútorného trenia ( $^\circ$ )
$\phi_{ef}$	efektívny uhol vnútorného trenia ( $^\circ$ )
$c_u$	totálna súdržnosť (kPa, MPa)
$c_{ef}$	efektívna súdržnosť (kPa, MPa)
$E_{def}$	modul deformácie (MPa)
$\gamma$	objemová tiaž zeminy ( $\text{kN.m}^{-3}$ )
$\nu$	Poissonovo číslo
$\beta$	súčiniteľ pre prevod medzi modulom pretvárnosti a oedometrickým modulom
$I_D$	relatívna uľahnutosť
$R_{dt}$	tabuľková výpočtová únosnosť (kPa, MPa)
$a_r$	základné seizmické zrýchlenie ( $\text{m.s}^{-2}$ )
$a_g$	návrhové seizmické zrýchlenie ( $\text{m.s}^{-2}$ )
$T$	koeficient prietočnosti ( $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ )
$k$	koeficient filtrácie ( $\text{m.s}^{-1}$ )

## 1. ÚVOD

Na základe ZoD zo dňa 10.1.2017, uzatvorenej medzi obcou Lubotice a spoločnosťou Terra-Geo, s.r.o., bol vypracovaný projekt geologickej úlohy: „Lubotice – lokalita „Pod Vodojemom“, podrobný inžinierskogeologický prieskum“ a po jeho odsúhlasení sa pristúpilo k realizácii podrobného inžinierskogeologického prieskumu na danej lokalite. Výsledky terénnych a laboratórnych prác sú zhodnotené v nasledovnej záverečnej správe.

Záverečná správa je vypracovaná v súlade so zákonom č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov a vyhlášky MŽP SR č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon a v zmysle Smernice MŽP SR č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh a projektov v Geografickom informačnom systéme.

### 1.1 Účel prieskumu

Účelom realizovaného podrobného inžinierskogeologického prieskumu je zhodnotenie inžinierskogeologických, hydrogeologických a stabilitných pomerov svahu nad sídliskom Sekčov, a na jeho základe vypracovať návrh opatrení pre výstavbu rodinných domov v danej lokalite. Inžinierskogeologické a hydrogeologické pomery sa zhodnotili na základe realizovaných technických prác a tiež na základe dostupných archívnych údajov. Výpočty stupňa stability zosuvného svahu sa vykonali na zostavených výpočtových rezoch. V záveroch a odporúčaníach predkladanej záverečnej správy z podrobného inžinierskogeologického prieskumu sú uvedené potrebné opatrenia na zabezpečenie stability územia, v území sú plošne vyčlenené nestabilné, podmiennečne stabilné a nestabilné územia a sú odporúčané spôsoby a postupy výstavby v danom území.

## IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE

### Stavba:

Názov stavby: Lubotice – IBV „Pod Vodojemom“

Miesto stavby: Prešovský kraj,  
Okres Prešov

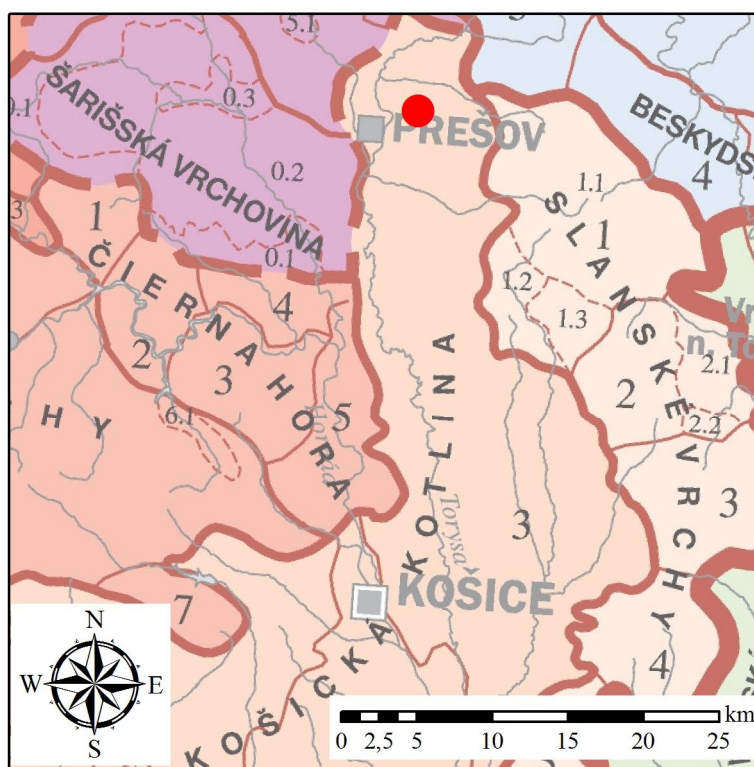
Katastrálne územie: Lubotice: 833 584

Podľa administratívneho členenia SR sa záujmové územie nachádza v prešovskom samosprávnom kraji (7), v okrese Prešov (707) a je zobrazené v topografickej mape mierky M 1 : 10 000, list: 37-22-05 (Príloha č. 1).

## 2. PRÍRODNÉ POMERY ŠIRŠIEHO OKOLIA ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

### 2.1 Geomorfologické pomery

Podľa geomorfologického členenia Slovenska (Mazúr a Lukniš, 1986), patrí záujmové územie do provincie Západné Karpaty, subprovincie Vonkajšie Západné Karpaty, oblasť Lučenecko – košická zníženie, do celku Košická kotlina a oddielu Toryská pahorkatina (obr.1).



● záujmová lokalita

**Obr. 1** Lokalizácia záujmového územia v geomorfologickom členení SR, (Mazúr a Lukniš, 1986).

Vlastnosti reliéfu a jeho morfológická modelácia sú úzko späté s charakterom geologického substrátu a preto základné typy reliéfu v širšom okolí záujmového územia korešpondujú so základnými geologickými jednotkami, podieľajúcimi sa na jeho geologickej

stavbe. V hodnotenom území a jeho širšom okolí potom môžeme z hľadiska typizácie reliéfu vyčleniť tieto základné typy:

- *reliéf nivy a terás toku Sekčov*
- *reliéf svahov a chrbtov neogénnej kotliny*
- *reliéf vulkanického pohoria*

*Reliéf nivy a terás toku Sekčova* je tvorený rovinou a mierne zvlnenou rovinou na fluviálnych riečnych sedimentoch - riečnych štrkoch holocénneho veku a mierne sa zvažujúcim reliéfom zachovaných pleistocénnych a holocénnych proluviálnych kužeľov.

*Reliéf svahov a chrbtov neogénnej kotliny* vytvára pestrú mozaiku chrbtov, svahov a údolí pahorkatinného charakteru na ílovitom a ílovito – piesčitom podloží. Údolia miestnych vodných tokov a priľahlé svahy sú najčlenitejšími časťami územia. Svahy sú erózneho pôvodu, vyvinuli sa v dôsledku hĺbkovej a bočnej erózie vodných tokov. Poriečne nivy sú úzke, na niektorých miestach minimálne vyvinuté. Osobitným fenoménom tohto typu reliéfu je náchylnosť na vznik a vývoj svahových deformácií, hlavne typu zosúvania.

## 2.2 Geologické pomery

Na geologickej stavbe širšieho okolia záujmového územia sa podieľajú neogénne súvrstvia kladzianskeho súvrstvia (stredný – vrchný karpát) a kvartérne sedimenty (obr. 2).

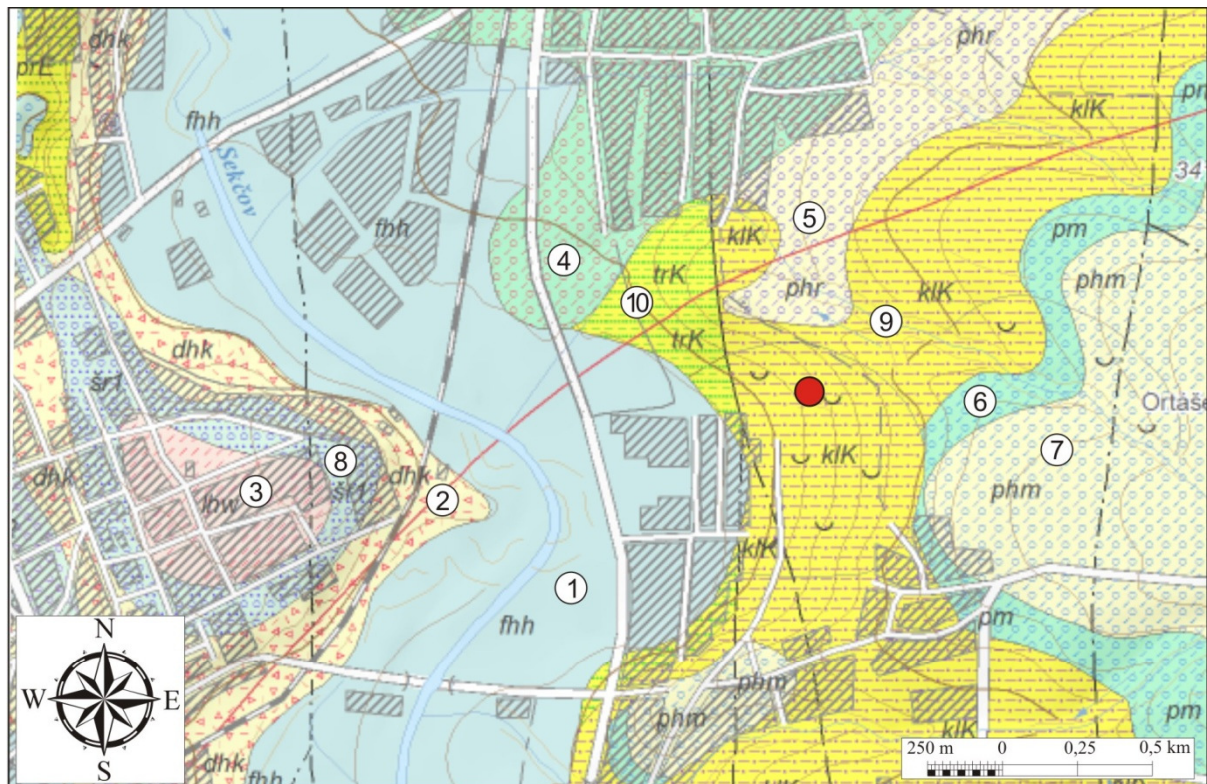
Kladzianske súvrstvie v priestore Košickej kotliny sa pozvoľna vyvíja zo soľnobanského súvrstvia, alebo ostro nasadá na teriakovské súvrstvie, v južnej časti kotliny priamo nasadá na mezozoické podložie. Prevládajúcim litotypom sú prachovité ílovce, ktoré lokálne prechádzajú do prachovcov. Sú prevažne slabo vápnité, relatívne pestré, s hnedo-žltými až hnedobordovými škvrnami. V pripovrchovej zvetranej vrstve majú sedimenty charakter ílov, piesčitých ílov a pieskov ( Kaličiak, et al., 1991).

Kvartérne sedimenty sú v širšom okolí prieskumného územia zastúpené fluviálnymi, proluviálnymi a deluviálnymi sedimentmi.

*Fluviálne sedimenty* sú zastúpené holocénnymi až mladopleistocénnymi náplavami potoka Sekčov, pričom ide o štrkovité až piesčito-štrkovité sedimenty dobre zachovanej aluviálnej nivy. Materiál štrkov tvorí suboválné až subangulárne valúny pestrého petrogra-



fického zloženia. Štrky dnovej výplne sú prekryté pomerne hrubou vrstvou povodňových hĺn.



● záujmové územie

Vysvetlivky:

**Kvartér:** **1** - fluviálne sedimenty: litofaciálne nečlenené nívne hliny, alebo piesčité až štrkovité hliny dolinných nív a nív horských potokov (holocén); **2** - deluviálne sedimenty: prevažne hlinito-kamenité (podradne piesčito-kamenité)svahoviny a sutiny (pleistocén-holocén); **3** - eolicko-deluviálne sedimenty: nevápnité sprašové hliny a sprašiam podobné zeminy (mladší pleistocén); **4** - proluviálne sedimenty: hlinité a piesčité štrky s úlomkami hornín v nízkych náplavových kužel'och (mladší pleistocén); **5** - proluviálne sedimenty: hlinité až piesčito-hlinité štrky s úlomkami hornín v stredných náplavových kužel'och s pokryvom deluviálnych splachov (stredný pleistocén); **6** - proluviálne sedimenty: hlinité až piesčito-hlinité štrky až reziduálne štrky s úlomkami hornín vo vrchných náplavových kužel'och (str. pleistocén); **7** - proluviálne sedimenty: hlinité až piesčito-hlinité štrky s úlomkami hornín vo vrchných náplavových kužel'och s pokryvom deluviálnych splachov (str. pleistocén); **8** - fluviálne sedimenty: piesčité štrky a štrky vyšších stredných terás (stredný pleistocén); **Neogén:** **9** - kladzianske súvrstvie: pestré ílovcy, pieskovce, hality, anhydrity (miocén); **10** - teriakovské súvrstvie: flyšové striedanie pieskocov a ílovcov, zlepenec, tufy (miocén).

**Obr. 2** Výsek geologickej mapy záujmového územia (mapový server ŠGÚDŠ).

*Proluviálne sedimenty* zastupujú strednopleistocénne a vrchnopleistocénne náplavy potoka Delňa. Strednopleistocénne proluviálne sedimenty (mindel) s pokryvom sprašových hĺn vytvárajú najstaršiu generáciu náplavových kužel'ov na západnom úpätí Slanských



vrchov. Pôvodný, charakteristicky vejárovitý tvar kužeľa bol neskoršími eróznou – denudačnými procesmi značne poznačený, v súčasnosti vystupujú len jeho relikty.

Vrchnopleistocénny (ris) náplavový kužeľ potoka Delňa sa vyznačuje morfológicky zachovaným vejárovitým tvarom, do ktorého „teleskopicky“ zasahuje tylová časť holocénneho kužeľa. Podobne ako starší náplavový kužeľ, aj tento má na povrchu vyvinutú vrstvu sprašových hĺn. Vývoj náplavových kužeľov bol okrem klímy a litológie hornín zdrojovej oblasti, limitovaný aj tektonikou územia.

*Deluviálne sedimenty (sedimenty zosuvných delúvií)* majú z kvartérnych sedimentov v širšom okolí najväčšie plošné rozšírenie. Ide prevažne o súdržné zeminy s premenlivým obsahom valúnov degradovaných pleistocénnych kužeľov s výraznou prevahou andezitových valúnov a hrubopiesčitého andezitového detritu.

Deluviálne sedimenty tvoria povrchovú vrstvu hlavne na hladko modelovaných svahoch kotlinovej pahorkatiny a miernych úvalinách a dolinkách.

### 2.3 Hydrogeologické pomery

V širších vzťahoch sa územie z hydrogeologicko-štruktúrneho hľadiska člení na nádrže vrstvových vôd v sedimentárnych kolektoroch kvartéru a neogénu Košickej kotliny a na hydrogeologický masív vulkanitov Slanských vrchov. Podľa hydrogeologickej rajonizácie Slovenska (Šuba et al., 1984), spadá záujmové územie do hydrogeologického rajóna NQ 123 – Neogén v. časti Košickej kotliny a V 111 – Neovulkanity Slanských vrchov (obr. 3).

Neogénne sedimenty v Košickej kotline sú v spodnej časti tvorené prevažne pelitickými sedimentmi, miestami s polohami pieskovcov. Tieto súvrstvia nevytvárajú vhodné prostredie pre akumuláciu výdatnejších zdrojov podzemných vôd, pričom výdatnosť nepresahuje  $0,51 \cdot s^{-1}$ .

Hydraulické vlastnosti neovulkanitov Slanských vrchov do značnej miery závisia od tektonického porušenia. Zvýšenú puklinovú priepustnosť majú najmä vrchné a čelné partie lávových prúdov a brekciovitých andezitov. Z hydrogeologicko-štruktúrneho hľadiska možno komplexy neovulkanitov pokladať za hydrogeologický masív, t. j. horninový komplex so

sústredením obehu podzemných vôd do pripovrchovej zóny s výrazne vyššou priepustnosťou oproti hlbším častiam masívu.



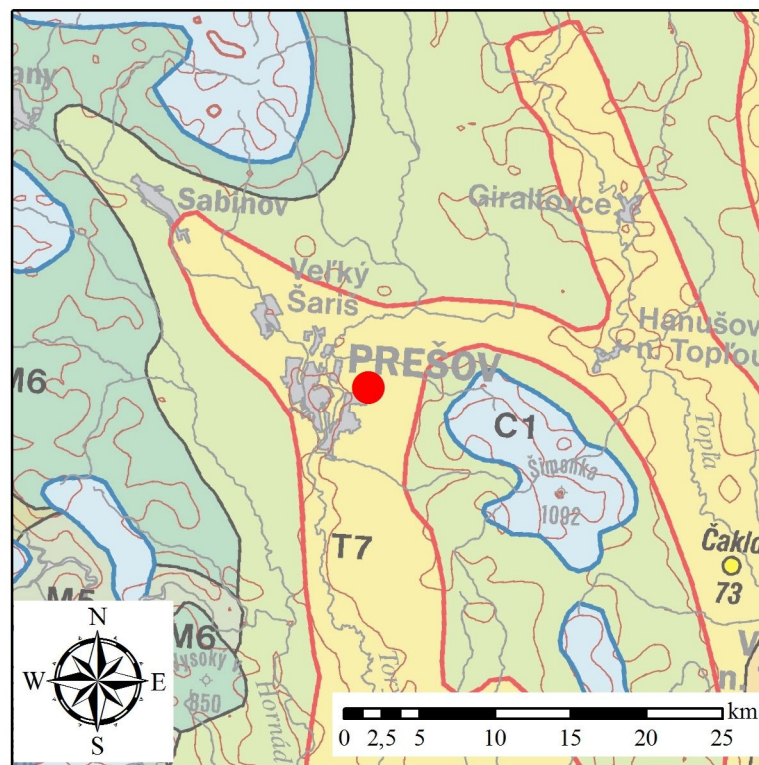
**Obr. 3** Lokalizácia zájmového územia v mape hydrogeologických regiónov SR (Malík a Švasta, 2002).

Najvýznamnejším kvartérnym kolektorom sú fluviálne hrubozrnné štrky dnovej výplne potoka Sekčov a čiastočne aj hrubozrnné štrky proluviálnych kužeľov. Význam fluviálnych náplavov potoka Sekčov s odhadovaným koeficientom filtrácie  $10^{-5}$  až  $10^{-6}$   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  je však limitovaný ich malou hrúbkou 3,0 – 4,0 m. Hrubozrnné štrky proluviálnych kužeľov s odhadovaným koeficientom filtrácie  $10^{-6}$  až  $10^{-7}$   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  vzhľadom na ich pozíciu voči eróznej báze predstavujú kolektor podzemnej vody len lokálneho významu. Akumulácie štrkov sú na svahoch kotlinovej pahorkatiny odvodňované sériou vrstvomých prameňov a na mnohých miestach priamo dotujú existujúce zosuvy, čím dochádza k zvýšeniu hladiny podzemnej vody vo svahoch a zvýšeniu vztlakových účinkov.

## 2.4 Klimatické pomery

Podľa mapy klimatických oblastí (Lapin et al., 2002) obr. 4, študované územie zaraďujeme do teplej oblasti (T), ktorá sa vyznačuje počtom priemerne 50 a viac letných dní za rok (s denným maximom teploty vzduchu  $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Zaujímavé územie sa nachádza v okrsku T7 (teplý, mierne vlhký okrskok, s chladnou zimou).

Podľa mapy klimatickogeografických typov (Tarábek, 1980) sa jedná o územie s kotlinovou klímou charakterizovanou veľkou inverziou teplôt, mierne suchou až vlhkou, teplou. Ročné úhrny zrážok v tejto oblasti dosahujú 650 – 680 mm.



● zájmová lokalita

**Obr. 4** Lokalizácia zájmového územia v mape klimatických oblastí, (Lapin et al., 2002).

Územie patrí do mierne teplej kotlinovej klímy. Ročný priemer teplôt sa v oblasti pohybuje okolo  $8 - 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Najchladnejším mesiacom v priemere je január s priemernou mesačnou teplotou  $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , najteplejším mesiacom je august s priemernou mesačnou teplotou  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Za posledných päť rokov najnižšia priemerná mesačná teplota dosiahla  $-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V lete maximálna teplota za spomínané obdobie vystúpila v mesačnom priemere na  $20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V poslednom meranom roku 2004 dosiahla priemerná mesačná teplota  $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Minimálna priemerná teplota v januári bola  $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  a maximálna priemerná teplota bola v júli  $18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	spolu
2000	36,1	40,3	44,8	47	76,5	83,4	140,9	45,7	51,5	3	32,7	34,6	636,5
2001	45,5	12,8	59	66,3	20,9	93,1	156,1	21,8	69,6	17	46,8	10,7	619,6
2002	9	9	6,7	16	62,2	90,1	145,9	58,4	70,2	73,3	13	21,5	575,3
2003	29,2	28	13,2	33,1	87,6	42	97	58,5	65	53,2	19,3	13,9	540,0
2004	16	56,7	15,2	38,6	104,9	115,6	275,6	89,7	27,7	57,2	55,7	7	859,9
2005	31,6	30,2	6,3	53,4	96,4	90,3	162,3	206,7	87	11,5	21,5	54,1	851,3
2006	10,2	21,7	55,5	31,4	111,6	130,9	13,4	110,9	6,1	23	4,3	7	526,0
2007	44,3	39,3	31,2	11,7	48,4	83,9	109,6	61,8	135,2	76,8	21,4	25,4	689,0
2008	22,3	2,9	28,5	38,8	32,9	59	196	70	51,6	45,3	20,8	51,7	619,8
2009	42,1	36,8	47,2	42,7	49,1	73,3	97,2	93,4	67,2	76,2	68,5	37,4	731,1
2010	42,3	25,7	18,2	64,6	193	143,5	162,3	84,4	62,6	23,0			

**Tab. 1** Mesačné a ročné úhrny zrážok zo zrážkomernej stanice Prešov-Planetárium za obdobie 2000 – 2010, podľa údajov SHMÚ.

## 2.5 Geodynamické javy a seizmicita územia

Podľa inžinierskogeologickej klasifikácie geodynamických javov (Ondrášik, 1984) sa v záujmovom území vyskytujú:

- svahové pohyby
- erózia
- seizmicita

Medzi najvýznamnejšie geodynamické procesy patria v predmetnom území svahové pohyby a svahová erózia.

### *Svahové pohyby*

Svahové pohyby predstavujú najtypickejší a morfológicky najvýraznejší geodynamický proces v hodnotenom území. Existujúce geologické, geomorfologické a hydrogeologické pomery hlavne po obvode mohutných akumulácií niekoľkých generácií pleistocénnych proluviálnych kužel'ov potokov Delňa a Šebastovka, ktoré „teleskopicky“ do seba zapadajú od okraja pohoria až po okraj aluviálnej nivy Torysy. Hĺbkovou eróziou bol obnažený styk hrubozrnných – kamenitých a balvanitých andezitových štrkov a podložných, plastických neogénnych ílov. Priesaky podzemnej vody na báze hydrogeologického kolektora následne spôsobili (a spôsobujú) výrazné zníženie šmykových parametrov zemín zóny zvetrávania neogénneho podložia a následné zosúvanie svahov v podobe plošných a najmä frontálnych

zosuvov po zložených rotačno – planárnych a rotačných šmykových plochách. Prevažná časť zosuvov je potenciálnych, po extrémnych zrážkach v roku 2010 však na mnohých miestach došlo k reaktivizácii svahových pohybov a vzniku aktívnych foriem zosúvania (hlavne mimo záujmové územie).

### ***Erózia***

Výmole a erózne ryhy sú jednými z rozšírených foriem svahovej modelácie a geodynamických javov tak v území budovanom súvrstviami neogénu a paleogénu, tak aj v pokryvných kvartérnych sedimentoch. Výhodné podmienky pre rozvoj výmoľovej svahovej erózie sú dané malou priepustnosťou podkladu a jeho ílovito-hlinitých zvetralín. Z toho dôvodu je infiltrácia zrážkových vôd malá a prevláda povrchový odtok (špecifický povrchový odtok je  $15 - 25 \text{ l.s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ). Väčšina zrážkových vôd rýchlo odteká po povrchu najmä tam, kde bol porušený pôvodne súvislý porast. Zo zostavenej mapy inžinierskogeologickej rajonizácie je zrejmé, že hlboko založené erózne ryhy kontrolujú priebeh hlavne hlboko zarezaných potokov zhruba V-Z smeru, ktoré segmentujú plošne rozsiahle akumulácie proluviálnych štrkov s pokryvom polygenetických hlín. Charakteristický je retrográdny postup vývoja týchto erózných rýh a doliniek, t. j. potupujú od západu smerom na východ, miestami vo východnej časti pozvoľne zanikajú na plochom teréne proluviálnej roviny.

### ***Seizmicita***

Podľa seizmotektonickej mapy Slovenska projektovaná trasa R4 prechádza územím s výskytom seizmických otrasov s intenzitou od 7 stupňov MSK – 64.

Podľa STN EN 1998-1/NA/Z2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť, predmetná lokalita sa nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika s hodnotou referenčného špičkového seizmického zrýchlenia  $a_{gR} = 0,40 \text{ m.s}^{-2}$ .

Z hľadiska vplyvu lokálnych vlastností podložia na seizmický pohyb zaradujeme predmetné územie do kategórie A a tiež do kategórie B.

### **3. POSTUP RIEŠENIA GEOLOGICKEJ ÚLOHY**

#### **3.1 Údaje o realizovaných prácach**

Riešenie geologickej úlohy a postupnosť vykonávania jednotlivých geologických prác boli realizované v súlade s projektom geologickej úlohy vo vecnej a časovej nadväznosti tak, aby v stanovenom časovom harmonograme boli dosiahnuté plánované ciele a požiadavky objednávateľa.

Pred začatím technických prác v teréne boli vyriešené strety záujmov – podzemné inžinierske siete a vedenia a tiež povolenia vstupov na pozemky od ich vlastníkov, resp. boli vyžiadané súhlasy na realizáciu monitorovacích prieskumných vrtov. Následne sa terénne technické práce realizovali v plnom rozsahu podľa schváleného projektu GÚ.

#### **3.2 Prieskumné technické práce**

Rozsah prieskumných technických prác vychádzal z projektu geologickej úlohy a bol konzultovaný s objednávateľom prác. V rámci podrobného inžinierskogeologického prieskumu boli realizované:

- jadrové inžinierskogeologické vrtý,
- monitorovacie, inklinometrické vrtý,
- monitorovacie, hydrogeologické vrtý.

Jadrové inžinierskogeologické vrtý sa realizovali tvrdokovovou jadrovacou korunkou s priemerom 176/156 mm, na sucho bez použitia vrtného výplachu. Pri narazení na hladinu PV sa použilo proti zavaleniu stien vrtu technické paženie s priemerom 150 mm, a vrt sa dokončil jadrovacou korunkou s priemerom 136 mm. Inžinierskogeologické vrtý sa realizovali do hĺbky 8,0 – 10,0 m p. t. v počte 8 vrtov s celkovou metrážou 72 bm jadrových vrtov. Po makroskopickom vyhodnotení a odbere vzoriek zemín sa z vrtného jadra urobila fotodokumentácia a vrtý sa likvidovali spätným záhozom.

Monitorovacie, inklinometrické vrtý sa realizovali tvrdokovovou jadrovacou korun-  
kou s priemerom 176/156 mm, na sucho bez použitia vrtného výplachu. Pri narazení na hladinu PV sa použilo proti zavaleniu stien vrtu technické paženie s priemerom 150 mm, a vrt sa dokončil jadrovacou korunkou s priemerom 136 mm. Po ich odvrtní sa vrtý zabudovali inklinometrickou pažnicou do hĺbky 14,5 m a medzikružie medzi stenou vrtu a pažnicou sa vyplnilo BC zálievkou. Po jej vytuhnutí sa vrtoch osadila v betónovej pätky ocelová chránička, každý vrt sa zafarbil červenou farbou a označil príslušným číslom vrtu. Vrtý sa

vyhodnotili ako prieskumné, jadrové vrty, po odbere vzoriek zemín a makroskopickom popise sa urobila fotodokumentácia vrtného jadra, následne vrtné jadro sa likvidovalo vysypáním do terénnych depresií v blízkosti vrtu. Spolu boli odvítané a zabudované 4 inklinometrické vrty do hĺbky 15,0 m p. t. s celkovou metrážou 60 bm.

Monitorovacie, hydrogeologické vrty sa realizovali tvrdokovovou jadrovacou korunkou s priemerom 176/156 mm, na sucho bez použitia vrtného výplachu. Pri narazení na hladinu PV sa použilo proti zavaleniu stien vrtu technické paženie s priemerom 150 mm, a vrt sa dokončil jadrovacou korunkou s priemerom 136 mm. Po ich odvítaní sa vrty zabudovali perforovanou PVC pažnicou s priemerom 125 mm do hĺbky 12,0 m a medzikružie medzi stenou vrtu a pažnicou sa vyplnilo drobným štrčíkom frakcie 4 – 8 mm. Následne sa na vrtoch osadila v betónovej pätko ocelová chránička, každý vrt sa zafarbil modrou farbou a označil príslušným číslom vrtu. Vrty sa vyhodnotili ako prieskumné, jadrové vrty, po odbere vzoriek zemín a makroskopickom popise sa urobila fotodokumentácia vrtného jadra, následne vrtné jadro sa likvidovalo vysypáním do terénnych depresií v blízkosti vrtu. Spolu boli odvítané 2 hydrogeologické vrty do hĺbky 12,0 m p. t. s celkovou metrážou 24 bm.

### 3.3 Vzorkovacie práce

Vzorkovacie práce pozostávali z odberu neporušených a porušených vzoriek zemín. Neporušené vzorky zemín sa odberali v priebehu vrtných technických prác odberných zariadením do odberných ocelových púzdiar, resp. sa odobrali a zafixovali neporušené časti vrtného jadra. Porušené vzorky zemín sa odberali do PE sáčkov so zachovaním ich prirodzenej vlhkosti. Každá vzorka obsahovala identifikačný štítok s uvedením názvu úlohy, označením sondy, hĺbkou a dátumom odberu. Odobraté vzorky zemín sa po odbere dopravili do laboratória na ich spracovanie. Spolu sa odobralo 24 ks porušených vzoriek zemín a 7 ks neporušených vzoriek zemín.

Na stanovenie agresívnych zložiek v podzemnej vode sa odobrali dve vzorky podzemnej vody, vzorky sa stabilizovali mramorovým práškom a v deň odberu sa transportovali do laboratória vôd.

### 3.4 Laboratórne práce

Laboratórne práce, spracovanie porušených vzoriek zemín sa realizovali v laboratóriu mechaniky zemín spoločnosti ÚVR, a. s. Košice.



Na porušených vzorkách boli realizované laboratórne práce za účelom zistenia fyzikálno-mechanických vlastností zemín, ktoré sú potrebné pre kategorizáciu zemín a pre určenie ťažiteľnosti zemín.

Laboratórne práce mechaniky zemín na neporušených vzorkách zemín sa realizovali v laboratóriu spoločnosti TerraTest, s.r.o. v Bratislave. Na neporušených vzorkách zemín sa vykonali krabicové skúšky vrcholovej a reziduálnej šmykovej pevnosti.

Laboratórne práce na vzorkách podzemných vôd sa vykonali v analytickom laboratóriu spoločnosti Ingos Prešov, s.r.o., pracovisko Košice.

Výsledky realizovaných laboratórnych prác sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách, protokoly o vykonaných skúškach sú uvedené v samostatnej prílohe č. 9.

Vrt	Hĺbka odberu (m)	Medza tekutosti $W_L$ (%)	Medza tvárливosti $W_P$ (%)	Číslo plasticity $I_P$	Prirodzená vlhkosť $W_N$ (%)	Číslo konzistencie $I_C$	Zatriedenie podľa STN 721001 a 73 1001
VL-1	2,6-2,7	40,6	20,8	19,8	27,3	0,67	CI,F6
VL-1	5,2-5,3	57,3	25,6	31,7	23,1	1,08	CH,F8
VL-2	2,0-2,2	-	-	-	-	-	MS/CS,F3/F4
VL-2	4,3-4,4	70,6	30,4	40,2	26,8	1,09	CV,F8
VL-3	4,0-4,2	41,3	21,3	20,0	16,6	1,24	CS,F4
VL-4	1,9-2,0	55,3	27,0	28,3	27,1	1,00	CH,F8
VL-4	5,9-6,0	66,6	27,8	38,8	25,3	1,06	CH,F8
VL-5	6,9-7,0	62,3	29,6	32,7	23,3	1,19	CH,F8
VL-6	2,9-3,0	63,1	28,8	34,3	27,7	1,03	CH,F8
VL-7	5,9-6,0	41,3	26,3	15,0	32,6	0,58	MS,F3
VL-8	2,9-3,0	64,4	27,4	37,0	30,2	0,92	CH,F8
VL-8	4,2-4,3	64,2	28,3	35,9	25,7	1,07	CH,F8
HG-1	2,9-3,0	63,9	24,9	39,0	24,5	1,01	MH,F7
HG-2	5,0-5,1	70,1	28,8	41,3	29,7	0,98	CV,F8
HG-2	9,0-9,1	56,0	27,0	29,0	30,0	0,90	CH,F8
INK-1	2,9-3,0	66,2	25,2	41,0	28,0	0,93	CH,F8
INK-1	7,0-7,1	69,2	30,0	39,2	28,4	1,04	CH,F8
INK-2	6,0-6,1	36,2	20,9	15,3	25,0	0,73	CI,F6
INK-2	8,0-8,1	62,0	26,2	35,8	24,8	1,04	CH,F8
INK-3	2,7-2,8	44,4	22,3	22,1	25,4	0,86	CS,F4
INK-3	5,4-5,5	37,7	22,6	15,1	24,3	0,89	CI,F6
INK-3	8,5-8,6	51,8	24,5	27,3	25,1	0,98	CH,F8
INK-4	4,0-4,1	56,0	26,9	29,1	26,8	1,00	CH,F8
INK-4	6,2-6,3	41,7	25,5	16,2	20,5	1,31	CI,F6

**Tab. 2** Výsledky klasifikačných rozborov porušených vzoriek zemín

Vrt	Hĺbka odberu (m)	Medza tekutosti $W_L$ (%)	Medza tvárivosti $W_P$ (%)	Číslo plasticity $I_P$	Prirodzená vlhkosť $W_N$ (%)	Číslo konzistencie $I_C$	Zatriedenie podľa STN 721001 a 73 1001
HG-1	6,7-6,9	57	24	33	25,9	0,94	CH,F8
INK-1	4,3-4,4	59	23	36	24,2	0,97	CH,F8
INK-3	7,0-7,2	65	26	39	27,0	0,97	CH,F8
VL-3	2,1-2,2	63	26	37	24,4	1,04	CH,F8
VL-4	3,7-3,8	65	25	40	29,9	0,88	CH,F8
VL-5	2,2-2,3	74	29	45	31,2	0,95	CV,F8
VL-6	2,4-2,5	39	20	19	27,9	0,58	CI,F6

**Tab. 3** Výsledky klasifikačných rozborov neporušených vzoriek zemín.

Označenie vrtu	Hĺbka odberu (m)	Trieda zeminy	Objemová hmotnosť ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Vrcholové parametre		Reziduálne parametre	
				$\varphi_{ef}$ (°)	$c_{ef}$ (kPa)	$\varphi_{ef}$ (°)	$c_{ef}$ (kPa)
HG-1	6,7-6,9	CH,F8	1962	21,1	23,4	11,6	0,6
INK-1	4,3-4,4	CH,F8	1976	17,3	12,2	9,2	0,3
INK-3	7,0-7,2	CH,F8	1950	15,1	21,2	-	-
VL-3	2,1-2,2	CH,F8	1936	18,0	0,2	-	-
VL-4	3,7-3,8	CH,F8	1915	19,6	15,0	10,4	0,3
VL-5	2,2-2,3	CV,F8	1876	13,9	31,8	-	-
VL-6	2,4-2,5	CI,F6	1887	27,2	22,0	24,0	5,9

**Tab. 4** Výsledky krabicových šmykových skúšok neporušených vzoriek zemín.

Analyzovaná vzorka vody z vrtu HG-1 je slabo kyslá s  $\text{pH} = 6,75$ , stredne tvrdá s celkovou tvrdosťou 4,85 mmol/l. Vzorka vody obsahuje zvýšený obsah  $\text{CO}_2 = 32,88$  mg/l, čo ju podľa STN EN 206 zaraďuje do stupňa XA1 – slabo agresívne prostredie na betónové konštrukcie. Analyzovaná vzorka vody z vrtu HG-2 je slabo alkalická s  $\text{pH} = 7,35$ , stredne tvrdá s celkovou tvrdosťou 5,34 mmol/l. Vzorka vody neobsahuje agresívne zložky pôsobiace korozívne na betónové konštrukcie.

### 3.5 Meračské práce

Geodetické práce boli realizované geodetickou skupinou spoločnosti Montana Košice, s.r.o. Polohopisné a výškopisné vytýčenie a zameranie prieskumných diel bolo vykonávané prístrojom Leica GPS 900 CS. Vytýčenie bolo vykonané v súradnicovom systéme JTSK 03, výšky sú určené v systéme Bpv.

Označenie vrtu	Hĺbka (m)	x	y	z
VL-1	8,0	-259 773,223	-1 208 073,049	278,255
VL-2	8,0	-259 786,704	-1 208 199,793	284,208
VL-3	8,0	-259 647,660	-1 208 276,925	291,911
VL-4	10,0	-259 760,538	-1 208 373,095	273,292
VL-5	8,0	-259 527,674	-1 208 356,435	297,347
VL-6	10,0	-259 605,794	-1 208 456,187	285,621
VL-7	10,0	-259 332,802	-1 208 688,750	320,437
VL-8	10,0	-259 665,075	-1 208 692,036	280,803
HG-1	12,0	-259 930,033	-1 208 375,480	255,187
HG-2	12,0	-259 790,317	-1 208 674,985	265,650
INK-1	15,0	-259 876,680	-1 208 289,150	266,997
INK-2	15,0	-259 887,466	-1 208 538,537	258,089
INK-3	15,0	-259 671,070	-1 208 531,740	278,624
INK-4	15,0	-259 522,775	-1 208 685,489	296,460

**Tab. 5** Súradnice realizovaných vrtov v systéme JTSK a B. p. v.

## 4. INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ A STABILITNÉ POMERY PREDMETNÉHO ÚZEMIA

### 4.1 Inžinierskogeologické pomery územia

Inžinierskogeologické pomery územia vychádzajú z výsledkov realizovaných technických a laboratórnych prác, archívnych údajov a terénnej rekognoskácie širšieho územia.

Ako už bolo v úvode spomenuté, zhodnotenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov územia vychádza aj z dostupných a relevantných archívnych údajov.

V roku 1980 sa v danom území realizoval rozsahom väčší inžinierskogeologický prieskum pre IBV na svahoch a vo vrcholovej časti pahorkatiny (Kizáková, M., 1980). V rámci geologických prác sa odvrátilo 38 ks nárazovotočivých (špirálových) vrtov do hĺbky 6,4 – 14,8 m p. t., s celkovou metrážou 479,5 m.

V roku 1988 sa realizoval v predmetnom území rozsiahli, podrobný inžinierskogeologický prieskum so zameraním na posúdenie stability svahových porúch na okraji sídliska Sekčov (Jánoš. J., a kol., 1988). Podrobný IGP sa vykonal na zosuvnom svahu nad aluviálnou nivou Sekčova na ploche cca 0,8 km<sup>2</sup>. V čase prieskumu v r.1988 bolo územie hodnotené na hranici stability a bolo označené ako „citlivé na akékoľvek zásahy“.

V rámci podrobného IGP sa realizovali tieto práce:

- Zostavila sa mapa svahových deformácií v mierke 1:2 000.
- Overili sa geologické pomery kvartéru a neogénu.
- Overili sa hydrogeologické pomery územia.
- Vybudovala sa monitorovacia sieť hydrogeologických vrtov na sledovanie hladiny podzemnej vody.
- Stanovili sa geotechnické parametre zemín kvartéru a neogénneho podložia.
- Vykreslil sa priebeh a tvar šmykových plôch potenciálnych a aktívnych zosuvov.
- Posúdila sa stabilita územia a vplyv hlavných faktorov na vznik a vývoj svahových deformácií.
- Zrealizovali sa skúšobné subhorizontálne odvodňovacie vrty v hornej časti porušeného svahu.

V rámci prieskumných prác sa odvrátilo 37 ks jadrových vrtov do hĺbky 12,0 – 20,0 m p. t. s celkovou metrážou 472 m, 14 ks nárazovotočivých vrtov s celkovou metrážou 194,8 m a 6 ks subhorizontálnych odvodňovacích vrtov s celkovou metrážou 720 m. Výdatnosť sub-

horizontálnych vrtov bola v priemere 0,5 – 1,1 l/s, celkovo zo 6-tich odvodňovacích vrtov vytekalo 3 l/s podzemnej vody.

V laboratóriu mechaniky zemín a vôd sa spracovalo 116 ks neporušených vzoriek zemín, 267 ks porušených vzoriek zemín a 5 ks vzoriek podzemnej vody. Ako doplnková metóda IGP sa vykonalo 5 ks statických penetračných sond do hĺbky 10,0 – 22,0 m p. t.

V zostavenej mape svahových deformácií boli vyčlenené:

- Potenciálny zosuv
- Aktívne zosuvy (v mape označené  $a_1$  až  $a_8$ )

Potenciálny zosuv je starší zosuv, vyvinutý na svahu so sklonom 5 – 12° k západu a jeho vznik bol v minulosti viazaný predovšetkým na hĺbkovú a bočnú eróziu riečky Sekčov. Pribeh bazálnej šmykovej plochy je v hĺbke 4,0 – 10,0 m p. t. Svahovými pohybmi boli postihnuté a tiež premiestnené deluviálne a neogénne sedimenty.

Aktívne zosuvy sú vyvinuté v potenciálnom zosuve. Aktívne zosuvy s označením  $a_1$  a  $a_2$  porušujú novo vybudovanú komunikáciu K-1. Šmykové plochy aktívnych zosuvov boli overené v hĺbke 2,0 – 4,8 m p. t. Aktívne zosuvy s označením  $a_3$  je vyvinutý v južnej časti potenciálneho zosuvu a zasahuje do obce Šalgovík. Zosuv v čase realizácie prieskumných prác (rok 1988) mal dĺžku 500 – 520 m a bol široký 100 – 155 m. Šmyková plocha sa predpokladala v hĺbke 4,0 – 6,0 m p. t. Aktívne zosuvy s označením  $a_4$  je vyvinutý severnejšie od aktívneho zosuvu  $a_3$  v dĺžke cca 350 m a šírke 90 – 120 m. Predpokladaný priebeh šmykovej plochy bol 5,0 – 6,0 m p. t. Aktívne zosuvy s označením  $a_5$  vznikol severnejšie od eróznej ryhy a je rovnobežný s aktívnym zosuvom  $a_4$ . Zosuv je dlhý cca 190 m a široký 50 – 90 m, svojou akumuláčnou časťou zasahoval až po komunikáciu K-1. Aktívne zosuvy s označením  $a_6$  sa nachádza vo vrchnej časti potenciálneho zosuvu, na okraji pleistocénneho proluviálneho kužeľa. Zosuv má dĺžku 90 m a je široký 50 – 60 m. Šmyková plocha bola interpretovaná v hĺbke 4,0 – 5,0 m p. t.

Aktívne zosuvy s označením  $a_7$  je najrozsiahlejší aktívny zosuv v danej lokalite. Zosuv je dlhý 450 – 510 m a v čase prieskumu bol široký 140 – 150 m. Odlučná hrana zosuvu zasahuje až po okraj proluviálnych štrkov, výška odlučnej hrany je 3,0 – 4,0 m, šmyková plocha je v hĺbke 3,5 – 6,0 m p. t. Vo vrchnej časti aktívneho zosuvu sú výrazné priesaky podzemnej vody a územie je silne podmäčané. Aktívne zosuvy s označením  $a_8$  je vyvinutý v severnej časti potenciálneho zosuvu, je dlhý cca 120 – 140 m a široký 90 m, s priebehom šmykovej plochy v hĺbke 4,5 – 5,0 m p. t.

Stabilitné výpočty sa vykonali na overených šmykových plochách potenciálneho zosuvu a všetkých aktívnych zosuvoch, pri modelovaní rôznych úrovní hladiny podzemnej vody (suchý svah, úplne nasýtený svah, hladina overená pri vŕtaní a maximálna hladina z monitoringu HPV). Stabilitné výpočty na šmykových plochách potenciálneho zosuvu preukázali nízky stupeň stability svahu  $F_s = 1,01 - 1,33$ , a bolo konštatované, že pri necitlivom antropogénnom zásahu môže dôjsť k opätovnej aktivizácii pohybu.

Stabilitné výpočty na šmykových plochách aktívnych zosuvov  $F_s = 0,96 - 1,15$  poukazujú na lokálnu nestabilitu svahu, resp. svah je na hranici stability.

Z uvedených výpočtov stupňa stability je konštatované, že hlavným destabilizujúcim faktorom v predmetnom území je stav hladiny podzemnej vody. Podzemná voda svojimi nepriaznivými účinkami v podstatnej miere ovplyvňuje stabilitu predmetného svahu.

V závere podrobného inžinierskogeologického prieskumu sa na sanáciu územia navrhovali:

- Tesniaca stena a subhorizontálne odvodňovacie vrty.
- Hĺbkové odvodnenie prolúviálneho kužeľa subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi.
- Hĺbkové odvodnenie prolúviálneho kužeľa studňami a subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi.

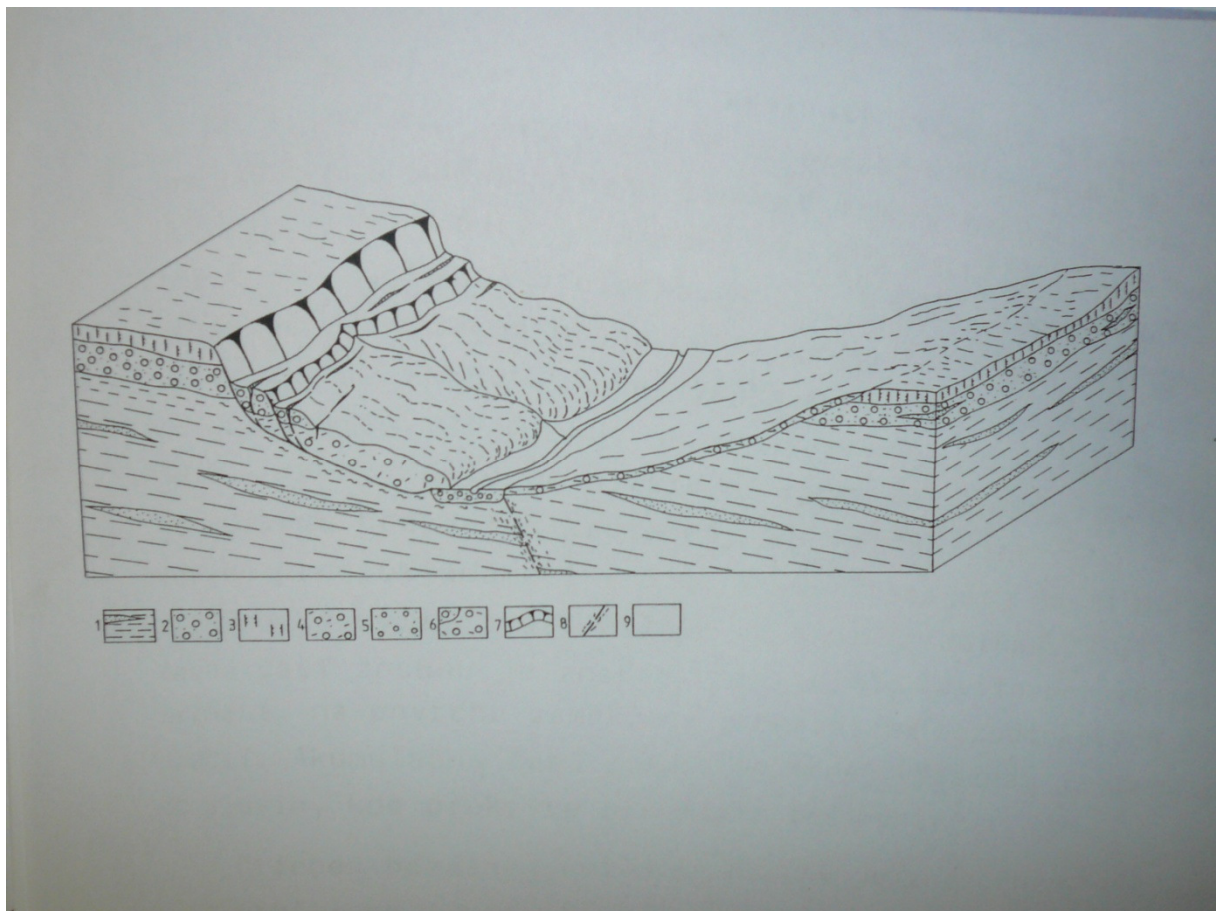
***Pokiaľ je zodpovednému riešiteľovi predkladanej záverečnej správy známe, do dnešného dňa (marec 2017) sa v danom území navrhované sanačné práce nerealizovali.***

Svahové deformácie patria k najrozšírenejším a najzávažnejším geodynamickým javom v zhodnocovanom území. Predstavujú veľmi vážny geotechnický problém, o čom svedčí niekoľko prípadov porušenia cestných komunikácií v širšom okolí, ako niekoľko prípadov porušenia svahov v intraviláne obcí (Dulová Ves, Záborské, Kokošovce, Šalgovík). Pri klasifikácii svahových deformácií a pri zhodnocovaní podmienok a faktorov ich vzniku a rozvoja vychádzame z všeobecne používanej klasifikácie podľa Nemčoka et al., (1974). Podľa tejto klasifikácie, samotný potenciálny a dva menšie aktívne zosuvy, ako aj ostatné svahové deformácie v širšom okolí patria do skupiny zosúvania, pričom základný typ svahového pohybu klasifikujeme ako zosúvanie pozdĺž rovinnej a zloženej šmykovej plochy.

*Povrchové prejavy staršieho potenciálneho zosuvu nad miestnou komunikáciou a obytnými blokmi sú čiastočne premodelované svahovou modeláciou, povrch potenciálneho zosuvu je len mierne zvlhnený a nerovný, odlučná hrana je v teréne výraznejšia a tvorí mierny terénny stupeň pri prechode do vrcholovej časti mierneho hrebeňa pahorkatiny.*

*Prejavy aktívnych zosuvov sú evidentné, s výraznou odlučnou hranou a dielčimi odtrhovými hranami v jeho telese a výrazným bočným vymedzením aktívneho zosuvu.*

K zosúvaniu dochádza v pripovrchovej, silne zvetranej a rozvoľnenej časti neogénneho súvrstvia, ktoré reprezentujú prevažne íly, ílovce s polohami prachovitých pieskov. Z hľadiska vzniku a vývoja zosuvov v tejto časti regiónu Košickej kotliny, jedným z rozhodujúcich faktorov je superpozičné postavenie mohutných akumulácií pleistocénnych prolúviálnych štrkov v nadloží plastických sedimentov neogénu (obr. 5).



**Obr. 5** Blokdiagram vývoja svahových deformácií po obvode pleistocénnych prolúviálnych kužeľov v severnej časti Košickej kotliny.

Na základe realizovaných technických prác a starších archívnych údajov, bola v tejto časti územia potvrdená veľmi priaznivá geologicko-geomorfologická štruktúra pre vznik zosuvných procesov. V nadloží plastických súvrství ílov a ílovcov vystupujú polohy hrubozrnných až balvanitých andezitových prolúviálnych štrkov s pokryvom polygenetických hĺn. V dôsledku geologicko-geomorfologického vývoja územia došlo v období kvartéru k obnaženiu styku prolúviálnych štrkov a podložných, plastických súvrství neogénu s výraznými



priesakmi podzemnej vody týchto dvoch hydrogeologicky rozdielnych štruktúr. Následkom toho dochádza na priľahlých svahoch k výraznej zmene pevnostno-deformačných charakteristík ílovitých zemín (hlavne znižovaniu ich šmykovej pevnosti), zmene vlhkosti zemín a zvýšeniu ich objemovej hmotnosti, zvýšeniu úrovne hladiny podzemnej vody na svahoch pahorkatiny a zvýšeniu vztlakových síl na svahové sedimenty.

Súhrn vyššie uvedených faktorov vedie k nárastu aktívnych šmykových síl na svahoch a vzniku zosuvov po obvode prolúviálnych kužeľov.

Na severnom okraji záujmového územia (svah nad bezmenným potokom ) bol v telese menšieho, aktívneho zosuvu realizovaný vrt s označením VL-1. Zeminý zosuvného delúvia boli overené do hĺbky 4,4 m p. t., predkvartérne podložie reprezentujú vysokoplastické íly neogénu. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 2,5 m p. t. a ustálila sa v hĺbke 0,8 m p. t. Ide o plošný, aktívny zosuv, odlučná hrana je zreteľná s výškou skoku do 1,0 m. Povrch je zamokrený, s výraznou dotáciou z priesaku z poškodeného vodovodného potrubia (priesak na povrchu terénu v línii vodovodu).

Vrty s označením VL-2, VL-3 a VL-5 sú situované vo vrcholovej časti pahorkatiny, nad morfológicky nevýraznou a premodelovanou odlučnou hranou potenciálneho zosuvu (vyčlenený rajón D – rajón deluviálnych sedimentov). Od úrovne terénu do hĺbky 1,6 – 3,8 m p. t. sa overili deluviálne sedimenty, zastúpené súdržnými zeminami triedy F3, MS – silt piesčitý, F6, CI – íl so strednou plasticitou, F8, CH – íl s vysokou plasticitou, pričom ide o zeminu tuhej a pevnej konzistencie.

Vrty s označením VL-4 a VL-6 sú situované v telese plošného, potenciálneho zosuvu (vyčlenený rajón Dz – rajón zosuvných delúvií). Prejavy zosúvania sú v teréne menej výrazné, premodelované a zastreté. Evidentné prejavy pomalého – creepového pretvárania svahu sú na existujúcom nadzemnom elektrickom vedení 110 kV, kde betónové stĺpy vedenia sú vychýlené od zvislice v smere spádnice svahu (obr. 6).



**Obr. 6** Vychýlený stĺp 110 kV elektrického vedenia na hranici potenciálneho a aktívneho zosuvu.

Zeminy zosuvného delúvia boli overené od úrovne terénu do hĺbky 5,7 – 6,4 m p. t. a boli zaradené do triedy F6, CI – íl so strednou plasticitou a F8, CH – íl s vysokou plasticitou. Ide o zeminy tuhej a pevnej konzistencie. Charakteristickou črtou zosuvných zemín je poloha sivočiernych, organických zemín s pórovitou až makropórovitou štruktúrou, overené do hĺbky 2,1 – 2,6 m p. t. Ide o pozostatky organických zemín v terénnych depresiách s výraznou dotáciou povrchových vôd (v minulosti zamokrené a močaristé miesta). Podobné podmienky v súčasnosti sú v depresných, zamokrených a močaristých častiach aktívnych zosuvov s typickou vodomilnou vegetáciou. Zeminy neogénneho podložia boli zaradené do triedy F8, CH – íl s vysokou plasticitou, resp. do triedy R6 – silne zvetrané až navetrané vrstevnaté ílovce pevnej konzistencie.

Vrt s označením VL-7 je situovaný nad odlučnou hranou plošného, potenciálneho zosuvu, na okraji morfolologickej hrany prolúviálnych štrkov (vyčlenený rajón P – rajón prolúviálnych kužeľov a plášťov a rajón LpP – rajón sprašoidných sedimentov na prolúviálnych kužeľoch a plášťoch). Od úrovne terénu do 1,4 m p. t. ide o polohu súdržných, polygenetických zemín v nadloží prolúviálnych štrkov, zeminy boli zaradené do triedy F8, CH – íl s vysokou plasticitou. Súdržné zeminy triedy F2, CG – íl štrkovitý tvoria prechodnú vrstvu.

Akumulácie proluviálnych štrkov boli overené v intervale 2,0 – 8,7 m p. t. s polohou piesčitých siltov v intervale 5,6 – 6,6 m p. t. Akumulácie proluviálnych štrkov boli zaradené do triedy G3, G-F – štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy, štrky sú uľahnuté a tmelené. Priesak podzemnej vody bol v hĺbke 8,0 m p. t. nad bázou štrkov, na styku s nepriepustným podložím neogénnych ílov.

Vrt s označením VL-8 je situovaný v telese potenciálneho až aktívneho zosuvu (prejavu aktivity čiastočne premodelované a zastreté) na južnom okraji predmetného územia. Zeminy zosuvného delúvia boli overené do hĺbky 6,0 m p. t., ide o zeminy triedy F4, CS – íl piesčitý, mäkkej konzistencie a zeminy triedy F8, CH – íl s vysokou plasticitou, pevnej konzistencie. Neogénne podložie zastupujú zeminy zóny zvetrávania neogénnych ílovcov – zeminy triedy F8, CH – íl s vysokou plasticitou, resp. zvetrané a navetrané vrstevnaté ílovce triedy R6. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 2,0 a 6,2 m p. t., ustálila sa v hĺbke 1,5 m p. t. Inžinierskogeologický popis realizovaných jadrových vrtov je uvedený v prílohe č. 5.

Monitorovací, hydrogeologický vrt s označením HG-1 je situovaný v akumuláčnej časti plošného, potenciálneho zosuvu. Zeminy zosuvného delúvia boli overené od úrovne terénu do hĺbky 7,0 m p. t., pričom ide o vysokoplastické zeminy triedy F7, MH – silt s vysokou plasticitou, F8, CH – íl s vysokou plasticitou a tiež do triedy F4, CS – íl piesčitý, zeminy sú pevnej konzistencie. Zeminy neogénneho podložia boli zaradené do triedy F8, CH a F4, CS, resp. do triedy R6, zeminy sú pevnej konzistencie. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 6,5 m p. t. a po 24 hodinách sa ustálila v hĺbke 1,1 m p. t.

Monitorovací, hydrogeologický vrt s označením HG-2 je situovaný v telese plošného, potenciálneho až aktívneho zosuvu v južnej časti predmetného územia. Zeminy zosuvného delúvia boli vrtom overené až do hĺbky 9,4 m p. t. Ide o polohy vysokoplastických zemín triedy F7, MH a F8, CH, CV s tenkou polohou viac piesčitých zemín triedy F6, CL – íl s nízkou plasticitou. Zeminy sú tuhej a pevnej konzistencie. V podloží vystupujú polohy tenko vrstevnatých ílovcov triedy R6. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 4,7 a 6,5 m p. t. a po 24 hodinách sa ustálila v hĺbke 1,6 m p. t.

Monitorovací, inklinometrický vrt s označením INK-1 je situovaný v telese plošného, potenciálneho zosuvu na severnom okraji územia. Od úrovne terénu do hĺbky 7,6 m p. t. sa overili súdržné zeminy zosuvného delúvia, zaradené do triedy F6, CL – íl s nízkou plasticitou a do triedy F8, CH – íl s vysokou plasticitou, zeminy sú tuhej a pevnej konzistencie. Predkvartérne podložie bolo overené do 15,0 m p. t. a ide o navetrané, vrstevnaté ílovce

s polohami sadrovca, zaradené do triedy R6, pevnej konzistencie. Hladina podzemnej vody do 15,0 m p. t. nebola overená.

Monitorovací, inklinometrický vrt s označením INK-2 je situovaný v akumuláčnej časti plošného, potenciálneho zosuvu, na morfolologickej hrane terénu nad príťažovacou lavicou. Zeminý zosuvného delúvia boli overené do hĺbky 7,5 m p. t., vo vrchnej časti boli zeminý zaradené do triedy F8, CH a F6, CI, na báze do triedy F8, CH s drobnými valúnkami andezitových štrkov do 1 – 3 cm.

Silne zvetrané a navetrané, predkvartérne podložie je tvorené súdržnými zeminami triedy F8, CH, resp. navetranými polohami vrstevnatých ílovcov s polohami sadrovca triedy R6. Hladina podzemnej vody do 15,0 m p. t. nebola overená.

Monitorovací, inklinometrický vrt s označením INK-3 je situovaný v strednej časti predmetného územia, v telese menšieho aktívneho zosuvu severne od eróznej ryhy. Zeminý zosuvného delúvia boli overené do hĺbky 7,4 m p. t. Vo vrchnej polohe, pod vrstvou vysoko-plastických, organických zemín boli v inetrvale 0,7 – 2,9 m p. t. overené piesčité íly (trieda F4, CS) s valúnkami andezitov, tuhej konzistencie. V intervale 2,9 – 6,2 m p. t. ide o stredne plastické zeminý triedy F6, CI, tuhej konzistencie, v spodnej časti zosuvného delúvia boli overené zeminý triedy F8, CH s valúnkami andezitov do 1 – 3 cm, pevnej konzistencie.

Neogénne podložie je v intervale 7,4 – 8,9 m p. t. reprezentované ílovitými zeminami triedy F8, CH, pevnej konzistencie a v intervale 8,9 – 15,0 m p. t. polohami vrstevnatých navetraných ílovcov s polohami a šošovkami sadrovca triedy R6. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 2,5 a 8,4 m p. t. a ustálila sa v hĺbke 1,5 m p. t.

Monitorovací, inklinometrický vrt s označením INK-4 je situovaný na južnom okraji územia, v telese potenciálneho zosuvu, pod zástavbou rodinných domov v obci Šalgovík. Zeminý zosuvného delúvia boli overené do hĺbky 6,6 m p. t. V intervale 0,2 – 3,0 m p. t. boli overené zeminý triedy F6, CI s valúnkami andezitových štrkov, tuhej konzistencie. V intervale 3,0 – 4,5 m p. t. ide o zeminý triedy F8, CH, pevnej konzistencie. V intervale 4,5 – 5,3 m p. t. boli overené zeminý s vyšším percentuálnym podielom piesčitej frakcie, zaradené do triedy F4, CS, pevnej konzistencie a na báze zosuvných zemín boli v intervale 5,3 – 6,6 m p. t. overené zeminý triedy F6, CI, pevnej konzistencie. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 6,5 m p. t. a ustálila sa v hĺbke 5,8 m p. t.

## 4.2 Podmienky a faktory vzniku a vývoja svahových deformácií.

Pri klasifikovaní a hodnotení svahových pohybov je potrebné definovať a rozpoznať podmienky, ktoré spôsobujú náchylnosť daného územia k vzniku svahových deformácií a faktory, ktoré pohyb bezprostredne vyvolávajú.

Pri hodnotení podmienok vzniku a vývoja svahových deformácií sa zhodnocuje najmä geologická a geologicko-tektonická stavba územia, analyzuje sa jeho geomorfologický vývoj a podiel svahových deformácií na jeho formovaní, hydrogeologické pomery územia a v neposlednom rade vplyvy klimatických činiteľov. Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, v dôsledku geologického a geomorfologického vývoja územia došlo k vzniku priaznivej štruktúry, keď v nadloží prekonsolidovaných, plastických súvrství ílov až ílovcov ležia akumulácie pleistocénnych proluviálnych štrkov. Postupným výzdvihom územia a poklesom eróznej bázy tu došlo k obnaženiu styku týchto dvoch komplexov. Priesakmi podzemnej vody na styku štrkov a ílov došlo k degradácii pevnostno-deformačných vlastností neogénnych súvrství a vzniku zosuvov. Zosuvným pohybom na svahu sú však zväčša tieto štrkovité akumulácie degradované a prehniatené s neogénnymi sedimentmi. Pri prieskumných prácach sú potom tieto valúny často nachádzané v zosuvnom delúviu aj v akumuláčnych častiach zosuvov.

Po geomorfologickej stránke sú svahové deformácie viazané na danú štruktúru dobre čitateľné. V teréne sa dajú jasne identifikovať ich odlučné, transportačné a akumuláčne časti. Na svahoch s intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou sa báza štrkov prejavuje líniovým priebehom zamokrenia, kopírujúcim styk priepustných štrkov a nepriepustného podložia. Na základe morfologických prejavov pozorovaných na svahoch je možné urobiť prognózu ich ďalšieho vývoja a stanoviť náchylnosť územia k svahovým deformáciám.

Hydrogeologické pomery územia zohrávajú z hľadiska vzniku a vývoja svahových deformácií rozhodujúcu úlohu, a to jednak pôsobením vztlakových účinkov ako aj degradáciou fyzikálno-mechanických vlastností zemín v zosuvnom svahu. Infiltrované zrážkové vody prestupujú polohami štrkov a na styku s nepriepustným – plastickým podložíom prestupujú do zosuvného svahu skrytým priesakom, resp. vystupujú na povrch v podobe vrstvomých a sutinovo-vrstvomých prameňov a vedú k vytvoreniu vysokej hladiny podzemnej vody v zosuvnom svahu (obr. 7).





**Obr. 7** Priesaky podzemnej vody a močaristé územie v telese aktívneho zosuvu.

Klimatické činitele sú pre aktivizáciu svahových pohybov významné hlavne z hľadiska množstva atmosférických zrážok a kolísania teplôt. Je všeobecne známe, že k aktivizácii svahových pohybov dochádza hlavne v zrážkovo bohatých obdobiach a v posledných rokoch tiež pri náhlych krátkodobých prívalových dažďoch.

Vzostup teploty v letných mesiacoch zasa spôsobuje objemové zmeny ílovitých zemín, dochádza k ich zmrašťovaniu a vzniku ťahových trhlín s hlbším dosahom, čím zasa na druhej strane v období dažďa dochádza k hlbokému prieniku atmosférických zrážok, nárastu priťaženia svahu a zníženiu šmykovej pevnosti zemín v dôsledku ich prevlhčenia.

Ďalším faktorom je zmena obsahu vody v zosuvnom svahu hlavne v zrážkovo bohatých obdobiach a v čase krátkodobých intenzívnych dažďov, kedy dochádza aj k zvýšeným priesakom podzemnej vody zo štrkových akumulácií. S tým úzko súvisí aj vzostup hladiny podzemnej vody vo svahu a nárast vztlakových síl a zníženie šmykovej pevnosti zemín vo svahu. Z uvedených skutočností je zrejmé, že pôsobenie uvedených faktorov sa viaže na zrážkovo bohaté obdobia, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú stabilitu svahu v rovnakom čase s výrazným synergickým efektom. Popísané faktory vývoja svahových deformácií z hľadiska stability svahu hodnotíme ako rozhodujúce, pričom však pôsobenie ostatných faktorov, akými sú

teplotné zmeny a pôsobenie mrazu, zvetrávanie a zmenu pevnostných charakteristík zemín nevyklúčujeme. Ich pôsobenie vo svahu má dlhodobý, nezvratný charakter.

Samotný vznik a vývoj svahových deformácií je však spojený s pôsobením faktorov, ktoré vyvolávajú štartovací mechanizmus pohybu. V súčasnosti ide hlavne o tieto faktory:

- Degradácia geotechnických parametrov zemín zosuvného delúvia
- Skrytá dotácia podzemných vôd zo štrkových akumulácií prolúviálneho kužeľa
- Kolísanie hladín podzemnej vody
- Necitlivé stavebné zásahy do zosuvného svahu (napr. poškodená komunikácia K-1).

**Z faktorov, ktoré priaznivo vplývajú na celkovú stabilitu územia je treba uviesť:**

- Vybudovanie prítlačovej lavice v päte zosuvného svahu (PL)
- Vybudovanie odvodňovacieho rigolu v päte zosuvného svahu (POR)
- Aspoň čiastočné odvedenie povrchových vôd z eróznej ryhy cez priepust pod komunikáciou K-1
- Aspoň čiastočné odvedenie podzemných vôd vybudovaním kanalizácie v už zastavanej časti územia.

### 4.3 Geotechnické charakteristiky základových zemín

Geotechnické charakteristiky zemín zosuvného delúvia a základových zemín kvartérnych sedimentov v danom území (deluviálne a prolúviálne sedimenty) sú odvodené z výsledkov realizovaných laboratórnych skúšok v rámci riešenia danej úlohy a tiež z archívnych údajov.

Zeminy zosuvného delúvia – súdržné zeminy triedy F6 a F8

Charakteristika	Symbol (rozmer)	Zeminy zosuvného delúvia		
		F6/F8,CL-CI/CH		
		Rozsah	Priemer	Počet
Prirodzená vlhkosť	$w_n(\%)$	16,6-32,6 (16,6-36,8)	26,3 (6,3)	30 (122)
Prirodzená objemová hmotnosť	$\rho_n(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	1,876-1,976 (1,794-2,140)	1,929 (1,960)	7 (65)
Suchá objemová hmotnosť	$\rho_d(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	1,430-1,591 (1,333-1,803)	1,517 (1,550)	7 (65)



Zdanlivá hustota pevných častíc	$\rho_s(\text{g.cm}^{-3})$	2,691-2,804 (2,597-2,809)	2,776 (2,708)	7 (57)
Pórovitosť	n (%)	43-49 (34,0-48,4)	45,4 (41,9)	7 (57)
Stupeň nasýtenia	$S_r$ (%)	85,3-94,0 (87,9-100,0)	90,8 (95,9)	7 (52)
Medza tekutosti	$w_L$ (%)	36,2-74,0 (31,0-76,6)	56,8 (56,1)	30 (122)
Medza plasticity	$w_p$ (%)	20,0-30,4 (15,6-35,0)	25,7 (23,7)	30 (122)
Číslo plasticity	$I_p$	15,0-45,0 (12,2-51,7)	31,1 (32,3)	30 (122)
Číslo konzistencie	$I_C$	0,6-1,3 (0,40-1,23)	1,0 (0,90)	30 (121)
Parametre efektívnej šmykovej pevnosti	$\varphi_{ef}(\text{°})$	13,9-27,2 (14-27)	18,9 (18,9)	7 (18)
	$c_{ef}(\text{kPa})$	0,2-31,8 (2,0-25,0)	17,3 (12,0)	7 (18)
Parametre totálnej šmykovej pevnosti	$\varphi_u(\text{°})$	(2,5-12,0)	(5,4)	(12)
	$c_u(\text{kPa})$	(25,0-125,0)	(65,0)	(12)
Parametre reziduál. šmykovej pevnosti	$\varphi_{rez}(\text{°})$	9,2-15,0 (7,5-15,0)	11,9 (5,4)	3 (16)
	$c_{rez}(\text{kPa})$	0,3-0,6 (0,0-3,0)	0,4 (0,15)	3 (16)
Modul pretvárnosti	$E_{def}(\text{MPa})$ (0,05-0,10)	(2,4-6,6)	(3,6)	(4)
	$E_{def}(\text{MPa})$ (0,10-0,20)	(1,5-7,7)	(3,9)	(9)
	$E_{def}(\text{MPa})$ (0,20-0,40)	(2,7-18,2)	(5,4)	(10)
Poissonove číslo	$\nu$	0,40-0,42		
Zatriedenie podľa STN	STN 73 1001	CL-CI, CH-CV		
		F6,F8		
	STN 73 3050	2.-3. trieda		

Pozn. – hodnoty uvedené v zátvorke sú štatistické hodnoty z archívnych vrtov

**Tab. 6** Geotechnické charakteristiky kvartérnych zemín – súdržné zeminy zosuvného delúvia.

#### Deluviálne sedimenty – súdržné zeminy triedy F6 a F8

Geotechnické charakteristiky	CL-CI/CH, F6/F8
Objemová tiaž $\gamma$ ( $\text{kN.m}^{-3}$ )	20,1
Poissonovo číslo $\nu$	0,40-0,42
Modul deformácie $E_{def}$ ( MPa )	4,9-5,7
Efektívny uhol vnútorného trenia $\varphi_{ef}$ ( ° )	18,0
Efektívna súdržnosť $c_{ef}$ ( kPa )	5,0
Totálny uhol vnútorného trenia $\varphi_u$ ( ° )	3,8
Totálna súdržnosť $c_u$ ( kPa )	30

**Tab. 7** Geotechnické charakteristiky súdržných zemín deluviálnych sedimentov.

## Proluviálne sedimenty – nesúdržné zeminy triedy G3

Geotechnické charakteristiky	G3,G-F
Objemová hmotnosť $\gamma$ ( $\text{kN.m}^{-3}$ )	21,0
Poissonovo číslo $\nu$	0,25
Modul deformácie $E_{\text{def}}$ ( MPa )	50
Efektívny uhol vnútorného trenia $\varphi_{\text{ef}}$ ( ° )	34
Efektívna súdržnosť $c_{\text{ef}}$ ( kPa )	0

**Tab. 8** Geotechnické charakteristiky proluviálnych, nesúdržných sedimentov.

## Neogénne sedimenty – súdržné zeminy zóny zvetrávania, zeminy triedy F8

Geotechnické charakteristiky	CH,F8
Objemová hmotnosť $\gamma$ ( $\text{kN.m}^{-3}$ )	20,35
Poissonovo číslo $\nu$	0,42
Modul deformácie $E_{\text{def}}$ ( MPa )	8,55
Efektívny uhol vnútorného trenia $\varphi_{\text{ef}}$ ( ° )	20
Efektívna súdržnosť $c_{\text{ef}}$ ( kPa )	15
Totálny uhol vnútorného trenia $\varphi_u$ ( ° )	7,25
Totálna súdržnosť $c_u$ ( kPa )	80

**Tab. 9** Geotechnické charakteristiky proluviálnych, nesúdržných sedimentov.

#### 4.4 Stabilitné výpočty

Stabilitné výpočty sa realizovali pomocou výpočtového programu GEO 5 na rotačných šmykových plochách, na štyroch zostavených profiloch v línii realizovaných prieskumných vrtov metódou podľa Sarmu. Pri výpočte stability sa použili parametre reziduálnej šmykovej pevnosti súdržných zemín zosuvného delúvia, podľa výsledkov laboratórnych skúšok (hodnota reziduálnej šmykovej pevnosti použitá vo výpočtoch IGP z roku 1988 je  $\varphi_{\text{rez}} = 10^\circ$ ) a podložných zemín zóny zvetrávania neogénneho podložia.

Výpočet sa vykonal na dvoch zostavených profiloch – 1-1' až 4-4', profily sú vedené po spádnici zosuvného svahu.

Pri výpočte sme uvažovali s hodnotami reziduálnej šmykovej pevnosti súdržných zemín zosuvného delúvia a efektívnych parametrov zemín podložných neogénnych sedimentov. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vstupné charakteristiky kvartérnych zemín a zemín zóny zvetrávania, ktoré boli použité pri stabilnom výpočte.



Trieda zeminy	Trieda zeminy STN 73 1001	Objemová tiaž $\gamma$ (kN.m <sup>-3</sup> )	Objemová tiaž saturovaná $\gamma_{\text{sat}}$ (kN.m <sup>-3</sup> )	Uhol vnútorného trenia $\phi$ (°)	Súdržnosť $c$ (kPa)
Antr. navážky – stavebná suť	Y	22,50	22,50	40	5,0
Zosuvné delúvium	CI/CH,F6/F8	19,60	20,10	10,4	0,0
Prol. sedimenty	G-F,G3	19,50	19,50	32	3,0
Fluv. sed.	CI,F6	20,00	20,40	22	15,0
Neogénne sedimenty	CH,F8	19,50	19,90	20	5,0

**Tab. 10** Regionálne hodnoty šmykových parametrov kvartérnych zemín a zemín zóny zvetrávania.

### Výpočtový profil 1-1'

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vypočítané hodnoty stupňa stability na overenej šmykovej ploche na profile 1-1', pri výške hladiny podzemnej vody počas prieskumu a pri modelovaní maximálnej hladiny po extrémnych zrážkach a po znížení hladiny podzemnej vody sanačnými opatreniami (stabilizačno – odvodňovacie rebrá).

Šmyková plocha	Stupeň stability $F_s$		
	HPV súčas.*	HPV max.**	HPV zníž.***
1-2	1,46	1,11	1,59

Pozn.: \* - HPV súčas., \*\* - maximálna predpokladaná HPV, \*\*\* - znížená HPV sanačnými opatreniami

**Tab. 11** Vypočítané hodnoty stupňa stability na overenej šmykovej ploche 1-2 v profile 1-1'.

Ako je vidieť z tabuľky, predmetný svah je aj pri súčasných podmienkach podmiennečne stabilný  $F_s = 1,46$  (pri uvažovaní s požadovaným minimálnym stupňom stability  $F_s > 1,30$  je svah stabilný). Pri modelovaní maximálnej hladiny podzemnej vody vo svahu dochádza k zníženiu stupňa stability na hodnotu  $F_s = 1,11$ .

Navrhované sanačné opatrenia na zníženie hladiny podzemnej vody vo svahu – navrhované drenážno – stabilizačné rebrá majú za následok mierne zvýšenie stupňa stability oproti súčasnému stavu na  $F_s = 1,59$

### Výpočtový profil 2-2'

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vypočítané hodnoty stupňa stability na overenej šmykovej ploche na profile 2-2', pri výške hladiny podzemnej vody počas prieskumu, pri

modelovaní maximálnej hladiny po extrémnych zrážkach a znížení hladiny podzemnej vody sanačnými opatreniami.

Šmyková plocha	Stupeň stability $F_s$		
	HPV súčas.*	HPV max.**	HPV zníž.***
1-2	2,48	2,13	2,62

Pozn.: \* - HPV súčas., \*\* - maximálna predpokladaná HPV, \*\*\* - znížená HPV sanačnými opatreniami

**Tab. 12** Vypočítané hodnoty stupňa stability na modelovanej šmykovej ploche v profile 2-2´.

Ako je vidieť z tabuľky, predmetný svah je aj pri súčasných podmienkach stabilný  $F_s = 2,48$  (prejavuje sa stabilizačný účinok priťažovacej lavice v päte zosuvného svahu). Pri modelovaní maximálnej hladiny podzemnej vody vo svahu dochádza k zníženiu stupňa stability na hodnotu  $F_s = 2,13$ .

### Výpočtový profil 3-3´

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vypočítané hodnoty stupňa stability na overených šmykových plochách na profile 3-3´, pri výške hladiny podzemnej vody počas prieskumu, pri modelovaní maximálnej hladiny po extrémnych zrážkach a znížení hladiny podzemnej vody sanačnými opatreniami.

Šmyková plocha	Stupeň stability $F_s$		
	HPV súčas.*	HPV max.**	HPV zníž.***
1-2	1,07	0,94	1,61
3-4	1,33	1,14	1,84

Pozn.: \* - HPV súčas., \*\* - maximálna predpokladaná HPV, \*\*\* - znížená HPV sanačnými opatreniami

**Tab. 13** Vypočítané hodnoty stupňa stability na modelovanej šmykovej ploche v profile 3-3´.

Ako je vidieť z tabuľky, predmetný svah je pri súčasných podmienkach na hranici stability  $F_s = 1,07$  (priebeh šmykovej plochy v hĺbke 2,5-3,0 m p.t.). Pri modelovaní maximálnej hladiny podzemnej vody vo svahu dochádza k zníženiu stupňa stability na hodnotu  $F_s = 0,94$  a svah je nestabilný.

Navrhované sanačné opatrenia na zníženie hladiny podzemnej vody vo svahu – navrhované drenážno – stabilizačné rebrá majú za následok zvýšenie stupňa stability na hodnotu  $F_s = 1,61$ .

### Výpočtový profil 4-4'

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vypočítané hodnoty stupňa stability na overených šmykových plochách na profile 4-4', pri výške hladiny podzemnej vody počas prieskumu, pri modelovaní maximálnej hladiny po extrémnych zrážkach a znížení hladiny podzemnej vody sanačnými opatreniami.

Šmyková plocha	Stupeň stability $F_s$		
	HPV súčas.*	HPV max.**	HPV zníž.***
1-2	1,33	1,12	1,43
3-4	0,98	0,87	1,31

Pozn.: \* - HPV súčas., \*\* - maximálna predpokladaná HPV, \*\*\* - znížená HPV sanačnými opatreniami

**Tab. 14** Vypočítané hodnoty stupňa stability na modelovanej šmykovej ploche v profile 4-4'.

Ako je vidieť z tabuľky, predmetný svah je aj pri súčasných podmienkach na šmykovej ploche v hĺbke cca 6,0 m p.t. nestabilný  $F_s = 0,98$ . Pri modelovaní maximálnej hladiny podzemnej vody vo svahu dochádza k zníženiu stupňa stability na hodnotu  $F_s = 0,87$ .

Navrhované sanačné opatrenia na zníženie hladiny podzemnej vody vo svahu – navrhované drenážno – stabilizačné rebrá majú za následok zvýšenie stupňa stability na  $F_s = 1,31$  (pri uvažovaní s požadovaným minimálnym stupňom stability  $F_s > 1,30$  bude svah stabilný).

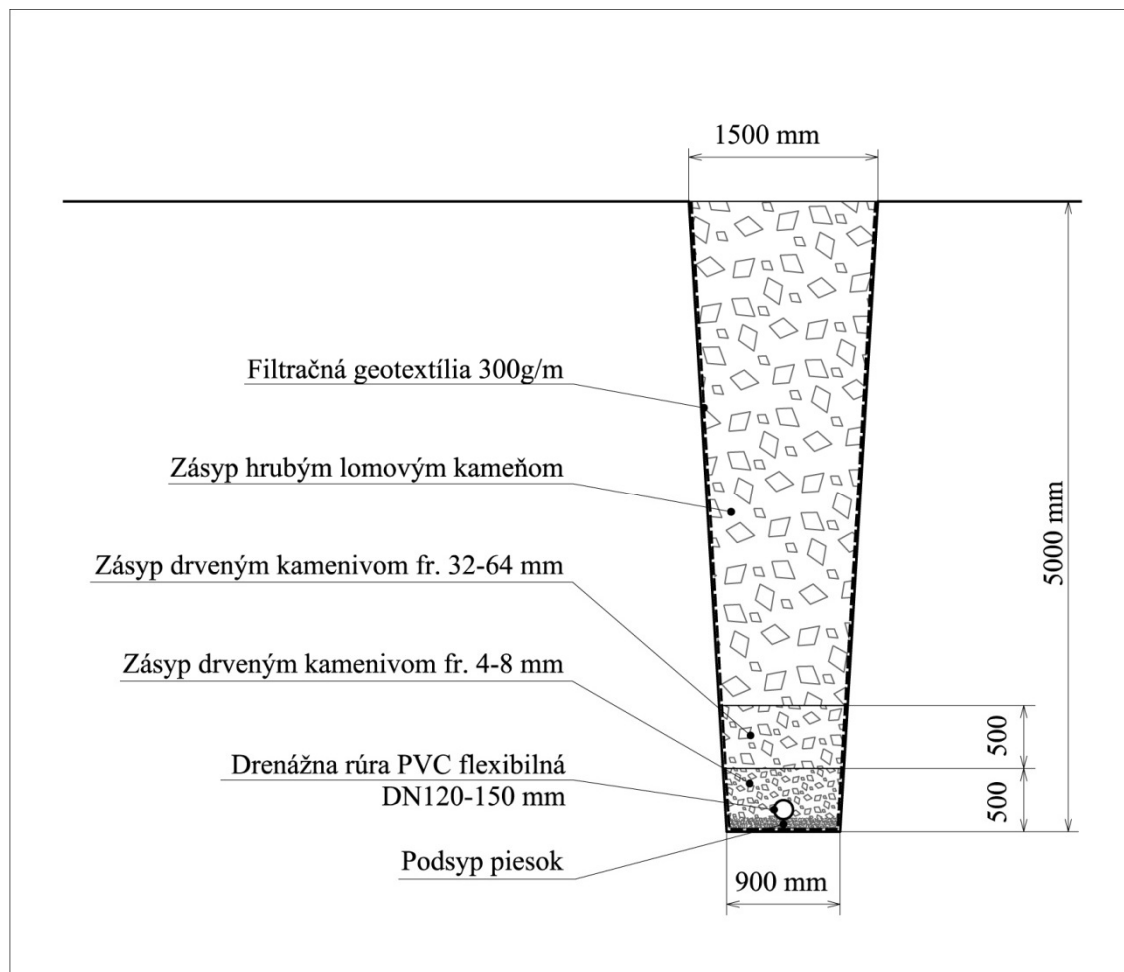
#### 4.5 Ideový návrh sanačných opatrení a zonácia územia

Ideový návrh sanačných opatrení vychádza z overených inžinierskogeologických, hydrogeologických a stabilitných pomerov svahu nad sídliskom Sekčov, porušeného plošnými aktívnymi a potenciálnymi zosuvmi.

Ako už bolo v predchádzajúcich kapitolách uvedené, rozhodujúcim a najvýznamnejším faktorom spôsobujúci nestabilitu územia sú priesaky podzemnej vody z polohy hrubozrnných, proluviaálnych andezitových štrkových akumulácií, ktoré vystupujú v hornej a vrcholovej časti kotlinovej pahorkatiny.

V rámci ideového riešenia odvodnenia navrhujeme realizáciu hlbokých stabilizačno – odvodňovacích rebier (SOR) do hĺbky 4,5 – 5,0 m p. t. a v päte svahu ich zaústenie do existujúceho povrchového odvodňovacieho rigolu (POR), vykreslené v prílohe č.4.

Spolu v predmetnom území navrhujeme zrealizovať 5 hlbokých stabilizačno – odvodňovacích rebier s označením SOR-1 až SOR-5. Schematický profil navrhovaného rebra je vykreslený na nasledujúcom obr. 8.



**Obr. 8** Schematický rez stabilizačno – odvodňovacím rebrom.

**Stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-1** je navrhnuté v terénnej depresii – plytkej eróznej ryhe na južnom okraji vymedzenej plochy potenciálne stabilného územia P1. Rebri v dĺžke cca 220 m bude zaústené do otvoreného POR. Vzhľadom na spádové pomery pri zaústení, bude rebro v spodnej časti svahu plytké (cca 2,0 – 2,5 m), smerom do svahu by malo dosiahnuť hĺbku 4,5 – 5,0 m p. t. SOR 1 odporúčame realizovať v I. etape sanačných prác zosuvného svahu, s následnou výstavbou miestnej infraštruktúry a výstavby RD na vymedzenej ploche P1.

**Stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-2** je navrhnuté zhruba v centrálnej časti zosuvného svahu a svojou dĺžkou cca 360 m zasahuje až do telesa aktívneho zosuvu v hornej časti svahu (vymedzená plocha nestabilného územia N1). Rebrop je vedené v terénnej depresii, v súčasnosti s menším povrchovým potôčikom v osi depresie. Pretekajúce povrchové vody sú pod komunikáciou prevedené priepustom a zaústené do POR v päte svahu. Rebrop odporúčame v celej dĺžke realizovať do hĺbky 4,5 – 5,0 m p. t., v úseku komunikácie K1 riešiť prevedenie drénovaných podzemných vôd pretláčaním a zaústením rebra do otvoreného POR. SOR 2 odporúčame realizovať v druhej etape sanačných prác, stavebné práce v danom území začať cca 24 mesiacov po realizácii SOR-2.

**Stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-3** je navrhnuté po spádnici svahu zhruba v centrálnej časti vymedzenej plochy P2, ktorú na základe stabilitných výpočtov charakterizujeme ako potenciálne nestabilnú, v nedávnej minulosti postihnutú aktívnym zosúvaním (IGP z roku 1988). Rebrop v dĺžke cca 220 m odporúčame v celej dĺžke realizovať do hĺbky 4,5 – 5,0 m p. t., v úseku komunikácie K1 riešiť prevedenie drénovaných podzemných vôd pretláčaním a zaústením rebra do otvoreného POR. SOR-3 odporúčame realizovať v druhej etape sanačných prác, stavebné práce v danom území začať cca 24 mesiacov po realizácii SOR-2.

**Stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-4** je navrhnuté po spádnici svahu na južnom okraji vymedzenej plochy P2, ktorú na základe stabilitných výpočtov charakterizujeme ako potenciálne nestabilnú, v nedávnej minulosti postihnutú aktívnym zosúvaním (IGP z roku 1988). Rebrop v dĺžke cca 220 m odporúčame v celej dĺžke realizovať do hĺbky 4,5 – 5,0 m p. t., v úseku komunikácie K1 riešiť prevedenie drénovaných podzemných vôd pretláčaním a zaústením rebra do otvoreného POR. SOR-4 odporúčame realizovať v druhej etape sanačných prác, stavebné práce v danom území začať cca 24 mesiacov po realizácii SOR-2.

**Stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-5** je navrhnuté po spádnici svahu menšieho aktívneho zosuvu na severnom okraji vymedzeného záujmového územia. Vzhľadom na plytko založený miestny recipient, stabilizačno – odvodňovacie rebro SOR-5 v dĺžke cca 50 m odporúčame realizovať do hĺbky 3,5 – 4,0 m a zaústiť do recipienta. SOR-5 odporúčame realizovať v prvej etape sanačných prác.

Pred samotnou realizáciou SOR-1 až SOR-4 je potrebné realizovať rekonštrukciu (opravu) poškodených častí povrchového odvodňovacieho rigolu (POR) v päte svahu a tiež jeho dôkladné vyčistenie a odstránenie všetkých náletových drevín a krovín.



Pri navrhovaných SOR-2 až SOR-4 je treba upozorniť na skutočnosť, že v hornej časti budú rebrá križovať vodovodné potrubie DN 500, ktoré prechádza daným územím v smere s.-j.

**Výkopové zeminy** z realizácie stabilizačno – odvodňovacích rebier odporúčame využiť na rekultiváciu územia v päte zosuvného svahu – vymedzené územie priťažovacej lavice (PL). V súčasnosti je povrch PL nerovný s navezeným, netriedeným stavebným odpadom, prevažujú poškodené betónové panely a stavebná sutina. V rámci rekultivácie plochy PL je tiež možné použiť prebytočné zeminy z výkopov z výstavby RD a miestnej infraštruktúry. Po konečnej úprave je územie možné využiť ako oddychovú zónu okrajovej časti sídliska a novovybudovanej zóny IBV.

**Pri plošnej zonácii** hodnoteného územia vychádzame zo zostavenej mapy svahových deformácií, ktoré boli zaradené do skupiny zosúvania po zložených – rotačno-planárnych šmykových plochách a z výpočtov stupňa stability na zostavených priečných profiloch zosuvnými svahmi.

***V rámci plošnej zonácie bolo vyčlenené:***

- Stabilné územie, označené ako S1 a S2
- Podmienečne stabilné územie, označené ako P1 a P2
- Nestabilné územie, označené ako N1 a N2

**Stabilné územie S1** – sa nachádza vo vrcholovej časti kotlinovej pahorkatiny, kde vytvára mierny sz.-jv. chrbát. Na jeho sz. okraji sa už začalo s výstavbou RD. Kvartérne sedimenty boli vo vrcholovej časti overené do hĺbky 1,6 – 3,8 m p. t., zeminy boli zaradené do triedy F3, MS, F6, CI a F8, CH, zeminy sú pevnej konzistencie.

**Stabilné územie S2** – predstavuje vrcholovú časť proluviálnej roviny, resp. svahu na jej z. okraji. Ide o akumulácie hrubozrnných, andezitových štrkov triedy G3, G-F, s pokryvom súdržných zemín triedy F6, CI a F8, CH, pevnej konzistencie.

**Podmienečne stabilné územie P1** – predstavuje územie plošného, potenciálneho zosuvu s prejavmi pomalého – creepového pohybu (naklonené stĺpy 110 kV elektrického vedenia). V sz. časti už prebieha výstavba RD, z j. časti je územie ohraničené plytkou eróznou ryhou (navrhovaná SOR-1) a tiež plošnými, aktívnymi zosuvmi (nestabilné územie N1 a N2). Povrch terénu je suchý, bez priesakov podzemnej vody. Okrem vyššie uvedených creepových pohybov, v území neboli pozorované žiadne prejavy aktivizácie svahových pohybov. Podobne to platí aj pre územie P1 na južnom okraji hodnoteného územia (pod Vrchnou ulicou).

**Podmienečne stabilné územie P2** – je vymedzené v j. časti územia a ide o územie s vyšším rizikom aktivizácie svahového pohybu. V minulosti (r. 1988) v tomto území boli vymapované aktívne, plošné zosuvy. V súčasnosti sú ich prejavy na povrchu terénu čiastočne zakryté, výraznejšie sú lokálne zamokrenia a priesaky podzemnej vody. V rámci navrhovaných sanačných opatrení odporúčame realizáciu troch SOR s ich zaústením do POR. Výstavbu RD bez uvedených sanačných prác v území neodporúčame.

**Nestabilné územie N1** – je vymedzené v jv. časti územia a predstavuje územie nevhodné pre výstavbu RD a miestnej infraštruktúry. Ide o územie s aktívnymi prejavmi zosúvania, priesakmi podzemnej vody na báze proluviálnych štrkov, zamokrené až močaristé územie s typickou vodomilnou vegetáciou. Po realizácii navrhovaných sanačných opatrení (SOR-2 je vedené až do telesa aktívneho zosuvu) a vegetačnej úprave terénu, je možné nestabilné územie N1 využívať ako rekreačno-oddychovú zónu.

**Nestabilné územie N2** – je vymedzené medzi navrhovanými SOR-1 a SOR-2 a predstavuje plošne menší aktívny zosuv v strednej časti svahu nad komunikáciou K-1. Prejavy zosúvania po plytkej šmykovej ploche sú evidentné, povrch zosuvu je zamokrený, výraznejšie priesaky boli pozorované na okrajoch plytkej eróznej ryhy. V súčasnosti v danom území výstavby RD nie je možná, po realizácii SOR je možné dané územie využiť pre zástavbu ľahších RD so zohľadnením morfolologickej konfigurácie terénu.

#### **4.6 Podmienky výstavby RD a miestnej infraštruktúry (mimo územia N1)**

- inžinierske siete (kanalizáciu, vodovod), zakladať pomerne plytko pod terénom do hĺbky 1,5 m a opatriť drenážou pre zníženie následkov prípadných havárií,
- trasy inžinierskych sietí navrhovať po spádnici,
- pod miestnymi komunikáciami (na ich okraji) vybudovať plytšie odvodňovacie drény do hĺbky 2,5 – 3,0 m p. t. s možnosťou odvedenia zrážkových vôd z komunikácie, tie odporúčame zaústiť do navrhovaných SOR, resp. priamo do POR v päte svahu,
- zamedziť akémukoľvek vsakovaniu zrážkových vôd do horninového prostredia, všetky zrážkové vody odvieť zrážkovou kanalizáciou,
- v hornej a strednej časti svahu odporúčame výstavbu prízemných, ľahkých stavebných objektov typu bungalova s minimálnym priťažením svahu,
- v spodnej časti svahov situovať stavebné objekty s vyšším priťažením svahu (napr. radová zástavba po spádnici svahu),

- rodinné domy zakladať na plošných základoch – armovaných základových pásoch, roštoch, resp. na armovanej základovej doske,
- v území je potrebné sa vyvarovať necitlivým zásahom – minimalizovať výkopy, odkopy, zářezy,
- výkopové práce sa budú realizovať v súdržných, vysokoplastických zeminách triedy F8, CH, tuhej a pevnej konzistencie. Pri styku s vodou sú zeminy bobtnavé a rozbreďavé,
- podľa STN 73 6133 (Stavba ciest – Teleso pozemných komunikácií) zeminy triedy F8, CH sú klasifikované ako nevhodné do aktívnej zóny podložia vozovky, ide o zeminy namrzavé a nebezpečne namrzavé, pri vysokej vlhkosti sú nestabilné a veľmi kašovité,
- pre jednotlivé projektované stavebné objekty (celky) je potrebné základové pomery overiť ďalšou etapou inžinierskogeologického prieskumu (IG posudok) s využitím predkladanej záverečnej správy a archívnych údajov.

## 5. ZÁVER

Predkladaná záverečná správa podáva výsledky podrobného inžinierskogeologického prieskumu pre zhodnotenie inžinierskogeologických, hydrogeologických a stabilitných pomerov územia pre navrhovanú IBV v k. ú. Lubotice, s lokalitným názvom „Pod Vodojemom“.

Predkladaná záverečná správa je vypracovaná na základe realizácie poľných technických prác – realizácie inžinierskogeologických a monitorovacích prieskumných vrtoch, laboratórnych prác mechaniky zemín a analytického laboratória podzemných vôd, terénnej rekognoskácie územia a stabilitných výpočtov na zostavených výpočtových rezoch zosuvným svahom. Na dlhodobý monitoring hladín podzemnej vody a svahových pohybov boli na lokalite vybudované dva monitorovacie hydrogeologické vrty HG-1 a HG-2 a štyri inklinometrické vrty INK-1 až INK-4, na ktorých sa vykonalo prvé – nulté meranie. Prvé kontrolné meranie inklinometrických vrtoch sa bude realizovať do 3 mesiacov od ukončenia geologickej úlohy (jún 2017).

V záverečných kapitolách je uvedený ideový návrh sanačných opatrení, urobila sa zónacia územia s vymedzením stabilných, podmiennečne stabilných a nestabilných území a navrhli sa podmienky výstavby RD a miestnej infraštruktúry.

Na základe vyššie uvedeného je možné konštatovať nasledovné:

- Zájmové územie sa nachádza na svahu so z. orientáciou nad sídliskom Sekčov, v súčasnosti je územie nevyužívané, resp. na jeho sz. okraji už prebieha výstavba RD.
- Na geologickej stavbe územia sa podieľajú sedimenty kvartéru a neogénu, zastúpené vo vrcholovej časti reliéfu akumuláciami proluviálnych štrkov, deluviálnymi sedimentmi vo vrcholovej časti pahorkatiny a zeminami zosuvného delúvia.
- Svahy sú porušené svahovými deformáciami skupiny zosúvania, v súčasnosti boli na svahu vymapované plošné, potenciálne a aktívne zosuvy s výraznými morfológickými prejavmi na povrchu (výrazné odlučné hrany, nerovný – stupňovitý a zvlnený povrch terénu, poškodená infraštruktúra v území, vývery a zamokrené (močaristé) miesta.
- Šmykové plochy plošných – potenciálnych a aktívnych zosuvov boli overené v hĺbke 4,4 – 9,4 m p. t., zeminý sú tvorené vo výraznej prevahe súdržnými zeminami triedy F6, CI a F8, CH, tuhej a pevnej konzistencie. Charakteristickým znakom zemín zosuvného delúvia je prítomnosť drobných valúnek andezitov z degradovaných štrkových akumulácií vo vrcholovej časti terénu.
- Hladina podzemnej vody vo vrcholovej časti pahorkatiny do hĺbky 8,0 m p. t. nebola narušená, v zosuvných svahoch bola hladina podzemnej vody v strednej časti svahov overená v hĺbke 4,7 – 6,5 m p. t., v spodnej časti svahoch v hĺbke 0,8 – 1,6 m p. t.
- Analyzovaná vzorka vody z vrtu HG-1 je slabo kyslá s pH = 6,75, stredne tvrdá s celkovou tvrdosťou 4,85 mmol/l. Vzorka vody obsahuje zvýšený obsah CO<sub>2</sub> = 32,88 mg/l, čo ju podľa STN EN 206 zaraďuje do stupňa XA1 – slabo agresívne prostredie na betónové konštrukcie. Analyzovaná vzorka vody z vrtu HG-2 je slabo alkalická s pH = 7,35, stredne tvrdá s celkovou tvrdosťou 5,34 mmol/l. Vzorka vody neobsahuje agresívne zložky pôsobiace korozívne na betónové konštrukcie.
- Územie aktívnych a lokálne aj potenciálnych zosuvov je výrazne zamokrené s priekami a vývermi podzemnej vody hlavne na báze štrkových akumulácií, časté sú zamokrené a močaristé miesta s typickou vodomilnou vegetáciou. V čase topenia snehu a intenzívnych zrážok v terénnych depresiách (erózných ryhách) voda povrchovo steká do odvodňovacieho rigolu v päte svahu.
- Výpočty stupňa stability svahov na overených šmykových plochách preukázali výrazný vplyv výšky hladiny podzemnej vody na ich celkovú stabilitu. Vzhľadom k tejto skutočnosti boli v rámci ideového riešenia odvodnenia svahu navrhnuté stabilizačno – odvodňovacie rebrá (SOR-1 až SOR-5) v počte 5 ks do hĺbky 4,5 – 5,0 m p. t. s ich

zaústením do otvoreného povrchového odvodňovacieho rigolu (POR) v päte svahu, resp. do miestneho recipienta.

- Navrhované sanačné opatrenia odporúčame realizovať v dvoch etapách (ale nie je podmienkou). V prvej etape realizovať SOR-1 a následne postupovať vo výstavbe miestnej infraštruktúry a RD. V druhej etape realizovať SOR-2 až 5, a po určitom časovom období (cca 24 mesiacov) začať s výstavbou miestnej infraštruktúry a RD vo vymedzenej zóne P2.
- V rámci plošnej zonácie územia bolo vyčlenené – stabilné územie (plochy S1 a S2), podmiennečne stabilné územie (plochy P1 a P2) a nestabilné územie (plochy N1a N2).
- Podmienky výstavby RD a miestnej infraštruktúry poukazujú na potrebu dodržiavania základných postupov a činností v danom území, pre celé záujmové územie to platí za podmienky realizácie navrhovaných sanačných opatrení.

Záverom je potrebné poukázať na skutočnosť, že v k. ú. obce Šalgovík v súčasnosti prebieha intenzívna výstavba RD a miestnej infraštruktúry v území, ktoré bolo v rámci IGP v roku 1988 označené ako aktívne a potenciálne zosuvné (ul. Pod Šalgovíkom, Medová, Tichá, Vrchná).

## 6. ZOZNAM LITERATÚRY

1. Jánoš, J., Bačo, J., Šťastný, V., Karol', J., 1988: Prešov – svahové deformácie na okraji sídliska Sekčov, Manuskript, Archív ŠGÚDŠ Bratislava.
2. Lapin, M., Faško, P., Melo, M., Šťastný, P. a Tomlain, 2002: Mapa klimatických oblastí. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica.
3. Kaličiak, M., Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karolí, S., Molnár, J., Petro, Ľ., Spišák, Z., Vozár, J. a Žec, B., 1991: Geologická mapa Slanských vrchov a Košickej kotliny – severná časť, M 1 : 50 000. Vyd. GÚDŠ, Bratislava.
4. Kaličiak, M., Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karolí, S., Molnár, J., Petro, Ľ., Priehodská, Z., Syčev, V., Škvarka, L., Vozár, J., Zlinská, A., a Žec, B., 1991: Vysvetlivky ku geologickej mape Slanských vrchov a Košickej kotliny – severná časť, M 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava, 231 s.
5. Kizáková, M., 1980: Prešov – Sekčov IBV, Stavoprojekt Prešov, Manuskript, Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

6. Malík, P. a Švasta, J., 2002: Mapa hlavných hydrogeologických regiónov. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica.
7. Mapový server Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava.
8. Mazúr, E., Lukniš, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Atlas Slovenskej socialistickej republiky, Slovenská kartografia, Bratislava.
9. Šimeková, J., et al., 2006: Atlas máp stability svahov SR v M = 1 : 50 000, INGEO – ighp, s. r. o., Žilina. Geofond Bratislava, 155 s.

Technické normy:

STN 72 1001	Klasifikácia zemín a skalných hornín
STN 73 1001	Geotechnické konštrukcie, Zakladanie stavieb
STN 73 3050	Zemné práce
STN EN 1998-1/Na/Z2	Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť

Vyhláška č. 51 z 21. januára 2008, ktorou sa vykonáva geologický zákon, čiastka 20, MŽP SR, Bratislava.

Zákon č. 569 z 25. októbra 2007 o geologických prácach (geologický zákon), čiastka 237, MŽP SR, Bratislava.