

Geotechnický průzkum, ul. Skalní, Litvínov

- posouzení stability skalní stěny na pozemku parc. č. 740/1
- technický návrh opatření

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora
p. Martin Jech



objednatel: Město Litvínov, náměstí Míru 11, 436 01 Litvínov

Praha, srpen - září 2019

OBSAH

1. Úvod	.....	str. 1
2. Metodika průzkumných prací	.....	str. 1
3. Situace zájmového území	.....	str. 1
4. Geomorfologické poměry zájmové lokality	.....	str. 2
5. Geotechnické poměry zájmové lokality	.....	str. 2
6. Posouzení stability svahu a provedení pádové simulace	.....	str. 5
7. Návrh technických opatření	.....	str. 9
8. Závěr	.....	str. 10

Příloha č. 1 Posouzení stability svahu (zpráva, řez)

Příloha č. 2 Pádová simulace (matematické modelování – zpráva, řez)

1. Úvod

Na základě objednávky města Litvínov (se sídlem Městský úřad Litvínov, náměstí Míru 11, 436 01 Litvínov) byl v souladu se zadáním zpracován geotechnický průzkum lokality bývalého lomu v prostoru pozemku parc. č. 740/1, k. ú. Chudeřín u Litvínova (majitel Město Litvínov, náměstí Míru 11, Horní Litvínov, 43601 Litvínov), druh pozemku: ostatní plocha. V předkládané závěrečné zprávě jsou shrnuty výsledky terénní prohlídky zájmového území, popis aktuálního stavu svahu, včetně návrhu technických opatření pro jeho zajištění.

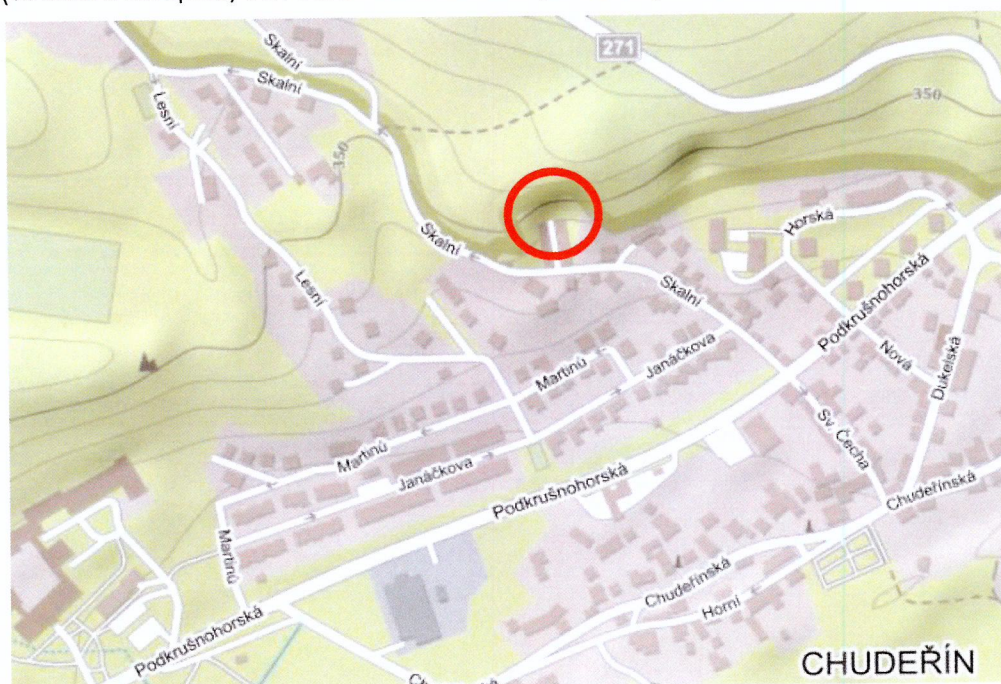
2. Metodika průzkumných prací

Terénní etapě v podobě fyzické prohlídky zájmového území předcházela část v podobě studia dostupných archivních materiálů převážně z databáze ČGS a Geofondu ČR.

Následovala terénní etapa v podobě dvou prohlídek zájmového území. Bylo provedeno běžné IG posouzení prostřednictvím vizuální prohlídky, prohlídky svahu za využití horolezecké technicky. V jejich průběhu proběhlo zaměření kritického příčného řezu lomovou stěnou prostřednictvím laserového dálkoměru Leica Disto D510 potřebného pro provedení pádové simulace tj. matematického modelování (simulace) skalního řízení za účelem zjištění maximální dopadové energie uvolněného skalního bloku, jeho trajektorie, včetně optimalizace umístění dynamické bariéry v terénu a stanovení její výšky a kapacity zachytné energie (Příloha č. 2). Současně byl příčný řez využit pro stabilitní posouzení skalní stěny (bývalé lomové stěny) viz Příloha č. 1.

3. Situace zájmového území

Jedná se o skalní svah na pozemku parc. č. 740/1, k. ú. Chudeřín u Litvínova výšky cca 22m. Svah s jižní expozicí (lomová stěna bývalého lomu) dosahuje sklonu 45° (spodní část svahu) s přechodem do sklonu 65 – 90° (vrchní část). Posuzovaný svah se nachází nad konstrukcemi dvou řad garáží napravo ul. Skalní (ve směru stoupání) v ST části města Litvínov (Chudeřín) – viz Obr. 1.

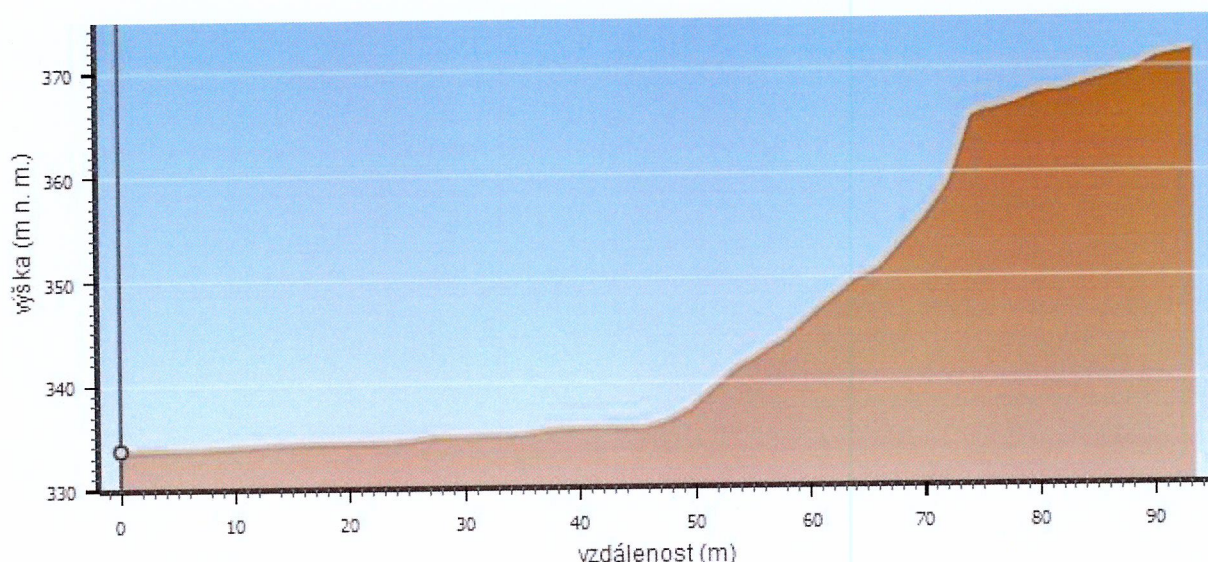


Obr. 1 Výřez mapy s vyznačením zájmové oblasti (červeně)

4. Geomorfologické poměry zájmové lokality

Dle regionálního členění ČR náleží zájmové území do provincie Česká vysočina, subprovincie Krušnohorská subprovincie, oblasti Krušnohorská hornatina, celku Krušné hory, podcelku Loučenská hornatina, okrsku Novoveská hornatina. Novoveská hornatina je charakteristická především velmi prudkým svahem, v němž jsou vyhloubena hluboká údolí. K nejvýraznějším z nich patří Hamerské a Mariánské údolí, kterým vede silnice z Horního Jiřetína do Nové Vsi v Horách. Samotná hřebenová partie je plochá, čímž ostře kontrastuje se sousední Rudolickou hornatinou a Flájskou hornatinou. Nadmořská výška zájmové oblasti činí 333-373 m n.m.

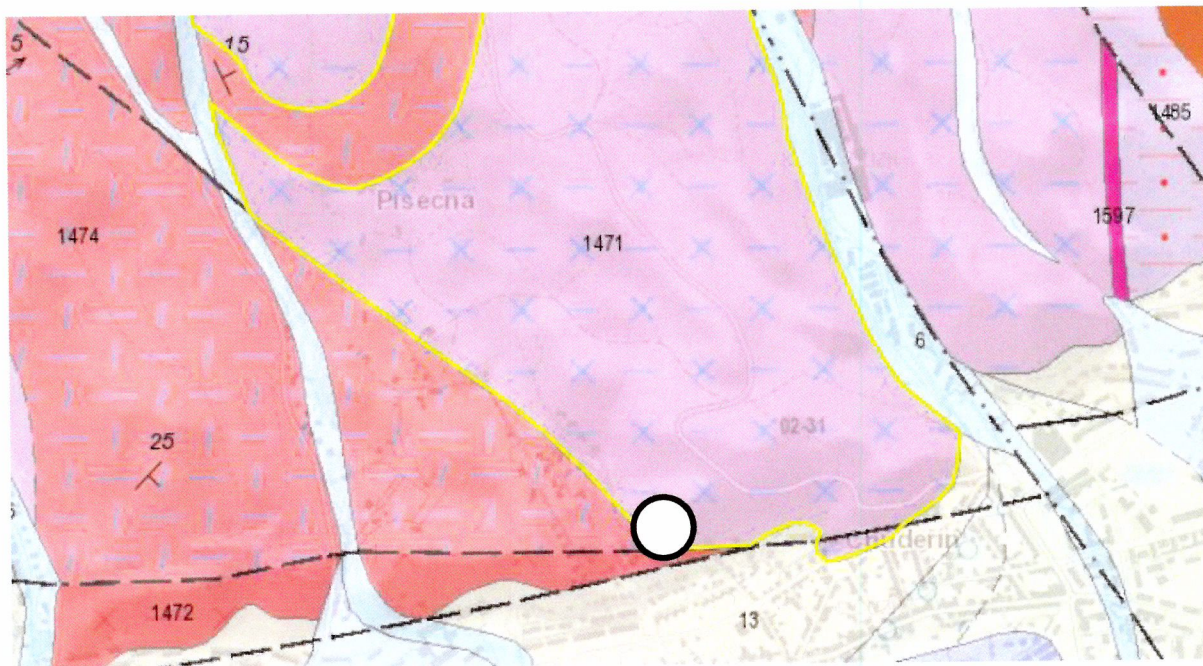
Samotný svah představuje lomovou stěnu bývalého lomu na stavební kámen, uměle vybudovanou, s nerovným povrchem. Průběh stěny v půdorysu je téměř lineární ve směru V-Z. Svah je ve spodní 1/3 budován zahliněnou kamenitou a balvanitou sutí (sklon 45°). Vyšší partie jsou reprezentovány skalní stěnou z metagranitu, která dosahuje proměnlivého sklonu 60 – 90°. Nejsvrchnější část (cca 1-2m) je tvořena kvartérním pokryvem – svahovými (deluviálními) sedimenty charakteru kamenito-hlinitých sutí. Jedná se převážně o terénní stupně s kolmou stěnou a menšími odskoky směrem do svahu. Za horní hranou přechází do prostoru lesa přírodního parku Loučenská hornatina (pozn.: jde o chráněné území v Krušných horách v prostoru Loučenské hornatiny. Park vyhlásil Ústecký kraj v roce 2006 na ochranu lesních porostů, horských luk a rašelinišť).



Obr. 2 Výškový profil mezi ulicí Skalní a horní hranou lomové stěny

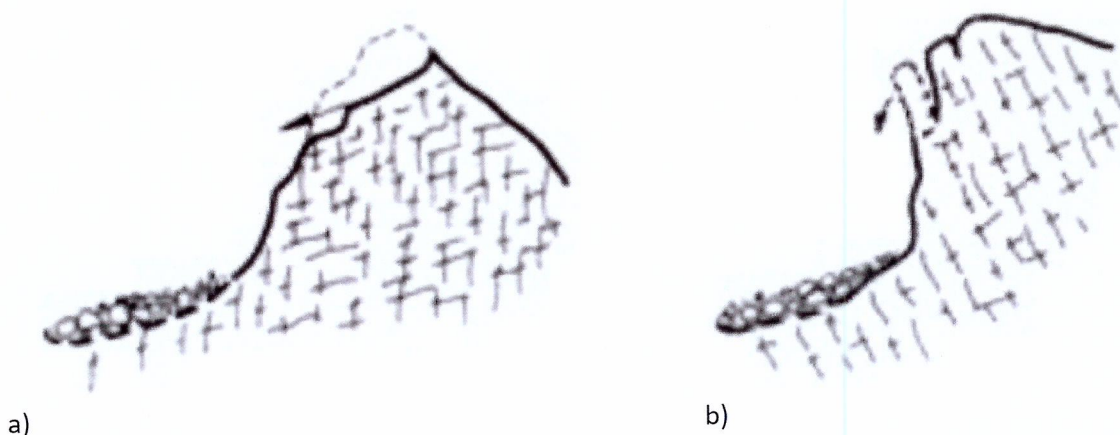
5. Geotechnické poměry zájmové lokality

Skalní podklad zájmového území je budován metamorfovanými horninami krušnohorsko-smrčinského krystalinika paleozoického stáří. Petrograficky se jedná o metagranity až metagranodiroty – masivní, pevné, tvrdé horniny s výrazně blokovitým rozpadem podél čtyř základních ploch diskontinuity (nespojivosti). Pata lomové stěny je v aktuálním stavu tvořena zahliněným kamenným polem (kamenito-balvanitá suť). Skalní podklad obnažený ve stěně bývalého lomu je překryt vrstvou kvartérních uloženin v podobě kamenito-hlinitých sutí až písčitých hlín s mocností do 2.0m.



Obr. 3 Výřez geologické mapy 1:50 000, list 02-31 Litvínov (GEOFOND ČR) s vyznačením pozice zájmového území

Hornina ve stěně je zdravá až navětralá, pouze v připovrchové partii vykazuje značný stupeň rozvolnění s nižším stupněm mechanického zvětrání. V případě metagranitů je patrný výrazný blokovitý rozpad v zaznamenaném objemu bloků do 1m^3 . V důsledku negativního souběhu tří ploch nespojitosti dochází k vytváření nestabilních horninových bloků a klínů, které se podél čtvrté plochy nespojitosti uvolňují ze stěny a dochází tak ke vzniku skalního říční formou vyjíždění (Obr. 4a) nebo překlápění bloků (Obr. 4b).



Obr. 4 Schematické znázornění typu skalního říční, zaznamenaného v lomové stěně (a – vyjíždění, sklouzávání, b – překlápění)



Obr. 5 Vyznačení ploch nespojitosti, podle kterých dochází k rozpadu hornin skalního podkladu na bloky kvádrotitého až lavicovitě deskovitěho habitu



Obr. 6 Charakteristický tvar uvolněných bloků (kvádrotitý až lavicovitě deskovitěho habitus)

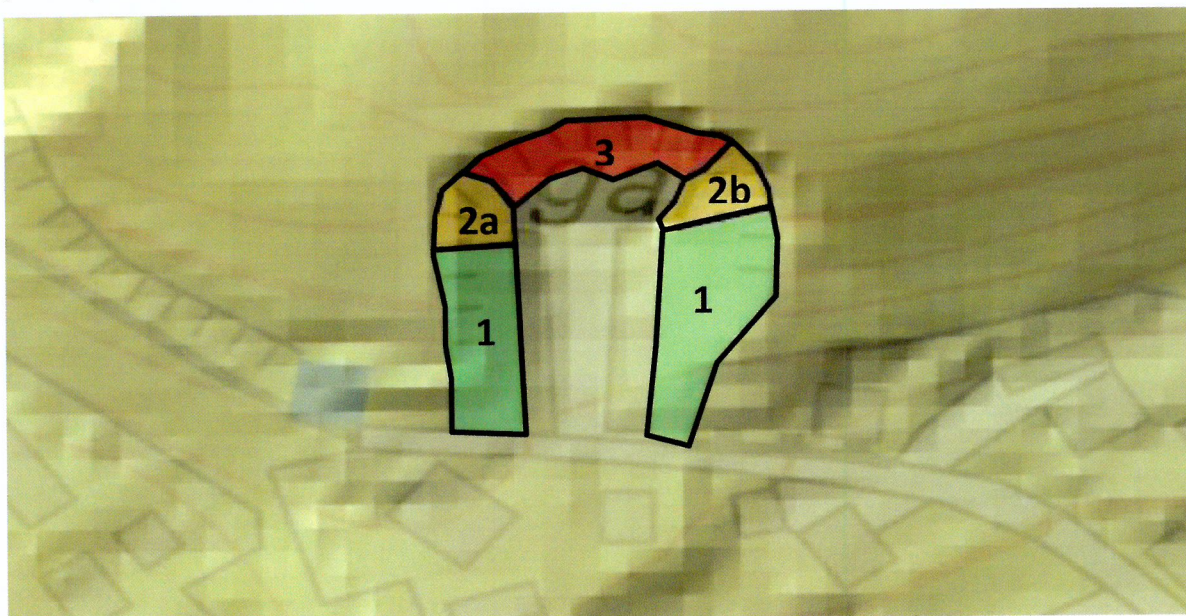
K uvolňování fragmentů nedochází pouze z prostoru výskytu skalního podkladu, ale také z nadložního kvartérního pokryvu. Jedná se o menší fragmenty vel. do 30cm, které se nejčastěji uvolňují z prostoru horní hrany stěny. Spouštěcím mechanismem uvolnění fragmentu horniny je ztráta stability pokryvu tvořeného hlinito-kamenitou sutí (např. v důsledku erozní činnosti vody), rozrušováním kořeny stromů (převážně duby v horní hraně svahu) a působením pákového efektu jejich nakloněného kmene.



Obr. 7 Pohled na kvartérní pokryv (hlinito-kamenitá suť) v nadloží skalního podkladu. Ze snímku je patrné i negativní působení kořenových systémů stromů situovaných na hraně svahu.

6. Posouzení stability svahu a provedení pádové simulace

Areál bývalého lomu má v půdorysu tvar protáhlé podkovy. V rámci terénních prohlídek byla celá oblast rozdělena do tří sektorů s různou mírou rizika vzniku skalního řícení a s různou mírou pravděpodobnosti vzniku tohoto jevu v semaforových barvách (viz Obr. 8).



Obr. 8 Rozdělení zájmového území dle míry rizika a míry pravděpodobnosti vzniku svahových deformací

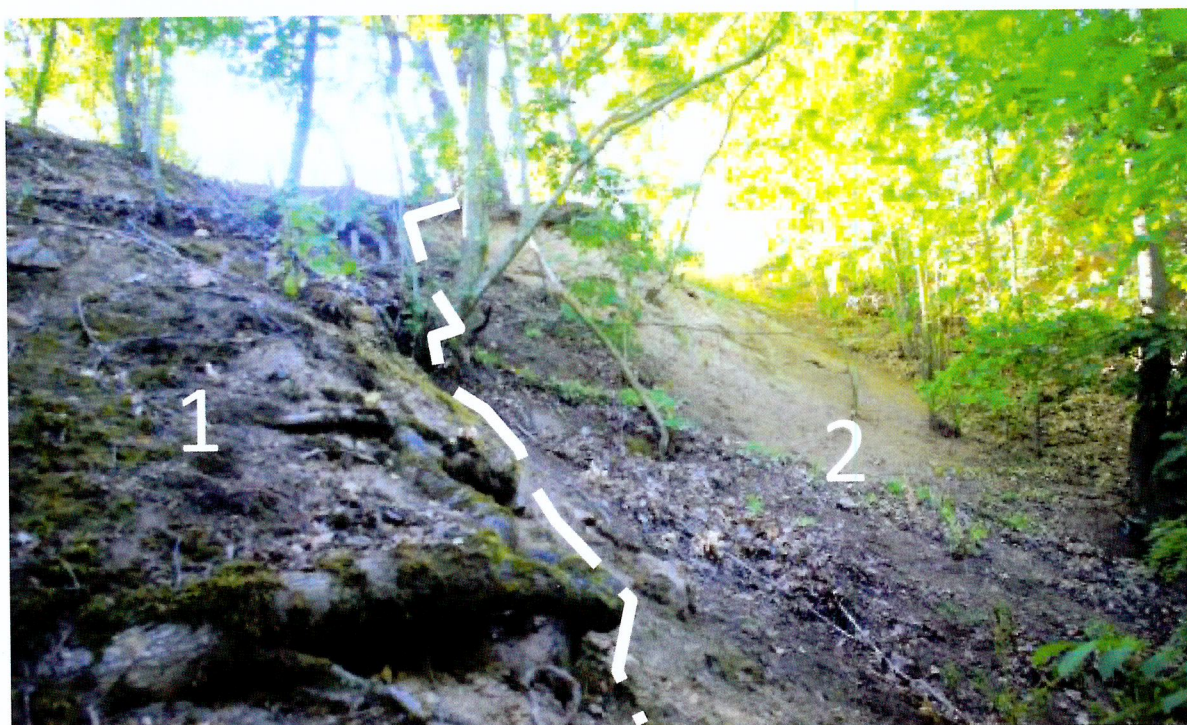
1) svahy, které lze považovat za bezpečné – vyznačují se stabilním povrchem bez projevů svahové deformace (ploužení, sesouvání řícení). Tato skutečnost je potvrzena přítomností stabilního porostu (tráva, křovina, stromy). Jedná se o levou a pravou část prostoru za konstrukcemi garáží.

2) na svazích vymezených zhruba od konce konstrukcí garáží po skalní stěnu bývalého lomu je patrný projev svahových deformací v podobě plošného mělkého sesouvání převážně deluviálních (svahových) sedimentů tj. kvartérního pokryvu o mocnosti do 1.5m. V důsledku výrazně vyššího sklonu svahu (37-46°) a za podpory plošné vodní eroze dochází k sesouvání a splavování zemního materiálu k patě svahu nebo k zadnímu obvodovému zdivu garáží. Na svazích se prakticky nevyskytuje nižší vegetace (tráva, keře). Kmeny stromů jsou výrazně deformované (prohnuté) v důsledku postupného gravitačního sesouvání. Míra pravděpodobnosti vzniku tohoto jevu je vysoká (permanentní), míra rizika je však nízká. Ohrožení zdraví osob pohybujících se ve vnitřním traktu garáží je nízká. Vyšší míra rizika spočívá ve vytváření zemního tlaku na konstrukce garáží. Materiál naplavený a napadaný do prostoru mezi obvodové zdivo a líc svahu není možné odstranit. Tento prostor je zcela nepřístupný mechanizaci a pro ruční práci jsou některé z bloků příliš objemné.



Obr. 9 Postupné naklánění a průhyb kmene stromů, způsobené gravitačním sesouváním podloží směrem k patě svahu

3) nejrizikovější část představuje samotná lomová stěna vytvořená z větší části v prostředí skalního podkladu spolu s nestabilní vrcholovou partií tvořenou hlinito-kamenitými sutěmi (kvartérním pokryvem). Pravděpodobnost uvolnění nestabilních bloků a fragmentů je nižší až střední, míra rizika je také na střední úrovni. Četnost výskytu daného jevu není vysoká. Pod stěnou se nachází vzrostlé stromy, které v mnoha případech utlumily či zastavily pohyb některých uvolněných bloků. Riziko však představuje především objem jednotlivých bloků, které se dle měření na lokalitě pohybuje okolo 1m^3 .



Obr. 9 Pohled na hranici mezi sektorem 1 a 2 (bílá přerušovaná čára)



Obr. 10 Zřícené skalní bloky dokumentované pod skalní stěnou, dosahují objemu až 1m^3

Matematické modelování stability lomové stěny

Pro posouzení celkové stability lomové stěny bylo provedeno zaměření příčného řezu. Matematické modelování proběhlo prostřednictvím softwaru spol. FINE, s.r.o GEO 5 modul Skalní svah. Byla modelována skalní stěna s převislým skalním blokem. Výpočet byl proveden ve smyslu ČSN EN 1997 Navrhování geotechnických konstrukcí, návrhový přístup: 2 - redukce zatížení a odporu. Výsledky modelování (zpráva a řez) tvoří Přílohu č. 3 předkládané zprávy.

Výpočet polygonální smykové plochy

Síla vzdorující $T_{res} = 19,61 \text{ kN/m}$

Síla posouvající $T_{act} = 33,36 \text{ kN/m}$

Využití = 170,14 %

Stabilita skalního svahu NEVYHOVUJE

Rozhoduje stabilita bloku č. 1.

Číslo	Síla na vnitř. smyk. ploše [kN]	Úhel vnitřní síly [°]
1	32,04	70,00

Z výsledku matematického modelování lze vyplývá, že nejrizikovější skalní bloky dokumentované v průběhu terénní prohlídky lze považovat za nestabilní. Bude nutné přistoupit k realizaci technických opatření, jejichž předběžný návrh je zpracován v kap. 7.

Pádová simulace

Provedení pádové simulace tj. matematického modelování (simulace) skalního řízení bylo provedeno pomocí italského softwaru GeoRock 2D za účelem zjištění maximální dopadové energie uvolněného skalního bloku, jeho trajektorie, včetně optimalizace umístění dynamické bariéry v terénu a stanovení její výšky a kapacity záchytné energie. Z výsledků simulace (viz Příloha č. 2) vyplývá, že pro zachycení skalního bloku bude nutné vybudovat dynamickou bariéru (speciální typ záchytné konstrukce) s výškou min. 3.0m a kapacitou záchytné energie min. 1000kJ.



Obr. 11 Znáznornění průběhu příčného řezu, na kterém byla provedena stabilitní analýzy a provedena pádová simulace

8. Závěr

Na základě objednávky města Litvínov (se sídlem Městský úřad Litvínov, náměstí Míru 11, 436 01 Litvínov) byl zpracován geotechnický průzkum zájmového území zastoupeného bývalým lomen v ul. Skalní v Litvínově a posouzením stability jeho stávajících svahů. Na základě studia archivních materiálů, opakovaných terénních prohlídek za využití horolezecké techniky a využití matematického modelování byl navržen soubor technických opatření pro zajištění osob a majetku situovaných a pohybujících se pod předmětnými svahy (viz kap. č. 7).

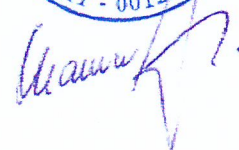
V Praze, dne 16.9.2019

zpracoval: Ing. Alexandr Kačora

Ing. Alexandr Kačora
Pod Nouzovem 970/7
197 00, Praha 9 - Kbely



p. Martin Jech



STABILITNÍ ANALÝZA

Výpočet skalního svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Litvínov
 Část : ul. Skalní
 Popis : stabilita bývalé lomové stěny
 Odběratel : město Litvínov
 Vypracoval : A. Kačora
 Datum : 10.9.2019

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

Součinitele redukce odporu (R)		
Trvalá návrhová situace		
Součinitel redukce odporu na smyk. ploše :	$\gamma_{Rs} =$	1,10 [-]

Terén

Úseky terénu

Číslo	Sklon $\alpha [^\circ]$	Celková délka $l [m]$	Vodorovná délka $l_h [m]$	Výška $l_v [m]$
1	11,77	2,45	2,40	0,50
2	0,00	5,60	5,60	0,00
3	13,24	1,75	1,70	0,40
4	29,05	2,06	1,80	1,00
5	48,24	3,75	2,50	2,80
6	18,43	1,90	1,80	0,60
7	45,00	5,37	3,80	3,80
8	17,10	2,72	2,60	0,80
9	42,27	2,97	2,20	2,00
10	53,13	4,50	2,70	3,60
11	61,19	2,28	1,10	2,00
12	86,63	1,70	0,10	1,70
13	96,01	1,91	-0,20	1,90
14	21,80	1,08	1,00	0,40
15	98,13	0,71	-0,10	0,70
16	59,74	1,39	0,70	1,20
17	83,66	0,91	0,10	0,90
18	14,04	1,24	1,20	0,30
19	19,65	2,97	2,80	1,00
20	0,00	1,00	1,00	0,00
21	22,83	2,06	1,90	0,80

Číslo	Sklon α [°]	Celková délka l [m]	Vodorovná délka l _h [m]	Výška l _v [m]
22	16,50	2,82	2,70	0,80
23	26,57	2,68	2,40	1,20

Smyková plocha

Číslo	Souřadnice		Úhel dělicích rovin ϕ [°]
	x [m]	z [m]	
1	28,20	17,50	-
2	28,70	18,00	-100,00
3	29,10	21,50	-

Parametry

Číslo	Objem tíha γ [kN/m ³]	Soudržnost		Úhel vnitř. tření	
		c* [kPa]	c [kPa]	ϕ^* [°]	ϕ [°]
1	25,00	10,00	5,00	45,00	30,00
2	25,00	7,00		45,00	

Číslo	Síla od vody		Délka smykové plochy	
	F _v [kN/m]	U [kN/m]	l* [m]	l [m]
1	0,05	0,10	0,71	0,48
2			3,52	

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : polygonální smyková plocha

Metoda výpočtu : Goodman

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace pro stabilitní výpočty : trvalá

Výsledky výpočtu (Fáze budování 1)

Výpočet polygonální smykové plochy

Síla vzdorující T_{res} = 19,61 kN/mSíla posouvající T_{act} = 33,36 kN/m

Využití = 170,14 %

Stabilita skalního svahu NEVYHOVUJE

Rozhoduje stabilita bloku č. 1.

Číslo	Síla na vnitř. smyk. ploše [kN]	Úhel vnitřní síly [°]
1	32,04	70,00

Vstupní data (Fáze budování 2)

Zadané kotvy

Číslo	Nová kotva	Počátek		Délka l [m]	Sklon α [°]	Vzdál. mezi b [m]
		x [m]	z [m]			
1	Ano	28,29	19,30	1,00	5,00	2,00

Číslo	Dopnutí	Síla F [kN]
1		30,00

Smyková plocha

Číslo	Souřadnice		Úhel dělicích rovin ϕ [°]
	x [m]	z [m]	
1	28,20	17,50	-
2	28,70	18,00	-100,00
3	29,10	21,50	-

Parametry

Číslo	Objem tíha γ [kN/m ³]	Soudržnost		Úhel vnitř. tření	
		c^* [kPa]	c [kPa]	ϕ^* [°]	ϕ [°]
1	25,00	10,00	5,00	45,00	30,00
2	25,00	7,00		45,00	

Číslo	Síla od vody		Délka smykové plochy	
	F_v [kN/m]	U [kN/m]	l^* [m]	l [m]
1	0,05	0,10	0,71	0,48
2			3,52	

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace pro stabilitní výpočty : trvalá

Výsledky výpočtu (Fáze budování 2)

Výpočet polygonální smykové plochy

Síla vzdorující $T_{res} = 66,93$ kN/mSíla posouvající $T_{act} = 45,28$ kN/m

Využití = 67,66 %

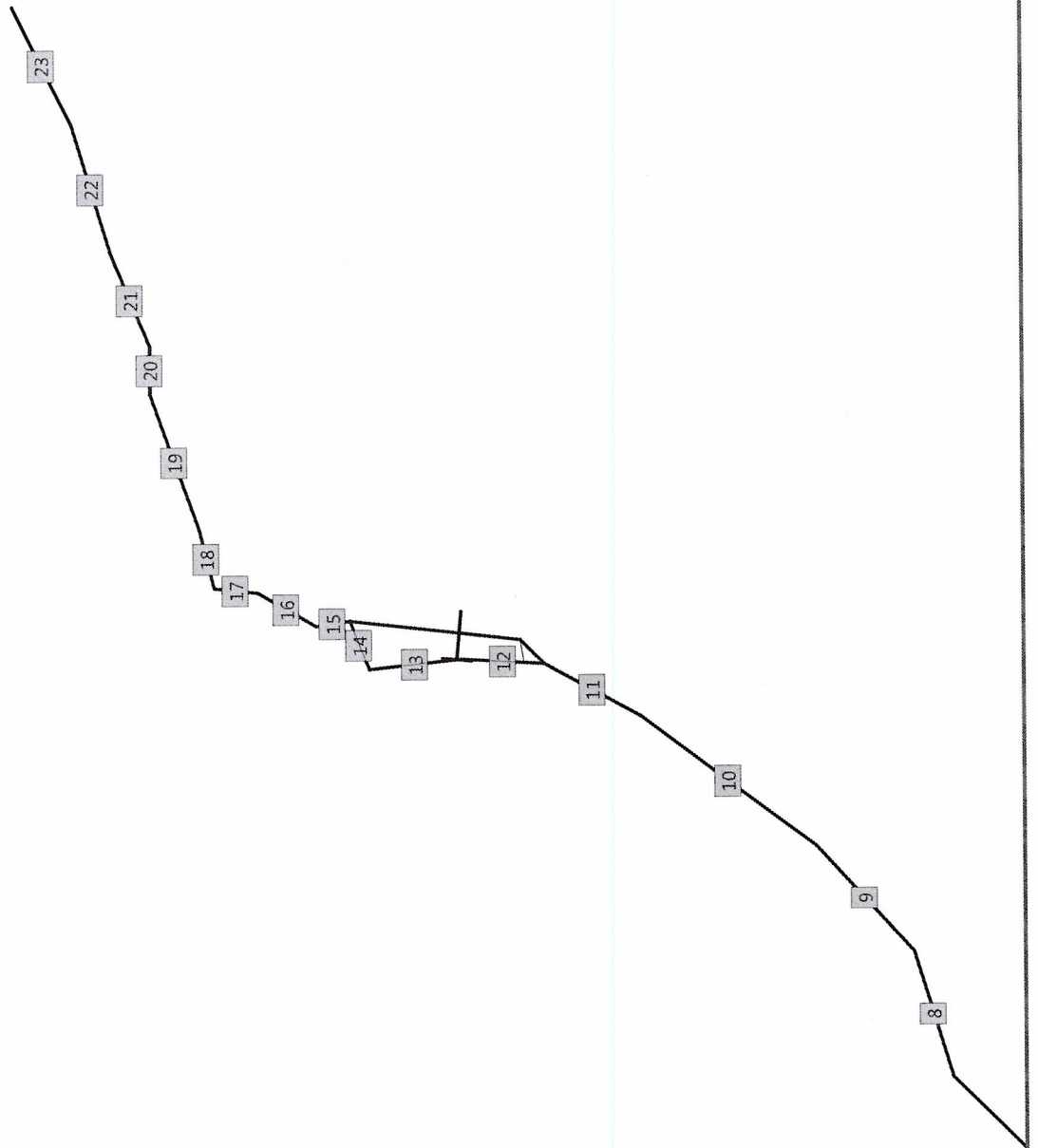
Stabilita skalního svahu VYHOVUJE

Rozhoduje stabilita bloku č. 1.

Číslo	Síla na vnitř. smyk. ploše [kN]	Úhel vnitřní síly [°]
1	77,25	101,16

Název :

Fáze - výpočet : 2 --1



PÁDOVÁ SIMULACE

BOULDER CHARACTERISTICS

Boulder form	Sphere
Density	2700,0 Kg/m ³
Elasticity	98066,0 kPa
Initial velocity in x	3,0 m/s
Initial velocity in y	-3,0 m/s
Terminal limit velocity	0,01 m/s
Diameter	1,5 m

DESIGN VELOCITY OF BLOCKS

Reliability coefficient for trajectory calculation	1
Quality coefficient of slope topography discretization	1
Velocity safety coefficient	1

DESIGN BLOCK MASS

Mass calculation coefficient	1
Survey precision coefficient	1
Survey precision coefficient	1

DESIGN STRESSING ENERGY

Energy amplifying coefficient	1
-------------------------------	---

BARRIERS

Safety coefficient to apply to the energy values MEL or SEL...1

Mass	4771,294 Kg
Weight	4771,294 Kgf
Moment of inertia	1073,541 Kgxm ²

Materials list

N	Description	Coefficient normal restitution Rn	Coefficient of restitution tangential Rt	Roughness (m)	Frequency (m)	Friction angle (°)	
1	Solid rock	0,9	0,8	0			
2	Degraded rock	0,7	0,7	0			
3	Sand	0,4	0,6	0			
4	Rock detritus	0,6	0,6	0			
5	Fine debris	0,32	0,82	0			
6	Debris with vegetation	0,29	0,8	0			
7	Debris with shrubs	0,3	0,7	0			
8	Terrain or grass	0,31	0,79	0			
9	Paved surface	0,4	0,9	0			

SLOPE DATA

N	X (m)	Y (m)	Material
1	-2,01	33,91	Terrain or grass
2	0,59	33,98	Terrain or grass
3	2,63	33,7	Terrain or grass
4	4,2	33,7	Terrain or grass
5	5,91	33,45	Terrain or grass

6	7,4	33,23	Terrain or grass
7	8,7	32,65	Terrain or grass
8	9,84	32,04	Terrain or grass
9	12,51	31,26	Terrain or grass
10	14,46	30,44	Terrain or grass
11	15,51	30,41	Terrain or grass
12	17,19	29,81	Degraded rock
13	18,28	29,42	Degraded rock
14	19,47	29,13	Solid rock
15	19,52	28,2	Solid rock
16	20,21	27,04	Solid rock
17	20,15	26,32	Solid rock
18	21,19	25,89	Solid rock
19	21,0	23,98	Solid rock
20	21,14	22,24	Solid rock
21	21,71	21,28	Solid rock
22	22,25	20,28	Solid rock
23	24,91	18,64	Solid rock
24	27,09	16,68	Debris with vegetation
25	29,66	15,87	Debris with vegetation
26	33,43	12,03	Debris with vegetation
27	35,27	11,42	Debris with vegetation
28	37,81	8,58	Debris with vegetation
29	39,57	7,57	Debris with vegetation
30	41,32	7,21	Debris with vegetation
31	43,7	7,21	Paved surface
32	46,88	7,21	Paved surface
33	49,26	6,74	Paved surface

IMPACT

Throw no. 1 Xp=19,49 m Yp=29,9 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	22,97	19,836	8,983	-0,763	1,159	522,406
2,0	33,411	11,945	8,983	-0,763	1,159	522,406

Throw no. 2 Xp=20,26 m Yp=28,33 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,468	19,529	8,727	-0,564	1,068	463,44
2,0	33,468	11,883	8,727	-0,564	1,068	463,44

Throw no. 3 Xp=20,63 m Yp=27,8 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,756	19,352	8,651	-0,509	1,042	446,983
2,0	33,512	11,832	8,651	-0,509	1,042	446,983

Throw no. 4 Xp=20,91 m Yp=26,42 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,701	19,385	8,311	-0,297	0,93	380,711
2,0	33,417	11,944	8,311	-0,297	0,93	380,711

Throw no. 5 Xp=21,21 m Yp=26,69 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)

1,0	24,133	19,119	8,447	-0,376	0,974	406,032
2,0	33,546	11,796	8,447	-0,376	0,974	406,032

Throw no. 6 Xp=21,87 m Yp=25,11 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	24,437	18,932	8,074	-0,179	0,857	340,515
2,0	33,511	11,842	8,074	-0,179	0,857	340,515

Throw no. 7 Xp=21,77 m Yp=24,11 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,985	19,21	7,661	-0,033	0,739	280,901
2,0	32,815	12,656	8,256	-7,454	1,153	487,614
3,0	33,338	12,008	8,256	-7,454	1,153	487,614

Throw no. 8 Xp=21,81 m Yp=23,25 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,712	19,379	7,249	0,038	0,634	232,676
2,0	30,861	14,647	7,343	-6,845	0,986	382,94
3,0	31,809	13,681	7,437	-7,392	0,129	381,606
4,0	32,088	13,397	7,377	-7,46	0,037	380,461
5,0	32,167	13,316	7,272	-7,391	0,011	371,446
6,0	32,19	13,293	7,155	-7,283	0,003	360,131
7,0	32,196	13,287	7,035	-7,165	0,001	348,392
8,0	32,198	13,285	6,918	-7,046	0,0	336,906
9,0	32,201	13,282	6,803	-6,929	0,0	325,783
10,0	32,203	13,28	6,69	-6,813	0,0	315,031

Throw no. 9 Xp=21,81 m Yp=22,58 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,419	19,559	6,831	0,043	0,537	192,992
2,0	29,275	15,991	7,738	-1,17	0,857	310,334
3,0	33,956	8,491	7,738	-1,17	0,857	310,334

Throw no. 10 Xp=22,32 m Yp=21,72 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1,0	23,656	19,413	6,396	-0,014	0,445	159,569
2,0	28,894	16,111	7,336	-1,059	0,819	280,49
3,0	33,817	11,082	7,336	-1,059	0,819	280,49

Defined types no.1

Descr.	H (cm)	Thickness (cm)	Inclination (°)	E (KJ)
1000	300,0	12,0	65,0	1000,0

Protection works inserted no.1

Descr.	Type	xb (m)	yb (m)	E (KJ)
1000,0	1,0	33,325	12,137	1000,0

Energy on barriers: Trajectory no.1

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,205	15,122	15,122	607,351

Energy on barriers: Trajectory no.2

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,338	14,68	14,68	571,052

Energy on barriers: Trajectory no.3

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,442	14,449	14,449	553,635

Energy on barriers: Trajectory no.4

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,218	14,405	14,405	544,893

Energy on barriers: Trajectory no.5

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,522	14,114	14,114	527,301

Energy on barriers: Trajectory no.6

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,44	13,81	13,81	501,284

Energy on barriers: Trajectory no.7

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	0,031	11,548	11,548	435,765

Energy on barriers: Trajectory no.9

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	1,491	10,505	10,505	320,3

Energy on barriers: Trajectory no.10

Descr.	Xb (m)	Yb (m)	Hp (m)	Vt (m/s)	Vd (m/s)	E (KJ)
1000,0	33,325	12,137	1,163	10,594	10,594	318,81

(HpMax) Maximum height, (Vmax) Maximum velocity, (Emax) Maximum energy of the boulder upon the barrier

Descr.	Xb (m)	Yb(m)	HpMax (m)	Vmax (m/s)	Emax (KJ)
1000,0	33,325	12,137	1,491	15,122	607,351

STATISTIC COMPUTATION S

Maximum velocity	14,676 m/s
Minimum velocity	7,955 m/s
Average velocity	11,167 m/s
Mean standard deviation	1,742 m/s
Maximum pre-impact energy	522,406 KJ
Average pre-impact energy	350,334 KJ
Energy standard deviation	89,049 KJ
Average stop abscissa	33,418 m
Maximum abscissa reached	33,956 m

% Stopped boulders

X (m)	% Stopped boulders
34,49	100
39,49	100
44,49	100

Indice

1. BOULDER CHARACTERISTICS	1
2. Materials list	1
3. SLOPE DATA	1
4. Throw no. 1	2
5. Throw no. 2	2
6. Throw no. 3	2
7. Throw no. 4	2
8. Throw no. 5	3
9. Throw no. 6	3
10. Throw no. 7	3
11. Throw no. 8	3
12. Throw no. 9	3
13. Throw no. 10	3
14. STATISTIC COMPUTATIONS	5
Indice	7

