

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Stabilita stěn skalních zářezů při návrhu nové trasy komunikace v lomu
Markovice
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Kubát**
Osobní číslo: **D16132**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Stabilita stěn skalních zářezů při návrhu nové trasy komunikace v lomu Markovice**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

Bakalářská práce bude vypracována v následujícím rozsah:

Úvod a vymezení cíle práce
Popis současného stavu komunikací v lomu Markovice
Zhodnocení geotechnických parametrů v místě trasy komunikace
Posouzení navržené trasy komunikace
Návrh zemních prací při výstavbě z hlediska rozpojitelnosti a těžitelnosti zemin a hornin
Ekonomické zhodnocení zemních prací
Vzorový příčný řez, podélný řez a situace trasy
Závěr
Seznam použité literatury a citace
Přílohy

Bakalářská práce se zabývá návrhem nové trasy komunikace v lomu Markovice. Z hlediska postupujících těžebních prací je nutnost řešit nové směrové a výškové řešení přístupové komunikace i s posouzením stability stěn skalních zářezů nové trasy. Součástí práce bude posouzení geotechnických parametrů v zájmovém místě a návrh zemních prací ve vztahu k těžitelnosti a rozpojitelnosti zemin a hornin. V závěru bude diskutována otázka ekonomického zhodnocení navržených zemních prací.

Rozsah pracovní zprávy: **10.**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic.
ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací.
ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.
Vyhláška ČBÚ č.26/1989 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu
KAUN M., LEHOVEC F. Pozemní komunikace, ČKAIT, TK 5, Praha 1998.
ČSN EN 1997-1 a 2, Navrhování geotechnických konstrukcí
TP 76 MD ČR, 2009, Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace
Záruba, Q., Mencl, V.: Inženýrská geologie, Academia, Praha 1974
Chámra., Pacovský.: Mechanika hornin a inženýrská geologie, ČVUT, Praha

Vedoucí bakalářské práce: **• Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.**
Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **23. října 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. října 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. 05. 2020

Jan Kubát

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Aleši Šmejdovi, PhD. Za cenné rady v průběhu vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Maxi Kubátovi za poskytnutí potřebných podkladů pro vypracování práce.

ANOTACE

Práce se zabývá návrhem pozemní komunikace v lomu Markovice a posouzením stability nově vzniklého tělesa násypu a stávajícího zářezového skalního svahu. Bude provedeno zhodnocení zemních prací.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stabilita svahu, pozemní komunikace, zemní práce, skalní zářez

TITLE

Rock slopes stability in design of new road in Markovice quarry

ANNOTATION

Thesis describes design of new road in Markovice quarry and stability evaluation of new road embankment as well as rock slope stability of already existing rock. Evaluation of ground works will be done as well.

KEYWORDS

Slope stability, road, ground works, rock slope

OBSAH

Seznam ilustrací, grafů a tabulek	10
Seznam zkratk a značek	14
Úvod.....	18
1 Základní údaje o organizaci	18
2 Podmínky pro budování a provoz dopravních cest v lomech.....	19
3 Popis lokality staveniště.....	21
3.1 Klimatické podmínky	21
3.2 Půdní podmínky	22
3.3 Hydrologie.....	22
3.4 Hydrogeologická a hydrologická charakteristika.....	22
3.4.1 Kvarterní sedimenty	23
3.4.2 Křídové sedimenty	23
3.4.3 Metamorfované horniny kutnohorského krystalinika.....	24
3.5 Předpokládaný režim proudění podzemních vod	24
3.5.1 Kvarterní kolektor	24
3.5.2 Krystalinický kolektor	25
4 Geologická charakteristika ložiska	26
5 Popis etáží lomu a těžby	27
5.1 Odůvodnění otvírky IV. a V. etáže	27
5.2 Způsob těžby	28
6 Laboratorní zkoušky a stanovení parametrů horniny pro stabilitní výpočet	29
6.1 Fyzikální vlastnosti	29
6.2 Pevnostní, smykové a přetvárné vlastnosti	32
7 stanovení vybraných parametrů horniny v laboratoři VVCD.....	39
8 Klasifikace hornin.....	42

8.1	Protodjakonova klasifikace	42
8.2	RQD	45
8.3	RSR	45
8.4	GSI	46
8.5	RMR.....	46
9	Návrh trasy komunikace v lomu Markovice.....	47
9.1	Popis sítě pozemních komunikací v Markovicích	47
9.2	Požadavky na navrženou pozemní komunikaci	51
9.3	Směrové vedení.....	52
9.4	Výškové vedení.....	54
9.5	Určení třídy dopravního zatížení navržené komunikace a návrhové úrovně porušení 54	
9.6	Podloží komunikace – statická zatěžovací zkouška.....	58
9.6.1	Legislativa.....	59
9.6.2	Protizátěž	59
9.6.3	Součásti zařízení	59
9.6.4	Postup zkoušky a vyhodnocení.....	59
9.7	Výsledky statické zatěžovací zkoušky v lomu Markovice	61
9.8	Kryt vozovky.....	62
9.9	Záchytná zařízení	62
10	Výpočet a posouzení stability horninových svahů	64
10.1	Princip výpočtu dle ČSN EN 1997-1	64
10.2	Skalní svahy.....	66
10.2.1	Plochy nespojitosti vycházející ze svahu.....	66
10.2.2	Plochy nespojitosti zapadající do masívu	67
10.3	Stabilita svahu	68
10.3.1	Pettersenova metoda	69

10.4	Výpočet v programu v programu GEO 5	70
10.4.1	Výpočet skalního svahu	71
10.4.2	Výpočet svahu.....	73
10.4.3	Posouzení výsledků skalního svahu.....	75
10.4.4	Posouzení výsledků svahu	76
	Cena výstavby.....	76
10.5	Prováděné zemní práce	76
10.5.1	Zemní práce v zářezu	76
10.5.2	Násyp	78
10.6	Kubatury zemních prací	79
10.6.1	Kubatury z trojúhelníků	79
10.6.2	Kubatura z příčných řezů	79
10.6.3	Hmotnice.....	80
10.7	Vyhodnocení zemních prací	82
10.7.1	Objem zemních prací	82
10.7.2	Stanovení nákladů na zemní práce.....	82
10.8	Celkové náklady na provedení pozemní komunikace	85
11	Fotodokumentace výstavby PK	87
	Závěr	93
	Seznam použité literatury	95
	Seznam příloh	98

SEZNAM ILUSTRACÍ, GRAFŮ A TABULEK

- Obrázek č. 1 – Vymezení kamenolomu
- Obrázek č. 2 – Oblast kutnohorsko – svratecká
- Obrázek č. 3 – Vzhled markovického amfibolitu
- Obrázek č. 4 – Propustoměr s konstantním hydraulickým spádem
- Obrázek č. 5 – Schéma zkoušky v prostém tlaku
- Obrázek č. 6 – Změna napětí v místě náhlé změny průřezu
- Obrázek č. 7 – Vliv excentricity zatížení na průběh napětí
- Obrázek č. 8 – Obálka Mohrových kružnic
- Obrázek č. 9 – Určení sklonu smykových rovin při zkoušce prostým tlakem
- Obrázek č. 10 – Určení poměrných přetvoření tělesa
- Obrázek č. 11 – Pracovní diagram
- Obrázek č. 12 – Schématické znázornění klasifikací hornin
- Obrázek č. 13 – Skládka kameniva v Markovicích
- Obrázek č. 14 – Skládka výrobků kamenické dílny v Markovicích
- Obrázek č. 15 – Rozdělení komunikací v lomu
- Obrázek č. 16 – Komunikace předcházející projektovanému úseku
- Obrázek č. 17 – Prostý kružnicový oblouk
- Obrázek č. 18 – Úsek pro měření TNV
- Obrázek č. 19 – Boční pohled na statickou zatěžovací zkoušku
- Obrázek č. 20 – Pohled zepředu na statickou zatěžovací zkoušku
- Obrázek č. 21 – Postup stanovení návrhových hodnot
- Obrázek č. 22 – Plochy nespojitosti vycházející ze svahu
- Obrázek č. 23 – Průběžné a neprůběžné plochy nespojitosti

Obrázek č. 24 – Skalní masív prostoupený vícero plochami nespojitosti

Obrázek č. 25 – Schéma Pettersenovy metody

Obrázek č. 26 – Pettersenova metoda – výpočet

Obrázek č. 27 – Model skalního svahu

Obrázek č. 28 – Smyková plocha č.1

Obrázek č. 29 – Tlak pneumatiky na podloží

Obrázek č. 30 – Schéma rozměrů damperu

Obrázek č. 31 – Schéma komunikace v zářezu

Obrázek č. 32 – Schéma umístění vrtů 1. odstřelu

Obrázek č. 33 – Schéma umístění vrtů 2. odstřelu

Obrázek č. 34 – Schéma komunikace v násypu

Obrázek č. 35 – Vymezení plochy násypu

Obrázek č. 36 – Idealizované zemní těleso

Obrázek č. 37 – Tvar skutečného zemního tělesa

Obrázek č. 38 – Schéma příčného řezu při návrhu zemních prací

Obrázek č. 39 – Původní komunikace

Obrázek č. 40 – Původní komunikace – detail

Obrázek č. 41 – Rozmístění vrtů v počátku trasy

Obrázek č. 42 – Počátek budování trasy

Obrázek č. 43 – Počátek budování trasy 2

Obrázek č. 44 – Počátek budování trasy 3

Obrázek č. 45 – Budování násypu

Obrázek č. 46 – Budování násypu 2

Obrázek č. 47 – Budování násypu 3

Obrázek č. 48 – Budování násypu 4

Tabulka č. 1 – Třídy pevnosti hornin dle pevnosti v tlaku

Tabulka č. 2 – Poissonovo číslo dle pevnosti horniny v prostém tlaku

Tabulka č. 3 – Vstupní údaje pro vyhodnocení zkoušek

Tabulka č. 4 – Výpočet charakteristické hodnoty zkoušených vlastností

Tabulka č. 5 – Klasifikace dle Protodjakonova

Tabulka č. 6 – Klasifikace hornin dle RQD

Tabulka č. 7 – Klasifikace RMR z roku 1989

Tabulka č. 8 – Třídy dopravního zatížení

Tabulka č. 9 – Směrové vedení trasy

Tabulka č. 10 – Vytyčovací prvky Oblouku 1

Tabulka č. 11 – Vytyčovací prvky Oblouku 2

Tabulka č. 12 – Vozový park lomu Markovice

Tabulka č. 13 – Kategorie vozidel vozového parku v lomu

Tabulka č. 14 – Vstupní údaje pro výpočet TNV

Tabulka č. 15 – Souřadnice skalního svahu

Tabulka č. 16 – Souřadnice násypového svahu

Tabulka č. 17 – Souřadnice zatížení blokem horniny

Tabulka č. 18 – Souřadnice zatížení pneumatikami damperu

Tabulka č. 19 – Hodinové sazby pracovních strojů

Tabulka č. 20 – Náklady na práci vykonanou stroji

Tabulka č. 21 – Náklady na násypový materiál

Tabulka č. 22 – Náklady na materiál krytu vozovky

Tabulka č. 23 – Celkové náklady na provedení zemního tělesa

Tabulka č. 24 – Celkové náklady na zřízení komunikace

Graf č. 1 – Přirozená objemová hmotnost zkušebních těles

Graf č. 2 – Pevnost vzorků v prostém tlaku

Graf č. 3 – Stanovení úhlu odklonu smykové plochy č. 1

Graf č. 4 – Znázornění poměrů jednotlivých položek

Graf č. 5 – Rozdělení investic

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

SYMBOL	VÝZNAM	JEDNOTKA
PHM	Pohonné hmoty	-
CHLÚ	Chráněné ložiskové území	-
HPJ	Hlavní půdní jednotka	-
TP	Technické podmínky	-
TNV	Těžká nákladní vozidla	Voz.
t	Délka velké tečny	m
z_1	Vzepětí kružnicového oblouku	m
L_k	Délka kružnicového oblouku	m
α	Středový úhel	rad
x	x-ová souřadnice kružnicového oblouku	m
y	y-ová souřadnice kružnicového oblouku	m
ŘSD ČR	Ředitelství silnic a dálnic České republiky	-
E_{def2}	Modul deformace ze druhého zatěžovacího cyklu	Mpa
E_{def1}	Modul deformace z prvního zatěžovacího cyklu	Mpa
E_{def2}/E_{def1}	Poměr modulů deformace	
ČSN	Česká státní norma	-
d	Průměr	m
p	Tlak	Mpa
E	Youngův modul	Mpa
f	Průměrné celkové zatlačení desky při zatížení p	mm
Δp	Změna kontaktního napětí pod deskou	Mpa
Δy	Zatlačení desky	mm

ρ	Objemová hmotnost	Kg/m^3
m	Hmotnost	m
V	Objem	m^3
p	Pórovitost	$\%$
e	Číslo pórovitosti	$\%$
V_p	Objem pórů	m^3
V_h	Objem pevné fáze	m^3
ρ_d	Objemová hmotnost vysušené horniny	m^3
k	Součinitel filtrace	m/s
i	Hydraulický spád	-
t	Čas	s
l	Délka vzorku horniny	m
H	Tlačná výška vodního sloupce	m
Q	Průtok	m^3/s
σ_1	Napětí ve směru osy x	Mpa
R_d	Napětí v prostém tlaku	Mpa
R_t	Napětí v prostém tahu	Mpa
k	Koeficient zjištěný experimentálními měřeními	-
σ_{pl}	Plášťové napětí	Mpa
F_{mez}	Síla působící na mezi porušení vzorku	N
θ_0	Vnitřní úhel příslušný $\sigma=0$	$^\circ$
σ_c	Napětí v prostém tlaku	Mpa
σ_2	Napětí ve směru osy y	Mpa
σ_3	Napětí ve směru osy z	Mpa

F	Síla	N
A	Plocha	m ²
w	Vlhkost	%
m _w	Hmotnost vlhkého vzorku	%
m _d	Hmotnost suchého vzorku	%
v	Poissonovo číslo	-
ε _⊥	Poměrná deformace ve směru kolmém na směr zatížení	mm
ε _∥	Poměrná deformace ve směru rovnoběžném se směrem zatížení	mm
Δσ	Změna napětí	Mpa
Δε	Změna poměrné deformace	Mpa
f _p	Součinitel pevnosti	-
φ	Úhel vnitřního tření	°
c	Koheze	kPa
γ _k	Charakteristická hodnota objemové tíhy	kN/m ³
\bar{X}	Průměr	-
n	Počet vzorků	-
x _i	Vzorek s indexem i	-
s ²	Rozptyl	-
s	Směrodatná odchylka	-
t _{1-α(n-1)}	Hodnota studentova rozdělení při dané pravděpodobnosti a daném počtu stupňů volnosti	-
α	Hladina významnosti	-
€	Je prvkem	-
EC7-1	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla	

EC7-2 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy

EQU	Equilibrium	-
STR	Structure	-
GEO	Geotechnical failure	-
UPL	Uplift	-
HYD	Hydraulic failure	-
σ_{max}	Maximální normálové napětí v patě steny	kPa
F ₁	Plochá základny 1	m ²
F ₂	Plocha základny 2	m ²
l	Vzdálenost příčných řezů	m
l _{stř}	Střední rozvozná vzdálenost	m
LMK	Lomový kámen netříděný	-
W	Tíha proužku	kN/m ³
N3	Vozidla, jejichž nejvyšší přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg	Voz.
O3	Přípojná vozidla o nejvyšší přípustné hmotnosti přes 3500 kg, ale nejvýše 10 000 kg	Voz.
O4	Přípojná vozidla o nejvyšší přípustné hmotnosti přes 10 000 kg	Voz.
M1	Vozidla, která mají nejvýše osm míst k přepravě osob (nepočítaje místo řidiče) a víceúčelová vozidla (podmínky pro rozdělení víceúčelových vozidel do kategorií M1 a N1 stanoví vyhláška)	Voz.

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem pozemní komunikace v lomu Markovice v návaznosti na postupující těžební práce a následné posouzení vzniklých skalních zářezových a násypových zemních těles. Nově navrhovaná pozemní komunikace bude využita k činnostem při těžbě a dopravě kamene k dalšímu zpracování vč. všech prací souvisejících. Dopravní cesta slouží pro pohyb vozidel z úrovně počvy II. etáže lomu ve výšce cca 265 m n.m. na úroveň počvy III. etáže lomu ve výšce cca 253 m n.m.

Vznik nové komunikace je podmíněn zachováním stávajících tras v lomu, aby bylo možné stále pokračovat s těžbou a zároveň si připravit přístupovou cestu, která umožní těžbu ze IV. etáže. Tím dojde k jejímu rozšíření po vybudování nové pozemní komunikace. Požadavkem společnosti Silnice Čáslav – Holding, a.s., je odstřelení části skalního masívu v bezpečné vzdálenosti od skalní stěny a vybudování komunikace, která umožní sestoupit o požadovanou hloubku. Část komunikace bude vedena v zářezu a část v násypu, přičemž pro těleso násypu bude využito hornin z odstřelu. Po vybudování pozemní komunikace mohou být stávající dopravní cesty do III. etáže zrušeny a dojde tak k rozšíření těžební oblasti.

Vzhledem k realizaci pozemní komunikace v blízkosti skalní stěny je nutno posoudit bezpečnost vedení komunikace vzhledem ke stabilitě skalní stěny a dále stabilitu tělesa násypu. Cílem je, aby po odstřelení části skalního masívu byly k výstavbě využity pouze interní zdroje lomu, a to jak pro převoz odstřeleného materiálu, tak pro vybudování potřebných zemních těles. Závěrečná kapitola práce je věnována finančnímu posouzení nákladů spojených s realizací nově vytvořené pozemní komunikace.

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ORGANIZACI

Lom Markovice je součástí organizace SILNICE ČÁSLAV – HOLDING, a.s. Organizace se zabývá především podnikáním v oblasti výstavby, rekonstrukcí a oprav dopravních staveb. Zázemím pro uvedené aktivity jsou vlastní obalovny, betonárka, ale i lomy a pískovna.

Provoz lomů i pískovny je z hlediska bezpečnosti a odborného řízení prací dozorován Státní báňskou správou prostřednictvím místně příslušného Obvodního báňského úřadu (OBÚ).

Prvotním dokladem pro provoz lomů a pískovny je „Oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem.“ Tento doklad byl organizaci vydán OBÚ v Kladně dne 12.12.2011 a jedná se o 4. změnu oprávnění z 26.10.1998. Pro vydání „Oprávnění“ musí organizace doložit osobu s odbornou způsobilostí, která bude tyto činnosti řídit a za jejichž kvalitu je zodpovědná – závodní lomu. Uvedená odpovědnost je prvořadá a nepřenositelná. Organizace nesmí ve věcech odborného řízení a řízení bezpečného provádění hornické činnosti (HČ) nebo činnosti prováděné hornickým způsobem (ČPHZ) ustanovit závodnímu nadřízeného zaměstnance nebo mu udávat pokyny (§ 6, odst. 1 zákona č. 44/1998 Sb. - Horní zákon).

Osvědčení závodního, ve kterém jsou vyjmenovány jednotlivé druhy HČ a ČPHZ dle § 2 a 3 zákona č. 61/1998 Sb., které může organizace v rámci „Oprávnění k HČ a ČPHZ“ vykonávat. Pro provádění HČ v konkrétním lomu musí dále organizace získat povolení OBÚ. Při žádosti o povolení musí organizace doložit vyjádření a stanoviska dotčených orgánů, organizací, právnických i fyzických osob, ale především „Plán otvírky, přípravy a dobývání“ (POPD) dle § 10 zákona č. 61/1998 Sb., který musí splňovat náležitosti dané v příloze č. 3 vyhlášky č. 242/1993 Sb.

V současné době jsou dokončeny těžební práce na úroveň báze III. etáže (cca 240 m n.m.) dle POPD z roku 1994, na jehož základě byla „Rozhodnutím“ OBÚ v Kladně pod č.j. 3164/94 ze dne 23.12.1994 povolena těžba a úprava kamene. Současně s těžebními pracemi do úrovně báze III. etáže dle výše uvedeného „Rozhodnutí“ bylo v roce 2016 zahájeno zahlubování lomu o 10 m, tj. otvírka IV. etáže na bázi 230 m n.m. Zahlubování lomu je prováděno na základě „Rozhodnutí“ OBÚ č.j. SBS/07909/2014/OBÚ – 02/3 ze dne 24.4.2014, kterým bylo povoleno provádět HČ podle Doplnku č. 3 POPD – zahloubení stávajícího lomu Markovice.

2 PODMÍNKY PRO BUDOVÁNÍ A PROVOZ DOPRAVNÍCH CEST V LOMECH

Podmínky pro budování a provoz dopravních cest v lomech nejsou stanoveny žádným závazným právním předpisem, který by určoval např. jejich šířku nebo sklon.

Obecné požadavky na dopravní cesty v lomech jsou uvedeny ve vyhlášce Českého báňského úřadu č. 26/1989 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu. Jedná se o:

§ 149 – dopravní cesty

odst. 1) Dopravní cesty jsou cesty v lomu a ostatní místa, která jsou určena pro dopravu osob, strojů nebo hmot. Za vodorovné se považují dopravní cesty s úklonem do 35 mm.m^{-1} . S větším úklonem až do 45^0 včetně jsou dopravní cesty úklonné.

odst. 2) Dopravní cesty musí být udržovány a značeny tak, aby odpovídaly provozním podmínkám a přeprava po nich byla vždy bezpečná.

Jiné podmínky týkající se požadavků na dopravní cesty stanoveny nejsou. Jsou stanoveny pouze podmínky na strojní dopravu hmot, jejíž zavedení schvaluje určený pracovník. Pro strojní dopravu je organizace povinna vydat dopravní řád, který musí dle § 159 vyhlášky č. 26/1989 Sb. určit:

a) dopravní cesty, stroje a zařízení

b) značení dopravních cest (značky před sníženými místy, výhybkami, křižovatkami, nebezpečnými místy apod.) a umístění návěstního zařízení.

c) místa pro nakládání, vykládání a překládání hmot, seřazování, couvání a odstavování vozidel apod.

d) dovozenou zátěž jednotlivých dopravních zařízení

e) dovozenou rychlost přepravy

f) pokyny pro připojování a odpojování vozidel a jejich zajištění proti nežádoucímu pohybu, případně pro nakládání, vykládání a překládání hmot

g) způsob a použití návěstí, jejich význam a způsob dorozumívání obsluh

- h) bezpečnostní a provozní pokyny (pro současnou přepravu, chůzi při současné přepravě, pro přepravu náradí a předmětů, dopravu bez průvodčího apod.)
- i) opatření při přepravě výbušnin
- j) opatření při přepravě břemen nadměrné hmotnosti nebo rozměrů a při nehodách na dopravní cestě
- k) lhůty, způsob a rozsah prohlídek dopravních cest a jejich vybavení
- l) rozsah prohlídek dopravního zařízení před zahájením přepravy

3 POPIS LOKALITY STAVENIŠTĚ

Kamenolom Markovice se nachází v okrese Kutná Hora blízkosti obce Žleby cca 4 km od východního okraje města Čáslav. Pro ložisko je stanoveno CHLÚ Žleby, které je ze severu omezeno kostelem sv. Marka, z jihu pak ochranným pásmem ropovodu. Východní a západní hranice je dána přírodními poměry, kdy dochází k zapadání ložiskového tělesa pod křídové a kvartérní sedimenty. Okolí kamenolomu je tvořeno intenzivně obdělávanou půdou vyjma severu, kde je v okolí kostela sad přecházející postupně v porost stromů a keřů. [1]



Obrázek č. 1 – Vymezení kamenolomu

3.1 Klimatické podmínky

Srážkové poměry oblasti jsou charakterizovány celoročním srážkovým úhrnem 573 mm měřeným na srážkoměrné stanici Čáslav (249 m n. m.). Převážnou složkou vodní bilance je výpar, který v případě terénu, jenž není ovlivněn povrchovým dobýváním činí minimálně 40 %. Průměrná roční teplota vzduchu je na stanici 8,3 °C. V lokalitě převládají větry západního až severozápadního směru. [1]

3.2 Půdní podmínky

Území je klasifikováno jako ostatní plocha, v němž se vyskytují skupiny půdních typů označované jako půdně ekologické jednotky 3.10.00, 3.10.10 a 3.02.10. Hlavními půdními jednotkami jsou HPJ 10 – hnědozemě středně těžké na sprašových hlínách a HPJ 02 – černozemě degradované středně těžké na spraši. Čtvrtá číslice kódu BPEJ popisuje sklonitost a expozici. Pátá číslice pak skeletovitost a hloubku půdy.

Charakteristiky sklonitosti a expozice:

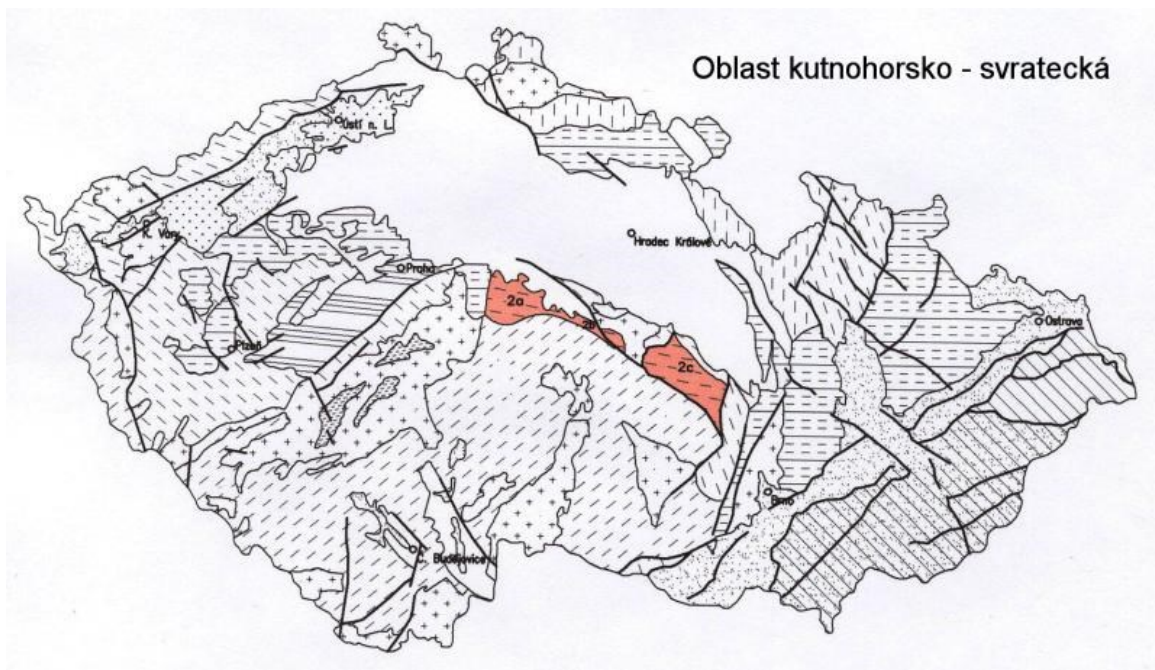
- 0–1 rovina až mírný svah se všesměrnou expozicí
- 0 – bezskeletovité a hluboké půdy [1]

3.3 Hydrologie

Lokalita kamenolomu leží na hydrologické rozvodnici dvou dílčích povodí, a to Koudelovského potoka č. 1-03-05-057, který ústí zleva do Brslenky nad obcí Chotusice a druhým je pak Doubrava č. 1-03-05-045 ústící do Labe. Pro území z toho plyne, že má dvě drenážní báze, přičemž délka toku Doubravy je 89,5 km a jeho povodí je dáno plochou 598,8 km². Průměrný průtok při ústí do Labe u Záhoří nad Labem dosahuje hodnoty 3,12 m³s⁻¹. Výška hladiny vody v lokalitě Ksiny je 223,8 m n.m. Brslenka dosahuje délky toku 30 km a plochy povodí pak 101,1 km². Průměrný průtok činí 0,28 m³s⁻¹ při ústí do Doubravy u Žehušic. [1]

3.4 Hydrogeologická a hydrologická charakteristika

Dle hydrogeologické rajonizace ČR dané vyhláškou č. 5/2011 Sb. území patří do hydrogeologického rajónu 6531 – Kutnohorské krystalinikum. Dlouhodobý specifický odtok podzemní vody z rajónu činí 1–2 ls⁻¹ km⁻². Hydrogeologické poměry lokality charakterizujeme jako jednoduché a z hlediska hydrogeologie jsou vymezeny tři odlišné typy horninového prostředí. V lokalitě se nachází kvartérní sedimenty, křídové sedimenty a metamorfované horniny kutnohorského krystalinika (viz Obrázek č.2). [1]



Obrázek č. 2 – Oblast kutnohorská – svratecká [2]

3.4.1 Kvartérní sedimenty

Mají charakter prachovitých až písčitojílovitých hlín převážně eolitického původu (sprašové hlíny přemístěné svahovými pohyby, popřípadě přeplavené), u nichž se můžeme setkat s příměsí kamenů. Lokálně je na svahu návrší přítomna hlinito-kamenitá suť, která se vyskytuje převážně při zemském povrchu s mocností pouze několika metrů. V oblasti lomu již byly kvartérní sedimenty odtěženy. Z hlediska hydrogeologického se jedná o horniny s proměnlivou průlinovou propustností, která je ovlivněna složením daného sedimentu. Průlinová propustnost se pohybuje v řádech 10^{-3} až 10^{-5} ms^{-1} . Při bázi výše popsaného horizontu je vytvořen nesouvislý kolektor s volnou hladinou podzemní vody. Ta je akumulována v prohlubních podloží, které má svou propustnost o několik řádů menší. Báze tohoto kolektoru víceméně kopíruje povrch okolního terénu. V okolí lomu se nacházejí navážky a deponie, které vzhledem k jejich charakteru, jenž je převážně hlinitý můžeme považovat za součást kvartérního kolektoru. [1]

3.4.2 Křídové sedimenty

Jejich primárním zástupcem jsou písčité slínovce, které z hlediska hydrologie představují izolanty oddělující kvartérní a krystalinický kolektor. Jsou vyvinuty na návrší kostelu sv. Marka a do všech stran od kostelu a od lomu jejich mocnost postupně narůstá až do desítek metrů. Ve stěně I. etáže lomu vytvářejí slínovce souvislý lem, který na všech stěnách mimo severní odděluje kvartérní a krystalinický kolektor. Na bázi slínovců se vyskytuje v určitých místech

nesouvislý horizont příbojových klastik, mající charakter balvanité brekcie s bloky zvětralého amfibolitu. Výplň mezi těmito bloky je tvořena špinavě bílými, zelenošedými, popřípadě hnědě vápnitými glaukonitickými pískovci a slepenci s přechody do organodetritických vápenců. Bazální brekcie dosahuje mocnosti desítek cm až prvních m a její vývoj je nesouvislý. Propustnost je pak silně proměnlivá a vzhledem k její pozici na hlavě metamorfik s nimi tvoří jeden kolektor. [1]

3.4.3 Metamorfované horniny kutnohorského krystalinika

Z hlediska petrografie se jedná o rozličné typy amfibolitů, které v západní části území přecházejí do pararul. Do hloubky prvních metrů vykazuje tato část krystalinických hornin různý stupeň zvětrání. Z hlediska hydrogeologického se jedná o téměř nepropustné prostředí, u něhož je jeho zvodnění vázáno výhradně na pukliny a poruchy, avšak ty bývají obvykle zajiřované a jejich propustnost vodou je tedy velmi nízká. Masív jako celek disponuje velmi nepravidelnou puklinovou propustností, kterou lze zařadit do řádu 10^{-6} ms^{-1} . Propustnost kolektoru je nejvyšší při jeho povrchu, kde lze očekávat místy částečně otevřené pukliny a směrem do hloubky v důsledku geostatického tlaku dochází ke svírání puklin, a tedy i postupnému poklesu kolektorové propustnosti masívu. V prostoru kostela sv. Marka lomu a jeho blízkého okolí má kolektor volnou hladinu podzemní vody. S rostoucí vzdáleností od lomu se kolektor noří pod křídový izolant a přechází tedy v hladinu napjatou. Podzemní voda se v tomto krystalinickém kolektoru jeví jako voda se zvýšenou mineralizací (678-933 mg/l) s převahou hydrogenuhličitanových iontů. [1]

3.5 Předpokládaný režim proudění podzemních vod

3.5.1 Kvartérní kolektor

Původ podzemních vod v dané lokalitě je především srážkového původu. Srážková voda zasahuje do kvartérních hlín, navážek či deponií. Voda se pak hromadí při jejich bázi a stéká ve směru nepropustného křídového podloží směrem k erozní bázi, jež na západě tvoří Koudelovský potok a na východě pak říčka Doubrava. V místech, kde nedošlo k vyvinutí křídových sedimentů, tzn. na návrší pod kostelem sv. Marka, může docházet k částečnému přetékání vody z kvartérního do krystalinického kolektoru. V obdobích, kdy je nižší výpar, tedy na jaře, na podzim a v období tání sněhové pokrývky, dochází k doplňování zdrojů podzemních vod. Ostatní období jsou pak charakteristická jejich úbytkem. Povrchový odtok je pozorovatelný jen tehdy, pokud dochází k tání sněhové pokrývky, popřípadě pokud je zmrzlá půda či přívalový déšť. Vzhledem ke tvaru a konfiguraci terénu a geologické stavbě okolí

je většina spadlé vody v období srážek odvedena mimo lom. Malá část pak může přetékat do podloží krystalinického kolektoru. [1]

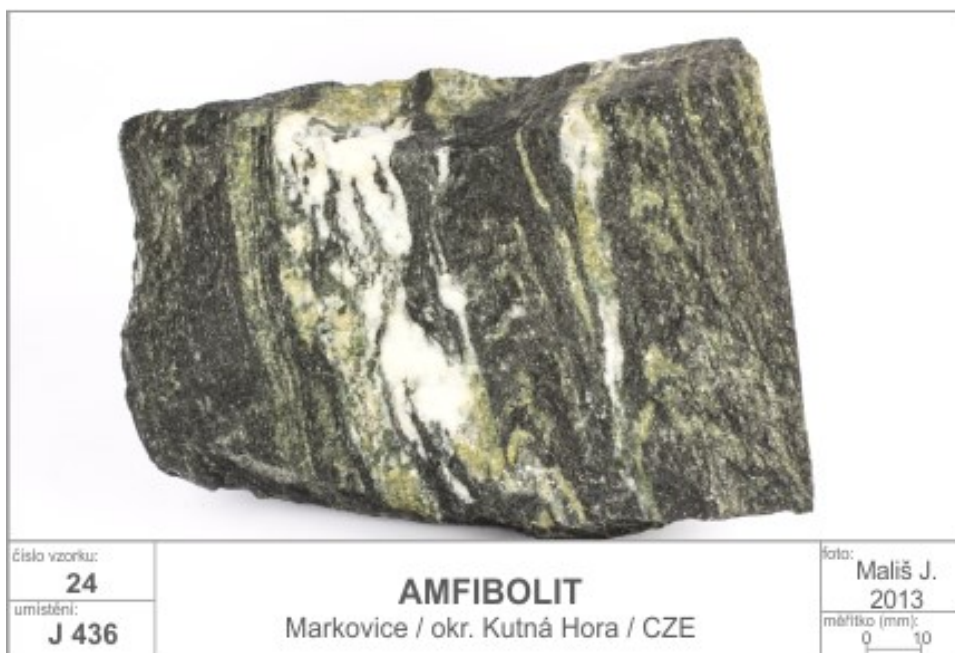
3.5.2 Krystalinický kolektor

Komunikace mezi kvarténním a krystalinickým kolektorem je v okolí lomu velmi omezená, dochází k doplňování podzemních vod v krystalinickém kolektoru mimo okolí lomu. Voda v krystaliniku je charakterizovaná pomalým pohybem po jednotlivých puklinách a poruchách směrem k erozní bázi, která se však nachází poměrně daleko od okolí lomu. Hlavním směrem proudění je dle provedených měření směr od severu k jihu. Kvůli vyhloubení lomu byly proudnice v bezprostředním okolí lomu odkloněny k místu zahloubení. [1]

V důsledku provádění trhacích prací dochází k narušení skalního masívu do vzdálenosti prvních metrů pode dnem etáže a za lomovými stěnami. V důsledku popsaneého jevu pak dochází k otevření puklin, a tedy i následnému zvýšení propustnosti až o několik řádů. Srážková voda spolu s vyvěrající vodou podzemní (důlní voda) přetéká mezi jednotlivými etážemi tímto narušeným horizontem a její přetok zůstává občas skrytý. Tento jev zřejmě vedl k intenzivním přítokům vody na nejnižší etáži, jak je zjištěno z geologické dokumentace. V průběhu roku je nutno počítat s výkyvy v množství přitékající vody, což je ovlivněno teplotou. [1]

4 GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA LOŽISKA

Ložisko Žleby – Markovice je součástí kutnohorského krystalinika. Vlastní ložisko je tvořeno čočkovitým tělesem amfibolitu. Těleso je protaženo ve směru severozápad-jihovýchod a je uloženo v pararulách kutnohorského krystalinika. Ruly se začínají objevovat v západní stěně lomu. Na ložisku se nachází vícero petrograficky odlišných typů hornin. Jedná se o amfibolit s.s., proužkovaný epidot-pyroxenický amfibolit, biotitický amfibolit a pyroxenický amfibolit. Pro těžbu a následné využití je důležité, že všechny petrografické typy mají velmi podobné technologické vlastnosti. Z makroskopického hlediska jde o tmavě šedou, místy zelenavě páskovanou horninu. [1]



Obrázek č. 3 – Vzhled markovického amfibolitu [3]

Hornina je charakterizována lavicovou odlučností. Lavice zapadají pod úhlem 50°-65° (lokálně 30°-80°) k severu a k severovýchodu. Směrem na západ přechází amfibolit postupně do pararuly. Pararula vytváří v amfibolitu nepravidelné poměrně heterogenní vložky. Její vzhled je většinou hnědavě šedý s proměnlivým obsahem biotitu. Hornina je středně zrnitá a má planoparalelní texturu. Celý masív je rozpuťán řadou puklin, nejvýznamnější jsou dva systémy 250°/64° a 140°/60°. Na některých puklinách jsou vyvinuty minerály alpské parageneze, některé pukliny jsou vyhojeny křemenem, karbonátem (kalcit) nebo směsí minerálů alpské parageneze. Na povrchu je amfibolitové těleso nerovné. Jsou na něm jak suky méně zvětralé horniny, tak i hluboké kapsy, jeť jsou vyplněny nadložní křídou. Tento zvrásněný povrch je výsledkem působení křídového moře. Svrchní část amfibolitového tělesa podlehla v minulosti

zvětrávacím procesům. Intenzita přeměny je s hloubkou obecně klesající a přechody zón jsou pozvolné. Těleso amfibolitu se ve všech směrech noří pod sedimenty svrchní křídy. Kvarterní pokryv ložiska je tvořen hnědými sprašovými hlínami s častými úlomky amfibolitu a vápnitými cicváry. Lokálně byla zastížena hlinito-kamenitá suť. Na povrchu je vyvinuta tmavě šedá humusovitá hlína o mocnosti prvních desítek cm.

5 POPIS ETÁŽÍ LOMU A TĚŽBY

Ložisko je dobýváno metodou povrchového lomového dobývání v zahloubeném lomu. Lom je otevřen třemi etážemi:

- I. etáž báze cca 267 m n.m. výška etáže 13–17 m
- II. etáž báze cca 253 m n.m. výška etáže cca 14 m
- III. etáž báze cca 240 m n.m. výška etáže cca 13 m

Dnes je I. etáž již vytěžená a těžba probíhá ve II., ve III. a ve IV. etáži. Do budoucna se plánuje zahloubení lomu a otevření následujících etáží:

- IV. etáž báze 230 m n.m. výška etáže 10 m
- V. etáž báze 220 m n.m. výška etáže 10 m [4]

5.1 Odůvodnění otvírky IV. a V. etáže

Důvodem pro otevření dalších dvou etáží je zajištění co nejefektivnějšího odtěžení stavebního kamene při užití stávajícího strojního a ostatního vybavení, jímž je v současné době disponováno. Odtěžením IV. a V. etáže bude získáno 380 000 m³ stavebního kamene. Za rok je pomocí trhacích prací rozpojeno zhruba 40 000 – 45 000 m³. Z tohoto množství je následně vyrobeno 120 000 až 135 000 t kameniva různých frakcí. Přibližně 80 % je využito v rámci organizace Silnice Čáslav – Holding, a.s., na výrobu asfaltových směsí, betonů a při následné stavební výrobě. Zbylých zhruba 20 % kameniva je prodáno externím odběratelům. Lom se nachází na parcelách č. 796/1, 796/13, 796/8, 796/9 a 796/4. Všechny parcely jsou situovány na území k.ú. Žleby. Způsob využití pozemku je jiná plocha a druhem pozemku je ostatní plocha. Pouze parcela 796/4 má jako uvedený způsob využití ostatní komunikace. Plošný zábor etáží je v současné době těžko odhadnutelný, avšak vzhledem ke skutečnosti, že se obě etáže nacházejí na pozemcích organizace Silnice Čáslav – Holding, a.s. není nutno zpracovat geometrický plán pro zjištění plošného zásahu. Orientační plošný zábor IV. etáže po vytěžení činí 13 850 m² a u V. etáže pak 11 120 m². [5]

5.2 Způsob těžby

Rozdělení těžebních stěn s výškou maximálně 14 m je optimální pro zajištění těžby s ohledem na provádění vrtacích prací, fragmentaci rubaniny a dosahovanou výšku rozvalu po clonových odstřelech, vzhledem k technickým parametrům nakládací techniky a také z hlediska dodržování bezpečnosti při práci. Hlavním způsobem rozpojování horniny ze skalního masívu jsou trhací práce velkého rozsahu, což zahrnuje clonové případně plošné odstřely. Druhotným způsobem rozpojování je pak hydraulické kladivo nebo bourací koule. Tento způsob je využit u nadměrných kusů horniny. Ve výjimečných případech je využito trhacích prací malého rozsahu. Jedná se zejména o případy rozpojování horniny při úpravě a dočišťování stavebních řezů.

U trhacích prací velkého rozsahu jsou nálože umístěny přímo do vrtů. Využívají se především čtyři typy clonových odstřelů.

1. Clonové a plošné odstřely pomocí náloží umístěných v záhlavních vrtech
2. Clonové odstřely pomocí náloží umístěných v záhlavních a patních vrtech
3. Odstřely pomocí náloží umístěných v patních a zvedacích vrtech
4. Odstřely metodou hladkého, řízeného výlomu.

Uvedené typy odstřelů umožní provedení prací jak bezpečně, tak kvalitně při pravidelných i nepravidelných úložných poměrech hornin a také při těžbě v okrajových částech ložiska, vytváření cest, při zahloubení etáží a dalších dílčích činnostech. Na každý clonový odstřel je zpracován technický projekt s vrtným schématem a vrtným deníkem, jež obsahuje záběr, rozteče, hloubku a sklon vrtů. Rozpojená hornina je pak na jednotlivých etážích nakládána pásovým rypadlem na nákladní vozidla a následně odvezena na technologickou linku, která je situovaná v těsné blízkosti jihovýchodní části lomové jámy. Větší kusy hornin jsou pak sekundárně rozpojovány hydraulickým kladivem umístěným na podvozku pásového rypadla. Technologická linka drtí horninu celkem ve třech stupních, a to čelistovým drtičem a dvěma kuželovými drtiči. Jednotlivé frakce jsou pak tříděny na vibračním drtiči. Dopravu kameniva po technologické lince zajišťuje soustava pásových dopravníků. Pomocí těchto dopravníků je i vytríděné kamenivo dopravováno do pěti ocelových zásobníků, z nichž je nákladními vozidly odváženo na skládku lomového kameniva, popřípadě do obalovny živičných směsí. [4]

6 LABORATORNÍ ZKOUŠKY A STANOVENÍ PARAMETRŮ HORNINY PRO STABILITNÍ VÝPOČET

Pro řešení stabilitních úloh je třeba znát fyzikální, přetvárné a smykové vlastnosti horniny či zeminy. Získané údaje následně využijí jako vstupní hodnoty, které budou dosazeny do výpočetních programů využitých v mé práci.

6.1 Fyzikální vlastnosti

Objemová hmotnost patří mezi základní popisné fyzikální vlastnosti, přičemž se jedná o hmotnost všech fází horniny v objemové jednotce. To znamená, že zahrnujeme jak složku tuhou, tak i plynnou a kapalnou. Stanovíme ji na vzorku s jeho přirozenou vlhkostí. [6]

Veličinu získáme tak, že zvážíme vzorek o známém objemu a poté užijeme vztah:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Kde:

ρ – objemová hmotnost

m – hmotnost vzorku

V – objem vzorku

Vlhkost zařazujeme mezi hydrofyzikální vlastnosti. Vyjadřuje poměr hmotnosti vody, kterou lze z horniny odstranit sušením ku hmotnosti vysušené horniny. Sušíme při teplotě 105 a to po dobu 48 hodin. Výpočetní vztah pro určení vlhkosti je $w = \frac{m_w - m_d}{m_d}$. [6]

Kde:

w – vlhkost

m_w – hmotnost vody

m_d – hmotnost sušiny

Pórovitost má přímou souvislost s mechanickými, technickými, případně technologickými vlastnostmi hornin. U některých typů hornin pak může ukazovat i na stupeň navětrání. [7]

Veličinu určujeme nepřímou, tedy z jiných již známých vlastností horniny. Veličina je bezrozměrná a obvykle je udávána v %.[7] Obecným vztahem pro určení pórovitosti je vzorec:

$$p = \frac{V_p}{V}$$

Kde:

p – pórovitost

V_p – objem pórů

V – objem vzorku

Číslo pórovitosti je pak určeno jakožto poměr objemu pórů ku objemu pevné fáze horniny – matematicky vyjádřeno jako:

$$e = \frac{V_p}{V_h} [7]$$

Kde:

e – číslo pórovitosti

V_h - objem pevné fáze horniny

Propustnost horniny vyjadřuje její schopnost propouštět vodu či jiné kapaliny svými póry. Pro proudění, které je laminární se rychlost vyjadřuje Darcyho rovnicí:

$$v = k * i$$

Kde:

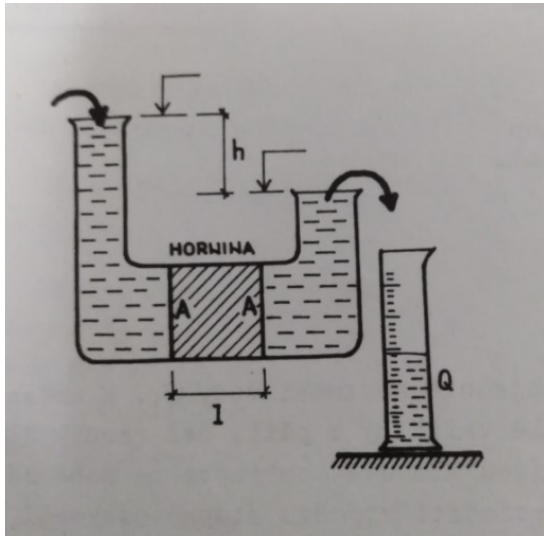
v – filtrační rychlost

k – součinitel filtrace

i – hydraulický spád

Součinitel filtrace popisuje rychlost průtoku vody horninou při laminárním proudění při jednotkovém hydraulickém spádu. Vzhledem k tomu, že součinitel filtrace je u hornin velmi malý, častěji pro rychlost využíváme jednotky cm/hod či cm/den. Hydraulický spád je definován jako poměr tlačné výšky vodního sloupce ku protékané dráze. Přibližně lze vyjádřit skutečnou rychlost proudění k fiktivní jako [7]:

$$\frac{v}{v_s} = p$$



Obrázek č. 4 – Propustoměr s konstantním hydraulickým spádem [7]

Součinitel filtrace určíme z propustoměru s konstantním spádem:

$$k = \frac{Q * l}{A * h * t}$$

Kde:

Q – objem kapaliny

l – délka vzorku

A – plocha vzorku

h - rozdíl hladin na vtoku a výtoku

t - čas

6.2 Pevnostní, smykové a přetvárné vlastnosti

Pevnost v prostém tlaku udává největší sílu, při níž dojde k porušení zkušebního tělesa při jeho namáhání jednoosým tlakem (vztaženým na počáteční průřez tělesa). Jednoosou tlakovou pevnost stanovujeme na pravidelných tělesech, u nichž dbáme na zbroušení zatěžovaných ploch a také na dostředné zatížení zkušebního tělesa. [6]

Vztah pro výpočet pevnosti v prostém tlaku (bez ohybového napětí):

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

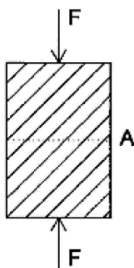
$$\sigma_2 = \sigma_3 = 0 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_c – napětí v prostém tlaku

F – síla

A - průřezová plocha



Obrázek č. 5 – Schéma zkoušky v prostém tlaku [6]

Dle normy ČSN 73 6133 rozlišujeme zatřídění hornin dle jejich pevnosti do šesti tříd R 1 – R6 dle Tabulky č.1:

Třída	Pevnost σ_c (Mpa)	Znak pevnosti	Charakteristika
R 1	> 150	Velmi vysoká	Horninu lze kladívkem těžce otloukat

R 2	50 až 150	Vysoká	Horninu lze kladívkem těžce rozbít
R 3	15 až 50	Střední	Horninu lze kladívkem lehce rozbít
R 4	5 až 15	Nízká	Horninu lze škrábat nožem, nikoliv nehtem
R 5	1,5 až 5	Velmi nízká	Horninu lze rozbít rukou
R 6	0,5 až 1,5	Extremně nízká	Horninu lze škrábat nehtem

Tabulka č. 1 – Třídy pevnosti hornin dle pevnosti v tlaku [8]

Při zkoušce pevnosti v prostém tahu je na prizmatické těleso v jeho podélné ose přenášena tahová síla, dokud nedojde k porušení tělesa. Přenos síly je nejprve tangenciální a posléze přechází v sílu tahovou v dalších průřezech zkušebního tělesa. Předpokladem je, že střední část tělesa je tahem namáhána rovnoměrně rozděleným po příčném průřezu. Tento předpoklad splníme, pokud je délka alespoň 5násobkem šířky.[7] Pevnost v prostém tahu je pak vyjádřena:

$$R_t = \frac{F_{mez}}{A}$$

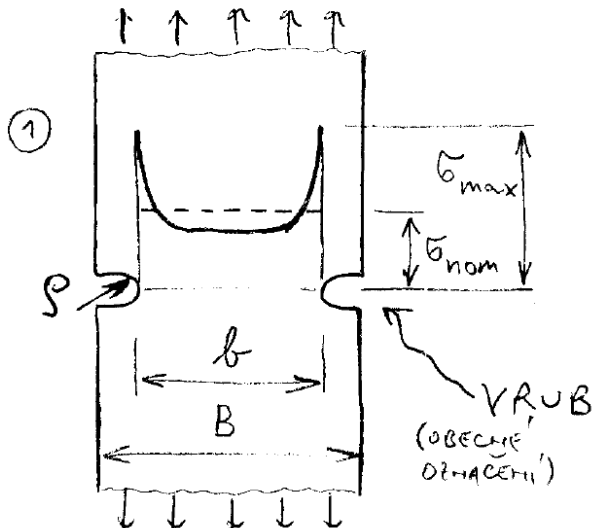
Kde:

R_t – pevnost v prostém tahu

F_{mez} – síla při které dojde k porušení

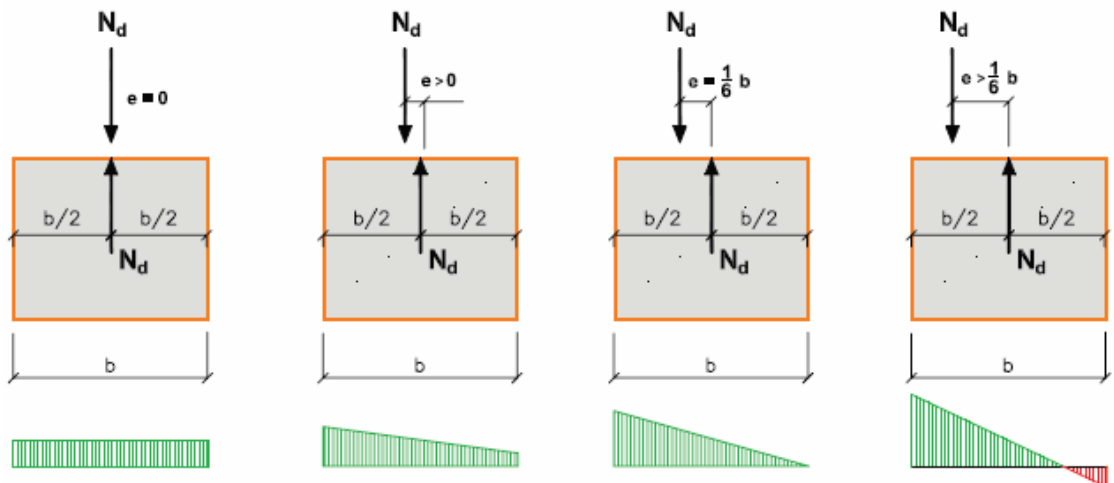
A – průřezová plocha

Je třeba si uvědomit, že v místě náhle změny průřezu dochází k náhlému zvýšení napětí na krajích a ke snížení ve střední části (Obrázek č.6).



Obrázek č. 6 – Změna napětí v místě náhlé změny průřezu [9]

Dále je nutno se vyvarovat excentricitě zatížení, která způsobí další ohybové namáhání viz Obrázek č.7.



Obrázek č. 7 – Vliv excentricity zatížení na průběh napětí [10]

Triaxiální pevnost popisuje mezní napětí vzorku v tříosé napjatosti, jež je vyvozeno ve směru největšího ze všech tří napětí, která jsou na sebe kolmá. Pevnost triaxiální je proměnná a je závislá od hodnoty obou menších napětí. Rozlišujeme tři pracovní režimy přístroje:

Autokláv $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$

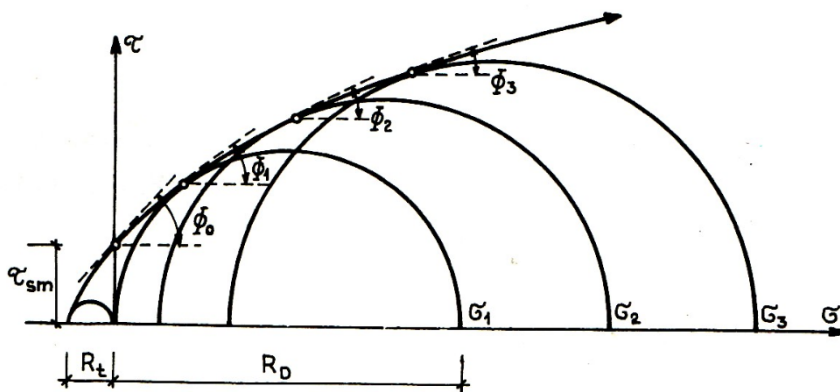
Pravý triaxiál $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

Nepравý triaxiál $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$

Pro určení triaxiální pevnosti v celém rozsahu hodnot využíváme dvě možnosti:

- Sestrojíme Mohrovu obálku skutečných pevností
- Užijeme experimentálně sestaveného vzorce např $R_{tr} = R_D + \frac{k \cdot \sigma_{pl}}{\sqrt{R_d}}$ [7]

Dle Coulombovy teorie porušení je úhel vnitřního tření u zemin jak kohezivních, tak nekohezivních nezávislý na napjatosti. U hornin to však neplatí a setkáváme s proměnným průběhem úhlu vnitřního tření. [7]



Obrázek č. 8 – Obálka Mohrových kružnic [7]

Sestrojíme-li Mohrovy kružnice, pak úhel vnitřního tření je dále úhlem tečny k obálce těchto kružnic. Hodnota úhlu se postupně zmenšuje s rostoucí hodnotou osových napětí. Dosáhneme-li plastického stavu, pak je úhel roven nule. [7]

Reprezentativní hodnotu úhlu vnitřního tření určíme pro napětí rovno 0 Mpa. Obvykle se část Mohrovy obálky mezi kružnicí získanou z tlakové zkoušky a kružnicí získanou z tahové zkoušky nahradí tečnou k oběma kružnicím. Úhel pak stanovíme:

$$\sin \theta_0 = \frac{R_d - R_t}{R_d + R_t} [7]$$

Kde:

θ_0 – úhel vnitřního tření

R_d – pevnost v prostém tlaku

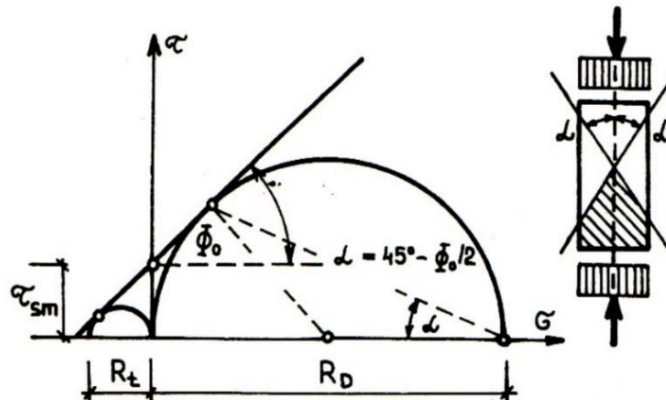
R_t – pevnost v prostém tahu

Sklon smykových rovin při zkoušce prostým tlakem k osovému napětí je roven

$$\alpha = 45^\circ - \frac{\theta_0}{2} \quad [7]$$

Kde:

α – sklon smykových rovin

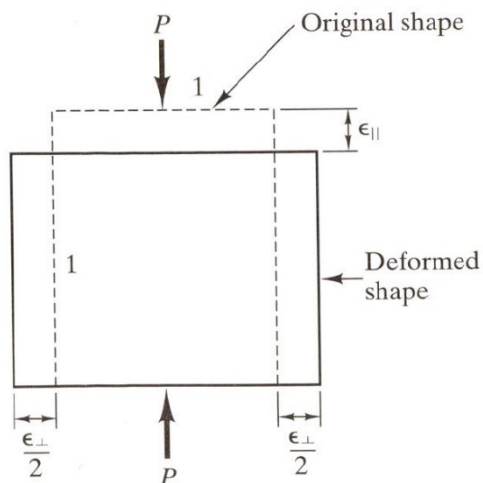


Obrázek č. 9 – Určení sklonu smykových rovin při zkoušce prostým tlakem [7]

Při odměření úhlu smykových rovin na zbytcích těles můžeme orientačně určovat úhel vnitřního tření.

Koheze u zemin je u hornin označena jako smyková pevnost horniny. Je to hodnota tangenciálního napětí, při němž je hodnota normálového napětí rovna 0 Mpa. [7]

Poissonovo číslo udává poměr poměrné deformace kolmo k zatížení ku poměrné deformaci ve směru zatížení a je vždy menší nebo rovna 0,5. [11]



Obrázek č. 10 – Určení poměrných přetvoření tělesa [11]

$$\nu = \frac{\varepsilon_{\perp}}{\varepsilon_{\parallel}}$$

Kde:

ν – Poissonovo číslo

ε_{\perp} - poměrné přetvoření ve směru kolmém na zatížení

ε_{\parallel} - poměrné přetvoření ve směru rovnoběžném se zatížením

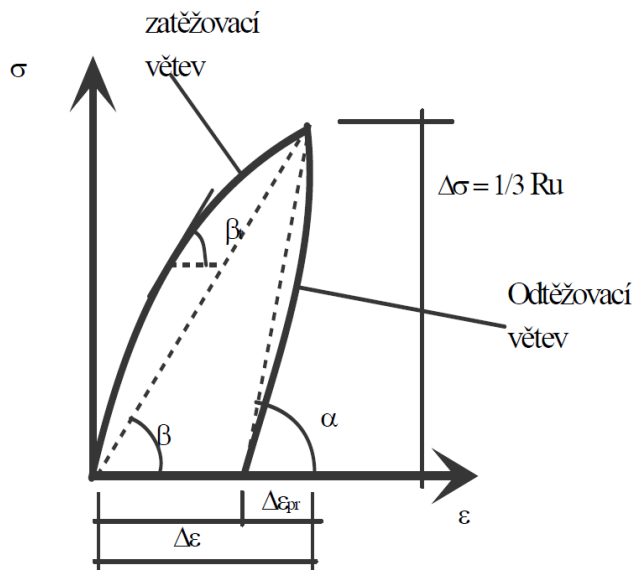
Je možno stanovit Poissonovo číslo ve vztahu k pevnosti horniny viz Tabulka č. 2.

Pevnost	Poissonovo číslo
> 150	0,10
100–150	0,15
80–100	0,20
50–80	0,25
20–50	0,25–0,30
5–20	0,30–0,35
0,5–5	0,35–0,40

Tabulka č. 2 – Poissonovo číslo dle pevnosti horniny v prostém tlaku. [12]

Modul přetvárnosti je získáván ze zatěžovacích zkoušek. Vzhledem k nelineárnímu průběhu křivky se stanovuje sečný modul přetvárnosti, který stanovíme v malém rozsahu křivky mezi dvěma zkoumanými napětími tak, aby byla křivka v tomto intervalu téměř lineární. Tím

zohledníme pokles tuhosti materiálu s rostoucím přetvořením. [7]



Obrázek č. 11 – Pracovní diagram [7]

V pracovním diagramu jsou dvě hysterezní křivky (viz Obrázek č. 11), přičemž pro modul přetvárnosti platí křivka získaná ze zatěžování. Výpočetní vztah je poté $E_{def} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = \tan \beta$.

7 STANOVENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ HORNINY V LABORATOŘI VVCD

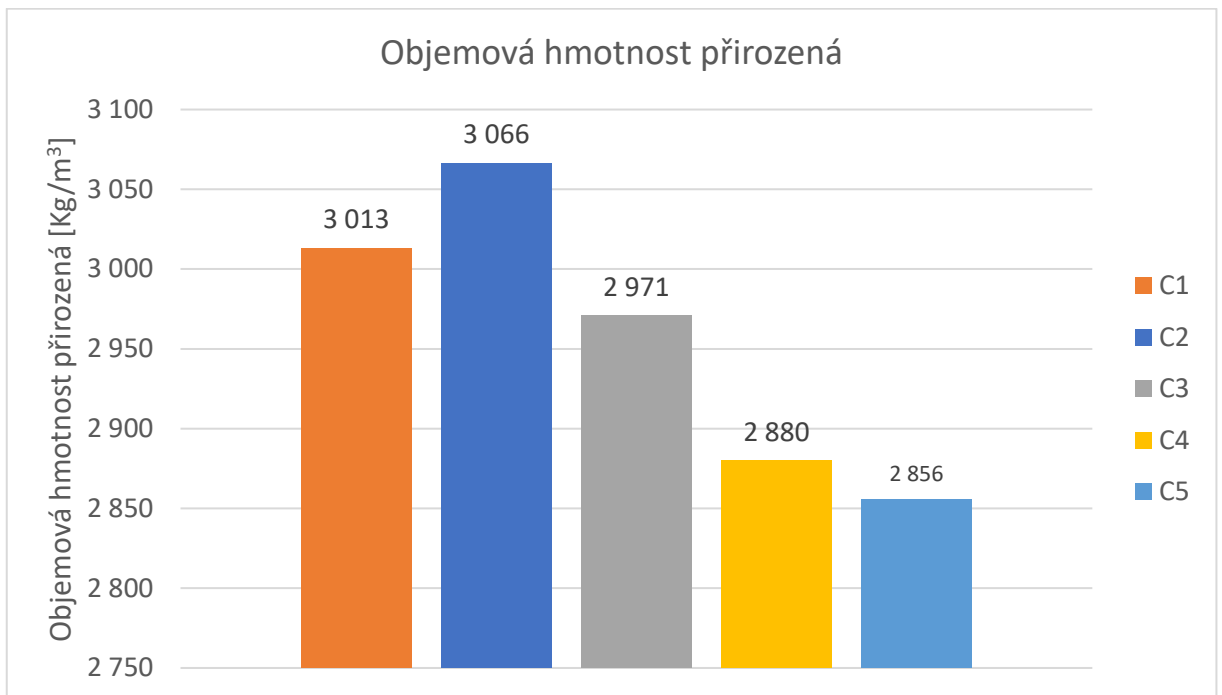
V následující kapitole jsem se zaměřil na stanovení vybraných parametrů horniny v laboratoři VVCD. Byly především provedeny a vyhodnoceny zkoušky v prostém tlaku. Dále byla stanovena přirozená vlhkost vzorků a přirozená objemová hmotnost. Protokol o provedených zkouškách je v příloze M.

Vstupní hodnoty pro vyhodnocení zkoušek uvádí Tabulka č.3:

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Hrana a [mm]	102,0	101,0	102,0	103,0	104,0
Hrana b [mm]	102,0	102,0	101,0	102,0	103,0
Hrana c [mm]	102,0	102,0	102,0	103,0	104,0
Průřezová plocha [mm ²]	10 404	10 302	10 302	10 506	10 712
Objem krychle [cm ³]	1061,208	1050,804	1050,804	1082,118	1114,048
Hmotnost [Kg]	3,1976	3,2222	3,1218	3,1165	3,1815
Objemová hmotnost přirozená [Kg/m ³]	3 013	3 066	2 971	2 880	2 856
Síla při porušení [kN]	2 520	1 700	2 040	1 538	1 780
Napětí [Mpa]	242,21	165,02	198,02	146,39	166,17
Hmotnost prázdné nádoby [g]	64,81	58,07	60,19	61,37	58,97
Hmotnost přirozeně vlhkého vzorku a nádoby [g]	265,62	258,14	255,58	261,56	259,60
Hmotnost přirozeně vlhkého vzorku	200,81	200,07	195,39	200,19	200,63
Hmotnost vysušeného vzorku a nádoby [g]	265,29	257,76	255,27	261,28	258,66
Vlhkost [%]	0,16	0,19	0,16	0,14	0,47

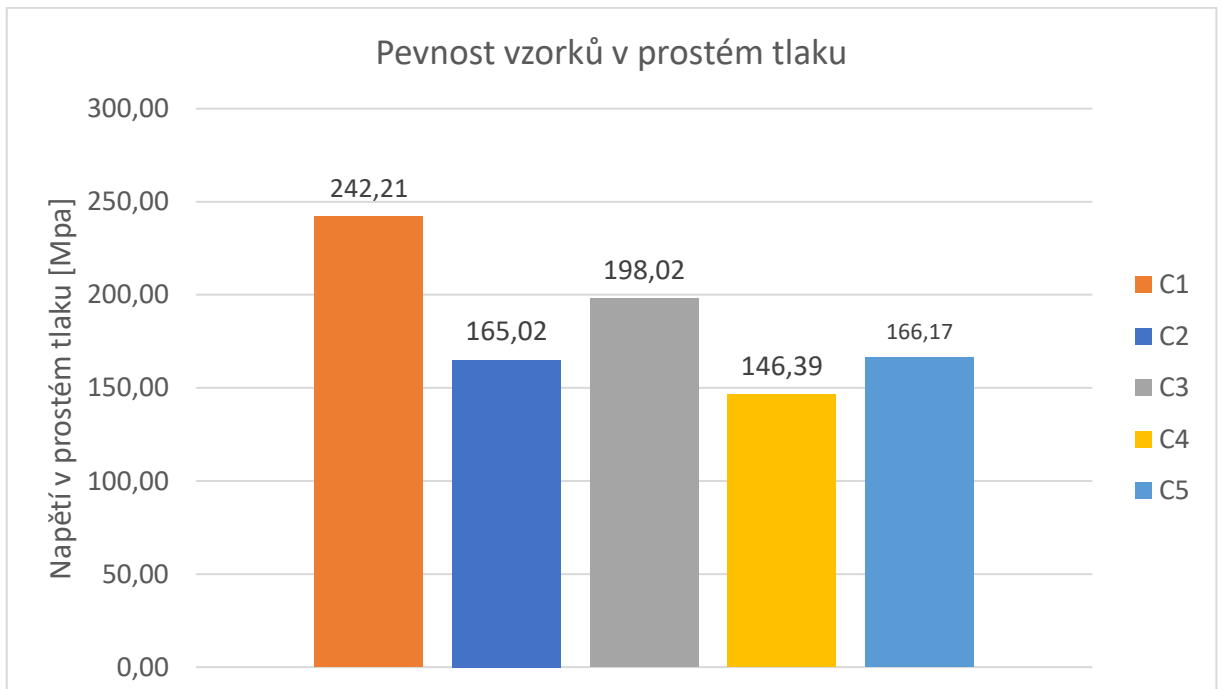
Tabulka č. 3 – Vstupní údaje pro vyhodnocení zkoušek

Objemovou hmotnost těles popisuje Graf č. 1:



Graf č. 1– Přirozená objemová hmotnost zkušebních těles

Napětí popisuje Graf č. 2:



Graf č. 2 – Pevnost vzorků v prostém tlaku

Pro určení charakteristické hodnoty jsem použil jednostranného intervalu pomocí Studentova rozdělení pravděpodobností (předpokládám normální rozdělení veličiny).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$s = \sqrt{s}$$

$$\mu \in \left(\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{1-\alpha}(n-1); \infty \right)$$

$$\alpha = 0,05$$

Veličina	Střední hodnota	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Počet	alfa	t	Odhad intervalu spolehlivosti μ
Objemová hmotnost [Kg/m ³]	2982,61	6207,89	78,79	5,00	0,05	-2,13	(2907,50; ∞)
Napětí [Mpa]	187,91	1766,33	42,03	5,00	0,05	-2,13	(147,84; ∞)

Tabulka č. 4 – Výpočet charakteristické hodnoty zkoušených vlastností

Charakteristickou hodnotu jsem určil jako spodní hranici intervalu spolehlivosti:

$$\gamma_{K=29,08} \frac{kN}{m^3}$$

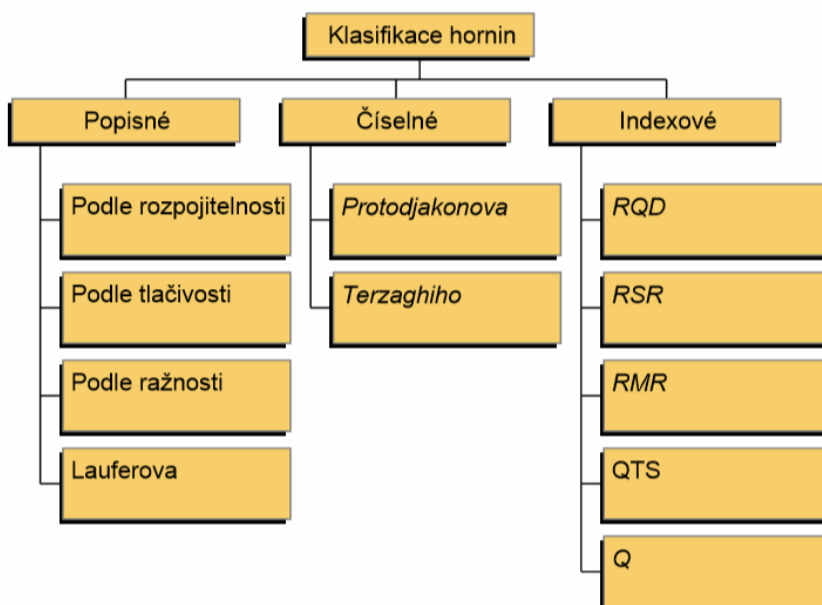
$$\sigma_{cK} = 147,84 \text{ MPa}$$

Na základě vypočítaných hodnot napětí při porušení zařazuji horninu do pevnostní třídy R1 dle ČSN 73 6133 a do třídy těžitelnosti III dle ČSN 73 6133.

8 KLASIFIKACE HORNIN

Potřeba jednotně se shodnout na způsobu hodnocení vlastností hornin a horninových masívů vznikla již v počátku provádění podzemních staveb. Postupným vývojem vznikly tři hlavní druhy klasifikací:

1. Popisné klasifikace – Klasifikace hornin, která je založena na popisu horniny nacházející se ve výrubu, aniž by došlo k určení fyzikálních a mechanických vlastností hornin.
2. Číselné klasifikace – Jejich cílem je vystihnout chování horniny v průběhu ražby jediným ukazatelem, který je často spojený s jednou, popřípadě více vlastnostmi horniny či masívu.
3. Indexové klasifikace – Zařazujeme je mezi moderní způsoby klasifikace hornin a masívů, jež hodnotí masív podle více parametrů, které jsou rozhodující ve vztahu k tunelování a provádění podzemních staveb. [14]



Obrázek č. 12 – Schématické znázornění klasifikací hornin [14]

V dnešní době se obvykle pracuje s klasifikacemi indexovými.

8.1 Protodjakonova klasifikace

Číselná klasifikace hornin pocházející z roku 1908, která platí pro klasické tunelování, u něhož se předpokládá vytvoření horninové klenby. Každé hornině je přiřazen součinitel pevnosti f_p ,

podle něhož jsou pak horniny rozděleny do 10 tříd dle pevnosti horniny. Klasifikace nebere v úvahu porušení diskontinuitami a v případě, že je masív rozpukaný, je nutné provést redukci součinitelem anebo indexem RQD. [14]

Součinitel pevnosti prakticky určíme z petrografického popisu horniny (viz Tabulka č.5), popřípadě dle pevnosti horniny v prostém tlaku, kterou stanovíme na opracovaném vzorku tvaru krychle. Pro horniny platí vztah:

$$f_p = \frac{\sigma_c}{10}$$

Pro zeminy nesoudržné:

$$f_p = \tan \varphi$$

Pro zeminy soudržné:

$$\sigma = \frac{\sigma * \tan \varphi + c}{\sigma} [14]$$

Tabulka č. 5 udává rozdělení dle Protodjakonova:

Třída	Stupeň pevnosti hornin	Horniny	Součinitel pevnosti [-]	Úhel vnitřního tření	Objemová tíha horniny [kN/m ³]
I.	Nejtvrdší horniny	Nejtvrdší, celistvé, pevné a hutné křemence a čediče, jiné mimořádně tvrdé horniny	20	87°	28,00-30,00
II.	Velmi tvrdé horniny	Velmi tvrdé horniny, křemité porfyr, velmi tvrdá žula, křemité břidlice, méně tvrdé křemence, nejtvrdší pískovce a vápence	15	85°	26,00 – 27,00
III.	Tvrdé horniny	Žula hutná a celistvá, velmi tvrdé pískovce a vápence, křemité rudné žíly, tvrdý slepenec, velmi tvrdé železné rudy	10	82°30 '	25,00 – 26,00
III.,a.			8	80°	25,00

Tabulka č. 5 – Klasifikace dle Protodjakonova [14]

8.2 RQD

Rock Quality Designation pochází z roku 1967 z USA a je založena na ohodnocení masivu dle jádrových vrtů, které musí mít minimální průměr 55 mm a reprezentuje tedy kvalitu horniny v in situ. Vzhledem k užití jádrových vrtů je RQD směrově závislým parametrem a je také nutno vyloučit trhliny vzniklé vrtací technologií. Délku kusu získaného z jádrového vrtu stanovíme jeho měřením v ose. [14]

Vztah definující RQD je závislý na celkové délce vrtu a délce neporušených kusů delších jak 10 cm.

$$RQD = \frac{L_{10}}{L} * 100 \% [14]$$

Kde:

L_{10} – délka neporušených částí vrtů delších jak 10 cm

L – délka vrtu

Dle RQD pak klasifikujeme horninu následujícím způsobem podle Tabulky č. 6:

Kvalita horniny	RQD	f_p
Výborná	100–90	2,3 – 2,03
Dobrá	90-75	2,0 – 1,2
Střední	75-50	1,2 – 0,7
Nízká	50-25	0,7 – 0,5
Velmi nízká	25-0	0,5 – 0,4

Tabulka č. 6 – Klasifikace hornin dle RQD [14]

8.3 RSR

Rock Structure Rating pochází z roku 1972 a podobně jako RQD popisuje masiv na základě více parametrů. Je určena pro menší tunely s ocelovou výstrojí a určuje vhodnou výstroj podzemní stavby. Stanoví se jako součet bodů z parametrů A, B a C:

$$RSR = A + B + C$$

Kde:

A – vyjadřuje geologické podmínky (0–30 bodů)

B – vyjadřuje hustotu a orientaci ploch nespojitosti vzhledem k ose díla (0–50 bodů)

C – parametr je určen dle stavu diskontinuit s přihlédnutím k jejich zvodnění (0-20 bodů) [14]

8.4 GSI

Geological Strength Index z roku 1997 slouží pro popis rozpukaných horninových masivů, které jsou relativně homogenní. Index GSI stanovíme dle struktury, vzdálenosti puklin, objemu bloku horniny a dle faktoru stavu plochy nespojitosti.

Pro numerické modelování je pak GSI jedním ze vstupních údajů. Výsledek výpočtu je pak jednoosá pevnost v tlaku horniny, jednoosá pevnost v tahu horniny, úhel vnitřního tření, soudržnost a modul přetvárnosti. [14]

8.5 RMR

Rock Mass Rating z roku 1973 prošel v roce 1989 revizí, která platí i dnes. Horniny rozděljuje do 5 tříd a hodnotí body v rozmezí 10 až 100. Horninový masiv je rozdělen na strukturální oblasti, a každá z nich je hodnocena samostatně. Horniny klasifikuje pomocí šesti parametrů A – F. Výsledkem je určení způsobu ražby, stability výrubu a typu užití výstroje. Výhodou také je, že je známá korelace s ostatními klasifikacemi. Vztah pro výpočet indexu je:

$$RMR = \sum (A + B + C + D + E - F)$$

Kde:

A – pevnost v tahu při bodovém zatížení, či pevnost v prostém tlaku

B – index RQD

C – Vzdálenost ploch nespojitosti

D – Charakter ploch nespojitosti

E – Přítomnost a tlak podzemní vody

F – orientace puklin vzhledem ke směru ražby [14]

Hodnocení parametrů udává Tabulka č. 7:

A. Ohodnocení klasifikačních parametrů									
1	Pevnost neporušené horniny	Pevnost v tahu při bodovém zatížení	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Pro tyto rozsahy se preferuje pevnost v prostém tlaku		
		Pevnost v prostém tlaku	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
2	Ohodnocení		15	12	7	4	2	1	0
	Kvalita jádrového vrtu RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
3	Vzdálenost ploch nespojitosti		> 2m	0,6 - 2m	200 - 600mm	60 - 200mm	< 60mm		
	Ohodnocení		20	15	10	8	5		
4	Charakter ploch nespojitosti (viz E)		Velmi drsný povrch, nesouvislý neodlučný nezávětralý	Nepatrně drsný povrch, odlučnost < 1mm nepatrně závětralé	Nepatrně drsný povrch, odlučnost < 1mm velmi závětralé	Ohlazený povrch, odlučnost < 5mm lemy pod 5mm souvislé	Měkké lemy nad 5mm tloušťky nebo odlučnost nad 5mm souvislé		
	Ohodnocení		30	25	20	10	0		
5	Podzemní voda	Přítok na 10m délky tunelu [l/m]	žádný	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Tlak vody v puklině/ Hlavní napětí σ	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Obecné podmínky	Suché	Navlhlé	Mokré	Odkapávání	Přítok		
Ohodnocení		15	10	7	4	0			

Tabulka č. 7 – Klasifikace RMR z roku 1989 [15]

Dle určené charakteristické hodnoty pevnosti v prostém tlaku určím součinitel pevnosti dle Protodjakonova:

$$f_p = \frac{147,81}{10} = 14,78$$

Horninu zařazují dle součinitele pevnosti do III. třídy (Pevné horniny).

9 NÁVRH TRASY KOMUNIKACE V LOMU MARKOVICE

9.1 Popis sítě pozemních komunikací v Markovicích

Síť pozemních komunikací v lomu Markovice slouží především k zajištění provozu těžké mechanizace nejen v rámci lomu, ale i v rámci přilehlé obalovny živičných směsí. V oblasti příjezdových cest, sociálních budov, kamenické dílny, obalovny živičných směsí, skládky kameniva a výrobků kamenické dílny se nachází netuhé vozovky se zpevněným krytem. Obě příjezdové komunikace jsou vystaveny zatížení především nákladními vozidly kategorie N3, O3 a O4. Druhotně se zde pak vyskytují osobní automobily kategorie M1. Zatížení je v jednotlivých měsících roku značně proměnlivé a vychází především z vytíženosti obalovny živičných směsí. V zimních a podzimních měsících je zpravidla zatížení menší, avšak v období léta, kdy denní výroba obalovny dosahuje až 800 t je zatížení nejvyšší. Vzhledem k výrobnímu

procesu živichných směsí dochází k hromadění nákladních vozidel čekajících na naložení, a tak jsou tedy příjezdové cesty vystaveny zatížení jak dynamickému, tak i statickému.

Oblast skládky kameniva (Obrázek č. 13) a výrobků kamenické dílny (Obrázek č. 14) je vystavena především statickému zatížení od navezeného kameniva a také od jednotlivých výrobků. Zatížení je zde různorodé a jeho hodnota vychází především z velikosti zásob jednotlivých frakcí a výrobků.



Obrázek č. 13 – Skládky kameniva v Markovicích



Obrázek č. 14 – Skládky výrobků kamenické dílny v Markovicích

Oblast nad obalovnou, v níž se nachází skládky kameniva pro potřeby obalovny je taktéž zatížena především staticky, nicméně se zde vyskytuje pohyb nakladače, který slouží k nakládání jednotlivých frakcí do násypky, a to dle typu vyráběné asfaltové směsi.

K dispozici nejsou žádné údaje o provedeném dopravním průzkumu a ani o použitých materiálech pro jednotlivé vrstvy vozovky, stejně tak jako údaje o podloží. Lze pouze odhadovat třídu dopravního zatížení dle TP 170 (viz Tabulka č. 8).

Tabulka 2 – Třídy dopravního zatížení

Třída dopravního zatížení	TNV_k ¹⁾
S ²⁾	> 7 500
I	3 501 - 7 500
II	1 501 - 3 500
III	501 - 1 500
IV	101 - 500
V	15 - 100
VI	< 15

Tabulka č. 8 – Třídy dopravního zatížení [16]

Vyjdeme ze vztahu pro výpočet TNV dle metodiky ŘSD ČR Sčítání dopravy na silniční a dálniční síti

$$TNV = 0,1 * LN + 0,9 * SN + 1,9 * SNP + TN + 2,0 * TNP + 2,3 * NSN + A + AK$$

kde

LN – Lehká nákladní vozidla (užitečná hmotnost do 3,5 t) bez přívěsů i s přívěsy

SN – Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) bez přívěsů

SNP – Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) s přívěsy

TN – Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) bez přívěsů

TNP – Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) s přívěsy

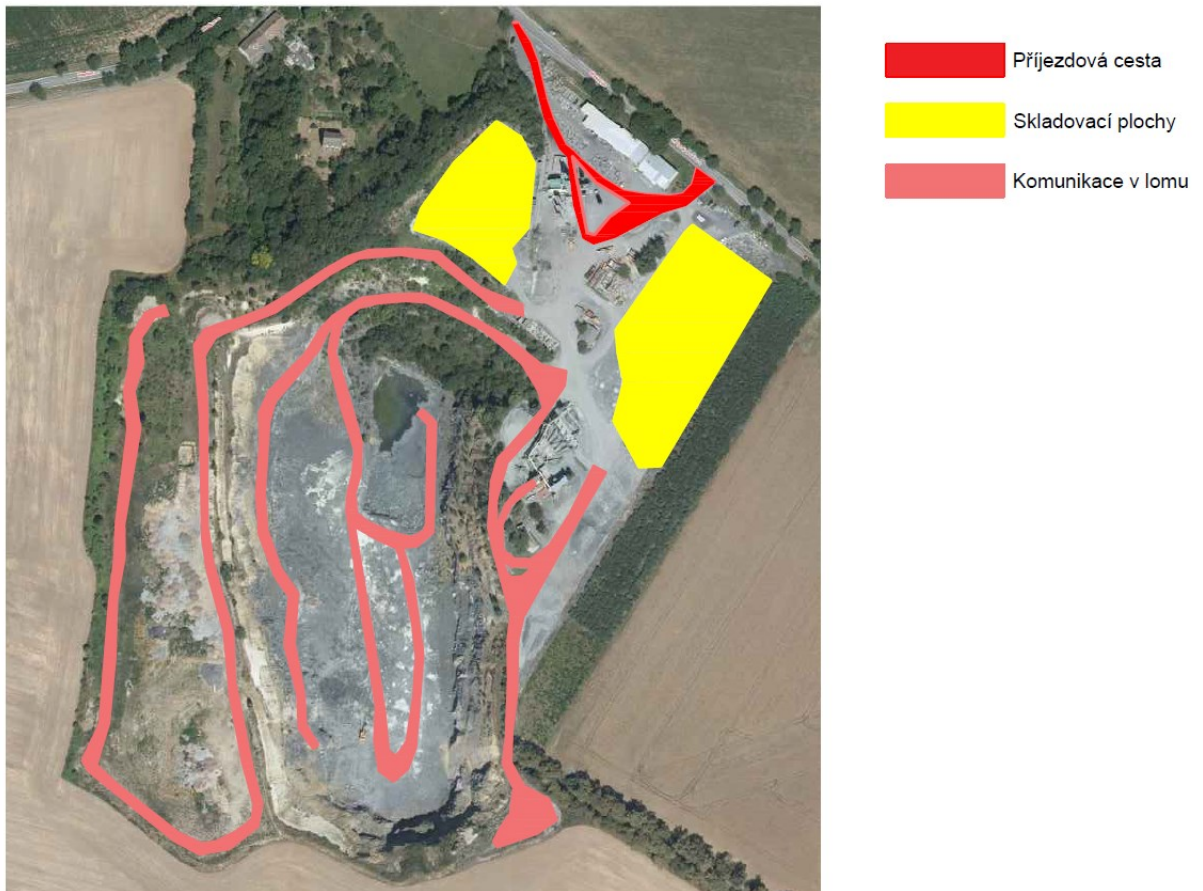
NSN – Návěsové soupravy nákladních vozidel

A – Autobusy

AK – Autobusy kloubové

Uvážíme-li maximální denní výkon obalovny 1 000 t a naložení nákladního automobilu 15 t asfaltové směsi, zjistíme, že počet vozidel nutných pro převoz daného množství směsi je 67. Pro odhad současného stavu lze uvažovat, že vozidla budou kategorie TN, TNP a NSN. Vzhledem ke koeficientům pro výše uvedené kategorie lze usuzovat na třídu dopravního

zatížení IV dle TP 170. Ostatní plochy slouží především jako plochy skladovací a jejich hodnocení není vyžadováno.



Obrázek č. 15 – Rozdělení komunikací v lomu

Komunikace přímo spjaté s těžbou slouží k několika účelům. Je zde komunikace vedoucí za lom, která slouží ke skládce materiálu, jako je například prach z obalovny. Dále jsou tu komunikace zajišťující přístup k drtiči kameniva, a poté komunikace vedoucí do zahloubeného lomu. Všechny tyto komunikace jsou netuhé s prašným krytem. Důvody pro tento typ vozovky jsou především stálá těžba v lomu, která vyžaduje operativně měnit příjezdové cesty, a tak jsou komunikace především dočasné s existencí nejvýše několika let. Dalším důvodem je rychlá a jednoduchá výstavba, stejně jako následná údržba. Únosnost podloží je zajištěna přítomností

skalní horniny a samotný povrch je ztuhněn přejezdy vozidel, která se starají o práci v lomu.



Obrázek č.16 – Komunikace předcházející projektovanému úseku

9.2 Požadavky na navrženou pozemní komunikaci

Pozemní komunikace v lomu slouží primárně k přesunu strojů a těžebních zařízení a také k převozu vytěženého materiálu na místo jeho dalšího určení. Návrh pozemní komunikace musí vyhovět následujícím požadavkům:

- Vedení komunikace v dostatečné bezpečné vzdálenosti od stěny
- Relativně čistý provoz – šíření prachu atd.
- Kvalitně odvodněný povrch
- Dostatečnou šířku pro bezpečný a plynulý provoz
- Vést trasu tak, aby podélné sklony nebyly příliš velké a neznamenal neekonomický provoz
- Komunikace musí být jednoduše udržovatelná
- Musí být zajištěna možnost v budoucnu snadno napojit další úseky

Na základě technických parametrů, které jsou požadovány pro provoz, a na základě průzkumu budoucího staveniště je nutné splnění následujících kritérií:

- Jednopruhová komunikace
- Šířka koruny komunikace 12,0 m.
- Přítomnost záchytného zařízení tak, aby nejmenší šířka jízdního pruhu byla 10,00 m.
- Dostředný sklon 3,0 %.
- Podélný sklon 15 %.
- Sklon násypového svahu 70°
- Berma s minimální šířkou 2,8 m

Rozšíření úseku PK předcházející nově projektovanému není součástí projektu.

9.3 Směrové vedení

Trasa pozemní komunikace je tvořena třemi přímými úseky a dvěma pravostrannými oblouky bez přechodnic. Zamýšlené řešení je zvoleno s přihlédnutím k budoucí těžbě, kdy je vhodné příliš nezasahovat do vnitřní části lomu, aby nedošlo k omezení zásob horniny, kterou lze těžit. Trasa byla dále vedena co nejbližší stávající lomové stěně, tak aby byla zachována berma o minimální šířce 2,8 m, která slouží jako ochrana proti případnému pádu horniny. Trasa je projektována jako jednopruhová komunikace s dostředným sklonem 3 % zajišťující odtok srážkové vody do vnitřní části lomu. Šířka koruny pozemní komunikace činí 12,0 m ve všech místech pozemní komunikace. Šířka komunikace je dostatečná pro běžný provoz s dostatečnou rezervou (ostatní pozemní komunikace v lomu mají šířku 5-6 m) a do návrhu již bylo uvažováno s provozem za ztížených podmínek jako je hustý déšť, mráz či mlha.

Délka trasy činí 97,52 m. Tabulka č. 9 popisuje jednotlivé směrové prvky.

Název úseku	Počáteční staničení	Konečné staničení
Přímý úsek 1	0 m	2,15 m
Oblouk 1	2,15 m	27,99 m
Přímý úsek 2	27,99 m	48,21 m
Oblouk 2	48,21 m	64,57 m
Přímý úsek 3	64,57 m	97,52 m

Tabulka č. 9 – Směrové vedení trasy

Celková délka přímých úseků činí 57,32 m.

Celková délka oblouků činí 42,20 m.

Oblouk 1	
Poloměr	30 m
Středový úhel	54,84 gr
Délka tečny	25,05 m
Délka kružnicové části	25,84 m
Vzepětí	3,02 m

Tabulka č. 10 – Vytyčovací prvky Oblouku 1

Oblouk 2	
Poloměr	50 m
Středový úhel	20,94 gr
Délka tečny	16,38 m
Délka kružnicové části	16,45 m
Vzepětí	0,68 m

Tabulka č. 11 – Vytyčovací prvky Oblouku 2

Pro výpočet základních vytyčovacích prvků prostého kružnicového oblouku platí vztahy

$$T = R * (\tan \alpha/2)$$

$$z = R * \left(\sec \left(\frac{\alpha}{2} \right) - 1 \right)$$

$$L_k = R * \text{arc } \alpha$$

$$x = R * (\sin \alpha/2)$$

$$y = R * \left(1 - \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right)$$

Kde:

T – délka velké tečny

R – poloměr oblouku

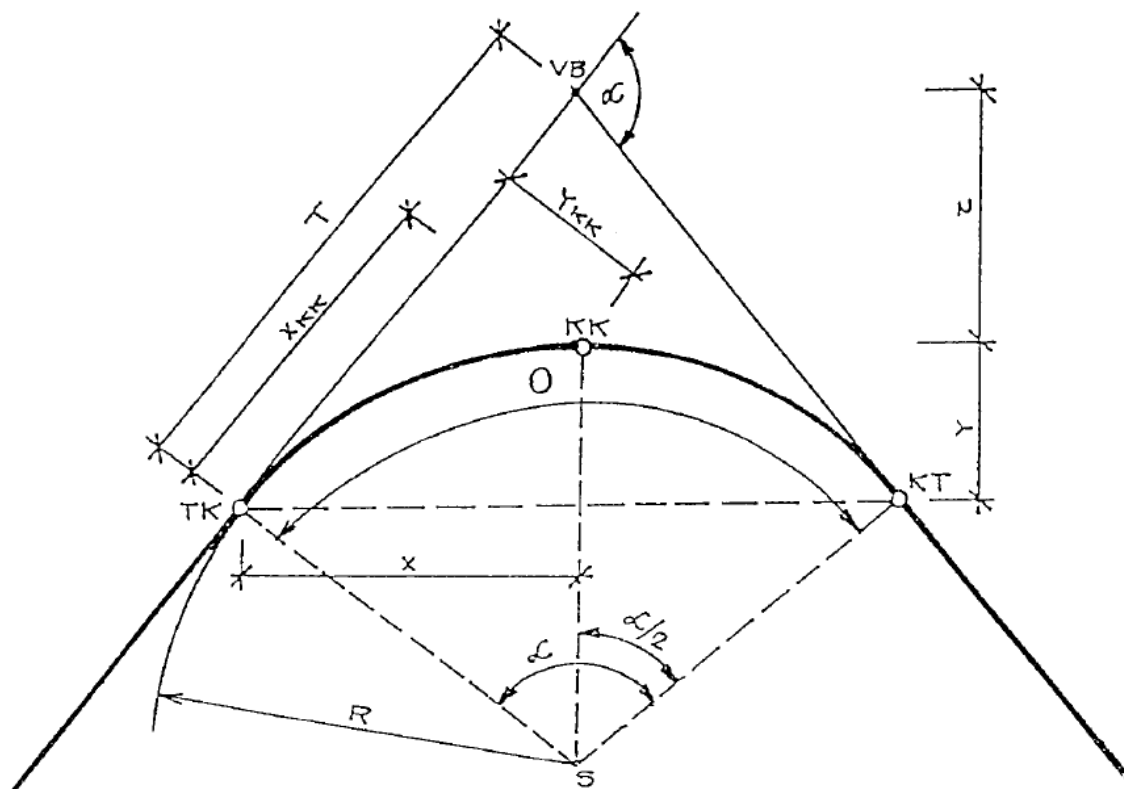
α – středový úhel

z – vzepětí

L_k – délka kružnicové části oblouku

x – pravoúhlá souřadnice ve směru osy x

y – pravouhlá souřadnice ve směru osy y



Obrázek č. 17 – Prostý kružnicový oblouk [17]

Pro převody mezi jednotkami úhlu platí pak vztahy:

$$1 \text{ gon} = 1/400 \text{ plného úhlu tzn. } 1 \text{ gon} = 9/10 \text{ stupně či } \frac{\pi}{200} \text{ radiánu.}$$

9.4 Výškové vedení

Podélný sklon 15 % je dodržen na všech místech trasy, splňuje tedy podmínku vyhlášky č. 26/1989 Sb pro vodorovné cesty. Hodnota podélného sklonu vychází z požadavku minimalizovat délku pozemní komunikace. Na druhou stranu je nutné uvažovat pohyb těžkých nákladních vozidel, které v zimě mají problém vyjet stoupání o příliš velkém sklonu. Výškový rozdíl mezi počátečním a koncovým bodem trasy činí 14,628 m.

9.5 Určení třídy dopravního zatížení navržené komunikace a návrhové úrovně porušení

Určení třídy dopravního zatížení bylo provedeno sčítáním dopravy dle metodiky ŘSD ČR Sčítání dopravy na silniční a dálniční síti. Měřeno bylo na úseku, který bude předcházet nově

vzniklé komunikace. Veškerá doprava na tomto měřeném úseku bude v budoucnu směřovat po nově navržené komunikaci vedoucí do IV. etáže.



Obrázek č. 18 – Úsek pro měření TNV

Vozový park lomu Markovice je složen převážně z vozidel, která se podílí na těžbě kamene, jeho transportu k drtiči a následnému rozvozu na cílové místo, odkud je dále využíván dle potřeby. Dále jsou v rámci lomu vedeny osobní automobily, které slouží převážně vedoucím pracovníkům a také cisterna, která slouží ke kropení prašných cest, aby se v oblasti snížilo šíření prachu obzvláště v teplých měsících roku. Tabulka č. 12 dává přehled o současném vozovém parku.

DRUH	ZNAČKA	TYP	ROK VÝROBY	VÝKON (kW)	HMOTNOST (kg)
Nákladní automobil	Liaz	Liaz 29.33	1989		17 650
Nákladní automobil skl.	TATRA modrá	T 148	1968	157	22 000
Cisterna CAS 10	TATRA	T 148			16 000
Pojízdná dílna	PRAGA	V3S		72	9 300
Pás. rypadlo + bourací kladivo F35	Hyundai	R 290 LC3	1998	180	28 600
Pásové rypadlo	DOOSAN	DX 340 LC	2007	184	34 080
Nakladač čelní kolový	VOLVO	L 120 C	1998	148	20 500
Damper– technologické vozidlo	VOLVO	A30D	2004	252	23 000
Nakladač (bobík)	UNC	060	1990	34,2	3 000
Osobní automobil	DACIA	DUSTER	2010	81	1 844
Osobní automobil s přepravním prostorem	CITROEN	BERLINGO	2004	51	1 731

Tabulka č. 12 – Vozový park lomu Markovice

Pro určení počtu TNV, která po sledovaném úseku přejedou, je nutno jednotlivá vozidla zařadit do kategorií dle metodiky ŘSD ČR Sčítání dopravy na silniční a dálniční síti.

DRUH	ZNAČKA	TYP	KATEGORIE VOZIDLA
Nákladní automobil	Liaz	Liaz 29.33	TN
Nákladní automobil skl.	TATRA modrá	T 148	TN
Cisterna CAS 10	TATRA	T 148	TN
Pojízdná dílna	PRAGA	V3S	SN
Pás. rypadlo + bourací kladivo F35	Hyundai	R 290 LC3	TN
Pásové rypadlo	DOOSAN	DX 340 LC	TN
Nakladač čelní kolový	VOLVO	L 120 C	TN
Damper – technologické vozidlo	VOLVO	A30D	TNP
Nakladač (bobík)	UNC	060	LN
Osobní automobil	DACIA	DUSTER	LN
Osobní automobil s přepravním prostorem	CITROEN	BERLINGO	LN

Tabulka č. 13 – Kategorie vozidel vozového parku v lomu

Sčítání dopravy proběhlo 26.2 od 6:00 do 14:30, měřeno tedy bylo po celou dobu pracovní směny. Byly získány následující údaje:

Druh vozidla	Počet vozidel	Koeficient	Výsledný počet
LN	0	0,1	0
SN	2	0,9	1,8
SNP	0	1,9	0
TN	6	1,0	6
TNP	40	2,0	80
NSN	0	2,3	0
A	0	1,0	0
AK	0	1,0	0

Tabulka č. 14 – Vstupní údaje pro výpočet TNV

$$TNV = 0,1 * LN + 0,9 * SN + 1,9 * SNP + TN + 2,0 * TNP + 2,3 * NSN + A + AK$$

$$= 0,9 * 2 + 6 + 2,0 * 40 = 87,8 \frac{voz}{24 hod}$$

Na základě určeného počtu TNV v roce 2020 určujeme třídu dopravního zatížení jako V.

Vzhledem k charakteru pozemní komunikace (PK v lomu, u níž se nepočítá s provozem 25 let) zvolím návrhovou úroveň porušení D2.

9.6 Podloží komunikace – statická zatěžovací zkouška

Podloží, na němž bude realizovaná výstavba pozemní komunikace v lomu je tvořeno odstřelem části stěny nad IV etáží. Ve staničení 30,000 končí stávající skála a zbytek komunikace je nutno nasypat. Zdrojem násypu bude kamenitá sypanina tvořená rozpojeným amfibolitem. Vzhledem k zjištěným pevnostem horniny lze očekávat dostatečnou únosnost podloží budoucí komunikace. Pro potřeby Silnice Čáslav – Holding, a.s. jsem realizoval měření statickou zatěžovací zkouškou v místě násypu.

Z hlediska kontroly míry zhutnění a únosnosti podloží jsem zvolil kontrolu pomocí statické zatěžovací zkoušky. Výsledkem statické zatěžovací zkoušky je modul deformace z druhého zatěžovacího stupně E_{def2} , poměr $\frac{E_{def2}}{E_{def1}}$ a grafické znázornění v grafu zatížení-zatlačení, který je tvořen hysterezními křivkami. Kritériem míry zhutnění je poměr $\frac{E_{def2}}{E_{def1}}$, zatímco hodnota E_{def2} vyjadřuje vlastnosti zeminy při dané vlhkosti v okamžiku zkoušky. [18,19,20]

9.6.1 Legislativa

Statická zatěžovací zkouška je definována normou ČSN 73 6190. Norma platí pro měření statické únosnosti zemin a kameniva u nestmelených či stmelených vrstev, které jsou uloženy v zemních tělesech, podloží nebo podkladních vrstvách vozovek silničních komunikací či jiných ploch. Pro měření deformačních charakteristik podloží a podkladních vrstev pozemních komunikací je nutno řídit se pokyny v příloze D a E normy ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin a také dle TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací.

9.6.2 Protizátěž

Pro vykonání zkoušky je nutno použít adekvátní protizátěž. Tou je nejčastěji naložené nákladní auto či dvě auta, o která je opřen zatěžovací nosník. Dále je povoleno užití speciálního pojízdného zatěžovacího mostu, případně jakéhokoliv jiného zařízení, které je schopno vyvodit požadovanou reakci. Pro zajištění správnosti měření je nutno zajistit, aby kola vozidel proti zátěži, nebo jiné podpěry zatěžovacího zařízení byly ve vzdálenosti nejméně $4d$ od středu zatěžovací desky, přičemž d je průměr zatěžovací desky. Pokud nelze tuto podmínku splnit, je třeba prokázat, že nedojde k ovlivnění měřené deformace. [18,19,20]

9.6.3 Součásti zařízení

Zatěžovací deska je od výrobce dodávána jako ocelová kruhová průměru 300 mm.

Kulový kloub – ve zkušebním zařízení slouží k zajištění centrického zatížení desky, a to i v případě, že dojde k nerovnoměrnému stlačení zeminy.

Siloměr (dynamometr) - slouží k měření síly, která je vyvozena hydraulickým lisem. Hydraulická zatěžovací část – je složena z hydraulického válce se zdvihem 150 mm, ručního čerpadla a propojovací hadice.

Měřicí nosník se snímačem dráhy – je řešen jako pákový s převodovým poměrem 2:1. Měřicí nosník obsahuje odnímatelně uchycený inkrementální snímač dráhy typu MS12, který má zdvih 12 mm. Vzhledem k převodovému poměru 2:1 je tedy maximální zatlačení desky 24 mm. [18,19,20]

9.6.4 Postup zkoušky a vyhodnocení

Místo, kde je prováděna zkouška musí být řádně připraveno. Je nutno zajistit vodorovné uložení desky, a to například pomocí vyrovnání křemičitým pískem o tenké vrstvě. Dále se dbá na to, aby na povrchu zkoušené vrstvy nevyčnívaly kameny, povrch nebyl rozbředlý, zmrzlý, popřípadě mechanicky porušený. Deska musí celou svou plochou dosedat na povrch, nesmí pod

ní být dutiny, či jiné prohlubně. Po uložení desky jsem osadil ostatní součásti měřící sestavy, a nakonec vše propojil s protiváhou. Po spuštění mikropočítačové jednotky jsem nastavil parametry měření, jako je norma, podle níž se měří, krok zatěžovacího stupně a počet, po nichž má být cyklus ukončen a identifikační údaje o měření. Před samotným započítáním měření jsem provedl předtížení a odlehčení. Následoval první zatěžovací cyklus, poté odlehčení a následně druhý zatěžovací cyklus. Zkoušku jsem následně ukončil a vyhodnotil. Před zahájením zkoušky a po jejím ukončení jsem změřil teplotu vzduchu. [18,19,20]

Každý zatěžovací stupeň začíná vyvozením požadovaného tlaku a udržení této hodnoty po předepsanou dobu. Následuje další zatěžovací stupeň. Odlehčovací stupně mají charakter postupu stejný, pouze se pomocí ventilu upravuje pokles tlaku. Počet odlehčovacích stupňů je roven 3 a to tak, abychom dosáhli 50 %, 25 % a 0 % max tlaku příslušného cyklu. [18,19,20]

V každém zatěžovacím cyklu musí být nejméně 6 zatěžovacích stupňů. Další stupně jsou možné, avšak prodlužují zkoušku a zkreslují výsledky. Z praktického hlediska je vhodné dobře odhadnout únosnost zeminy, protože zkouška je ukončena, pokud dosáhneme kontaktního napětí pod deskou 0,5 Mpa, popřípadě zatlačení desky 5 mm. U méně únosných zemin je tedy nutno volit obezřetně krok mezi cykly, abychom získali potřebný počet zatěžovacích stupňů a příliš se nelišili od krajních hodnot ukončení zkoušky. [18,19,20]

Výpočet stanoví ČSN 73 6190, podle níž přístroj zkoušku automaticky vyhodnotí. Výpočet E_{def} je dán vztahem $E_{def} = \frac{1,5 * r * \Delta p}{\Delta y}$. Určí se E_{def2} a E_{def1} a jejich poměr. Výsledné hodnoty se poté využijí jako podklad pro další návrh vozovky. [18,19,20]

Postup měření je kontrolován, řízen a vyhodnocován pomocí mikropočítačové vyhodnocovací jednotky. Ta měří přímo zatěžovací sílu pomocí tenzometrického snímače síly (standardně 50kN) a zatlačení desky pomocí snímače (viz výše) a také kontroluje dodržení velikosti působící síly. [18,19,20]

9.7 Výsledky statické zatěžovací zkoušky v lomu Markovice

Statická zatěžovací zkouška jsem provedl na podloží PK dne 21.4.2020. Měření proběhlo v ose PK ve staničení 0,08230. Násyp nebyl v průběhu výstavby hutněn, a tak bylo dosaženo poměru modulů deformace <1. Zjištěné hodnoty ze zkoušky jsou:

$$E_{def1} = 677 \text{ MPa}$$

$$E_{def2} = 190,4 \text{ MPa}$$

$$\frac{E_{def2}}{E_{def1}} = 0,28$$

Na zemní pláni je dosaženo hodnoty 190,4 Mpa z druhého zatěžovacího cyklu. Hodnotu lze porovnat s TP 170, kde se u vozovek s návrhovou úrovní porušení D2 a třídou dopravního zatížení V uvažuje hodnota modulu deformace na zemní pláni 60-100 Mpa dle typu zvoleného krytu. Vzhledem k naměřené hodnotě a zkušenostem z provozu na komunikacích v lomu (viz Obrázek č. 15) nebude zřízena ochranná, ani podkladní vrstva.

Protokol o provedení zkoušky je součástí práce v příloze J.



Obrázek č. 19 – Boční pohled na statickou zatěžovací zkoušku



Obrázek č. 20 – Pohled zepředu na statickou zatěžovací zkoušku

9.8 Kryt vozovky

Kryt vozovky pozemních komunikací slouží k zajištění kontaktu kola či pásu vozidla s povrchem. Vrstvy vozovky na jejím povrchu jsou vystaveny tlaku, zatímco níže položené vrstvy jsou vystaveny tahovým napětím.

Kryt vozovky bude netuhý a stejně jako u ostatních komunikací v rámci lomu bude využit prašný kryt, kdy na podloží bude položena vrstva štěrkodrti frakce 4/8. Tloušťka krytu vozovky bude 30 mm. Dle požadavků závodního lomu hutnění nebude provedeno pomocí speciálních strojů k tomu určených, avšak k postupnému hutnění dojde opakovanými přejezdy vozidel směřujících do prostoru lomu a také z prostoru lomu.

9.9 Záchytná zařízení

Aby byly splněny podmínky pro bezpečnost provádění práce, které stanoví vyhláška č. 26/1989 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu, jsou z rozhodnutí závodního lomu ve vzdálenosti 1 m od temenní čáry násypu uloženy kusy horniny, které zabraňují pádu osob či dopravní techniky ze zemního tělesa. Výška kusu horniny má být nejméně 0,60 m a nejvýše

0,90 m. Šířka se má pohybovat v rozmezí 0,50 – 1,00 m, aby byla zachována nejmenší šířka jízdního pruhu PK 10,00 m. Délka je nejméně 0,40 m a nejvýše 0,80 m. V lomu je takto zvolené řešení standardní, není zde požadavek na návrh záchytných zařízení jako na veřejně přístupných pozemních komunikacích.

10 VÝPOČET A POSOUZENÍ STABILITY HORNINOVÝCH SVAHŮ

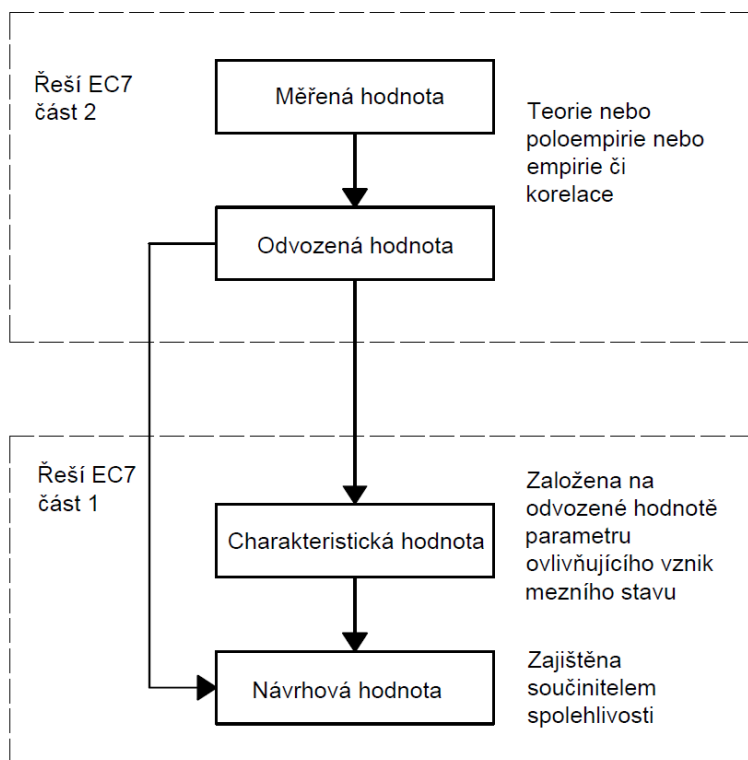
Posuzovaným místem je počátek trasy komunikace, tedy řez se staničením 0,00000 km. Místo bylo vyhodnoceno jako kritické, protože se zde nachází největší násyp a také nejhlubší zářez. Výpočet a posouzení je provedeno dle ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1 Obecná pravidla. Nutnost posouzení vyplývá z ČSN 73 6133 článku 5.7.1.

10.1 Princip výpočtu dle ČSN EN 1997-1

Jedná se o polo pravděpodobnostní přístup k výpočtu, který využívá metodu dílčích součinitelů. Dochází k redukci parametrů základové půdy (zeminy či horniny) a k navýšení hodnot zatížení. Platí obecný vztah $R_d > E_d$. Pro posouzení se využívají dva mezní stavy:

1. mezní stav – únosnost (dochází ke kolapsu konstrukce). Dále rozlišujeme typy porušení EQU, STR, GEO, UPL a HYD. Pro stabilitní úlohy se uvažují porušení typu STR a GEO.
2. mezní stav – použitelnost (dochází ke ztrátě či omezení funkce stavby) [21]

Pro výpočet jsou používány návrhové hodnoty. Schéma postupu stanovení návrhových hodnot je na Obrázku č. 21.



Obrázek č. 21 – Postup stanovení návrhových hodnot [22]

Odvozená hodnota parametru základové půdy je odvozena z naměřených hodnot na základě teorie, popřípadě empirie. Charakteristickou hodnotu geotechnického parametru pak stanovují pomocí statistických metod jako 95% odhad intervalu spolehlivosti střední hodnoty. Návrhovou hodnotu poté stanovím dle parciálních součinitelů z EC7-1. [21]

Zatížení působící na konstrukci je nutno rozdělit do několika kategorií, podle nichž se pak volí parciální součinitele dle ČSN EN 1991 a EC7-1.

- a) Dle charakteru a odezvy na konstrukce (statická, dynamická a kvazistatická)
- b) Dle způsobu působení (přímá a nepřímá zatížení)
- c) Dle proměnlivosti v čase (stálá, proměnná a mimořádná)
- d) Dle proměnlivosti v prostoru (pevná a volná zatížení)

Samotný výpočet pak probíhá dle tří návrhových přístupů (zde uvedený přístup 1 neplatí pro návrh osově zatížených pilot a kotev):

1. Návrhový přístup kombinace 1 – dochází k redukci nepříznivých zatížení (stálých a proměnných). A1 “+“ M1 “+“ R1. Hodnota využití je dána vztahem:

$$V_u = \frac{M_{kl}}{M_{vzd}} * 100 < 100 \% [21, 22]$$

1. návrhový přístup kombinace 2 – dochází k redukci nepříznivého zatížení proměnného a k redukci parametrů základové půdy. A2 “+“ M2 “+“ R1. Hodnota využití je dána vztahem:

$$V_u = \frac{M_{kl}}{M_{vzd}} * 100 < 100 \% [21, 22]$$

2. návrhový přístup – zavede navíc redukci parametrů odporu R snižující výsledné vzdorující síly (moment na překlopení atd.). Při použití tohoto přístupu k analýze svahu a celkové stability, je výsledný účinek zatížení na plochu porušení vynásoben γ_E a smykový odpor podél plochy porušení vydělen $\gamma_{R,e}$. A1 “+“ M1 “+“ R2. Zde platí vztah:

$$V_u = \frac{M_{kl}}{M_{vzd} * \gamma_{R,e}} * 100 < 100 \% [21, 22]$$

3. návrhový přístup – redukce parametrů zeminy a zatížení současně. Rozlišujeme zatížení konstrukce a zatížení geotechnické. (A1* nebo A2-) “+“ M2 “+“ R3. Hodnota využití musí splnit nerovnici:

$$V_u = \frac{M_{kl}}{M_{vzd}} * 100 < 100 \% [21, 22]$$

Kde:

A – pro účinky zatížení nebo zatížení

B – pro parametry zemin

R – pro únosnost

“+“ – v kombinaci s

A* - na zatížení konstrukce

A2 - na geotechnická zatížení

$\gamma_{R,e}$ – součinitel redukce odporu na smykové ploše

γ_E – součinitel účinku zatížení na plochu porušení

M_{kl} – stabilizující moment

M_{vzd} – destabilizující moment

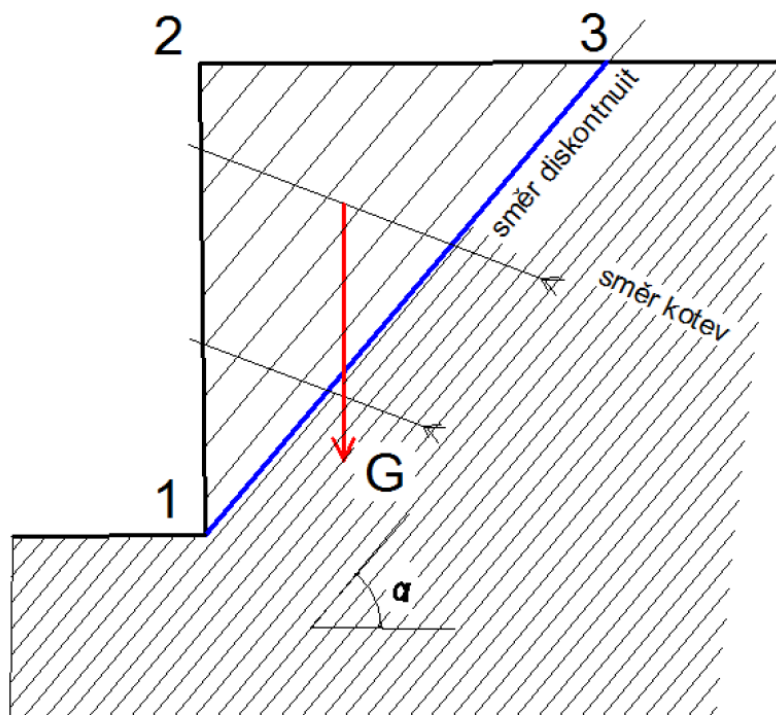
Musí se posoudit každý jednotlivý návrhový přístup a jeho kombinace zvlášť pro každý mezní stav. Pro mezní stav únosnosti je třeba, aby navrhovaná konstrukce vyhověla na nejnepříznivější výsledek návrhového přístupu. Pro mezní stav použitelnosti je třeba, aby navrhovaná konstrukce vyhověla požadavkům z hlediska použitelnosti (např. dovolená sedání staveb). [21, 22]

10.2 Skalní svahy

Základním předpokladem pro řešení uvedených případů je, že masív se může deformovat pouze v plochách, u kterých dojde k překročení mezního zatížení. [23]

10.2.1 Plochy nespojitosti vycházející ze svahu

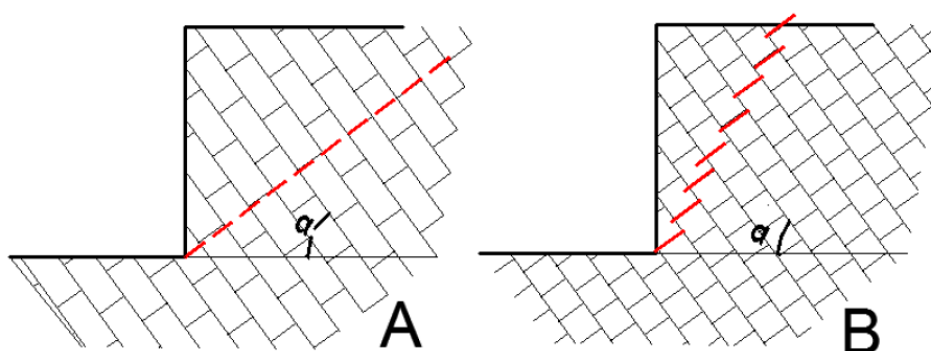
Nejnebezpečnější horninový klín (zde trojúhelník s vrcholy 123 viz Obrázek č. 22) je předurčený plochami diskontinuit a také geometrií stěny v příčném řezu. Řešení vychází z předpokladu, že masív je tvořený soustavou tuhých horninových bloků. Rozkladem tíhové síly na složky aktivní a na složky pasivní a sestavení rovnovážné podmínky řešíme stabilitu svahu [23].



Obrázek č. 22 – Plochy nespojitosti vycházející ze svahu [23]

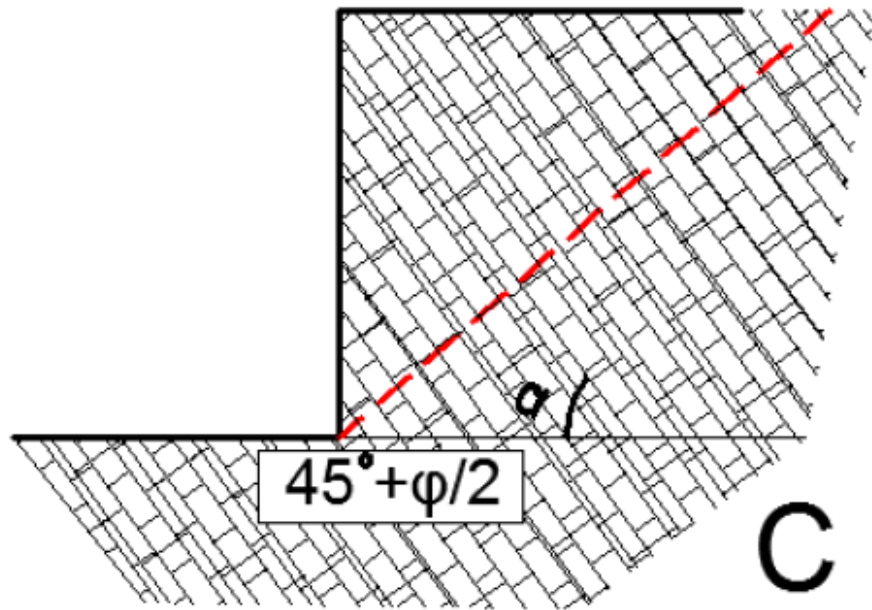
10.2.2 Plochy nespojitosti zapadající do masívu

Pro řešení úlohy je nejprve nutno stanovit potenciální smykovou plochu. V těchto případech je vhodné, aby na řešení spolupracovali geotechnik, inženýrský geolog a projektant (statik). Pokud v masívu mimo průběžného systému ploch nespojitosti existuje i systém příčných ploch neprůběžných, pak je nejnebezpečnější smyková plocha ta, které je s nimi rovnoběžná a prochází patou stěny (viz Obrázek č. 23). [23]



Obrázek č. 23 – Průběžné a neprůběžné plochy nespojitosti [23]

V případech, kdy je skalní hornina prostoupena vícero systémy ploch nespojitosti a zároveň platí, že bloky horniny, které jsou omezeny těmito plochami diskontinuit jsou v porovnání s kubaturou masívu relativně malé, pak je výhodné stanovit sklon smykové plochy odvozením z klínu aktivního horninového tlaku – tedy jako $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$. [23]



Obrázek č. 24 – Skalní masív prostoupený vícero plochami nespojitosti [23]

10.3 Stabilita svahu

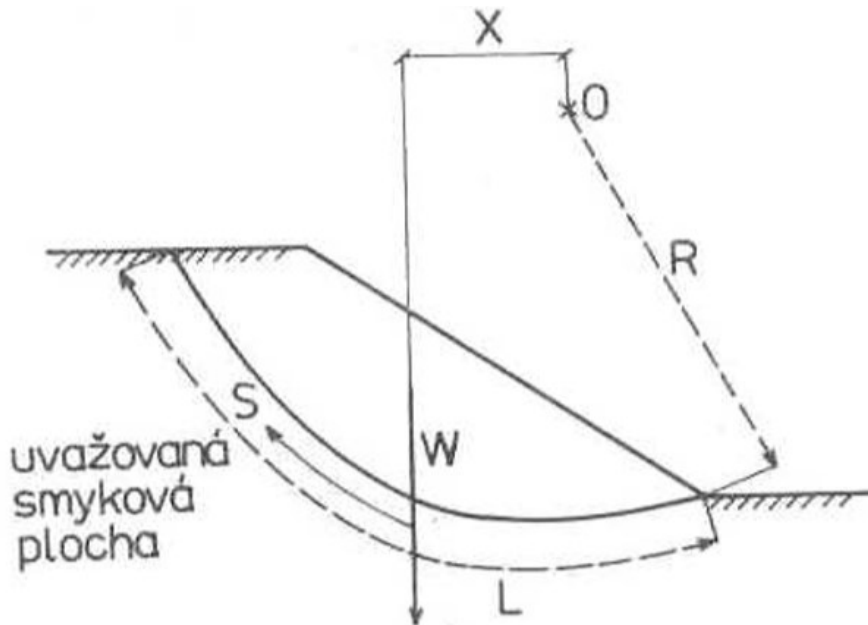
Stabilitu svahu lze obecně řešit pomocí čtyř metod řešení:

- 1) Metoda mezní rovnováhy – předpokladem je porušení stability svahu podél určité smykové plochy. Řeší se rovnováha sil podél uvažované smykové plochy a hledáme plochu s nejnižší stabilitou [24]
- 2) Metoda mezního stavu – Definujeme kritickou výšku a kritický sklon v závislosti na smykových parametrech zemin či kamenitých sypanin. Při kritické hodnotě dochází k meznímu stavu rovnováhy. [24]
- 3) Metoda řešení napjatosti a deformace zemního tělesa – Stanovujeme přetvoření zemního tělesa jako celku, popřípadě jeho jednotlivých elementů a porovnáváme je s napjatostí při porušení. [24]
- 4) Monogramy a tabulky – Návrhy vychází z praktických zkušeností či z vyřešení mnoha případů. [24]

Výpočet stability svahu v lomu Markovice bude proveden pomocí metody mezní rovnováhy, a to pomocí Pettersenovy metody bez přítomnosti hladiny podzemní vody.

10.3.1 Pettersenova metoda

Dle známé geometrie svahu určíme kruhovou smykovou plochu (procházející patou svahu) danou jejím středem a poloměrem. Následně posuzujeme nebezpečí ujetí kruhové výseče o tíze W (obvykle řešíme jako rovinnou úlohu, tzn. na 1 m délky svahu) [25]



Obrázek č. 25 – Schéma Pettersenovy metody [25]

Postupujeme tak, že nejprve rozdělíme uvažovanou smykovou plochu na několik proužků. Na průřezu smykové plochy se vísou osou procházející těžištěm proužku vyneseme tíhu příslušného proužku [25]:

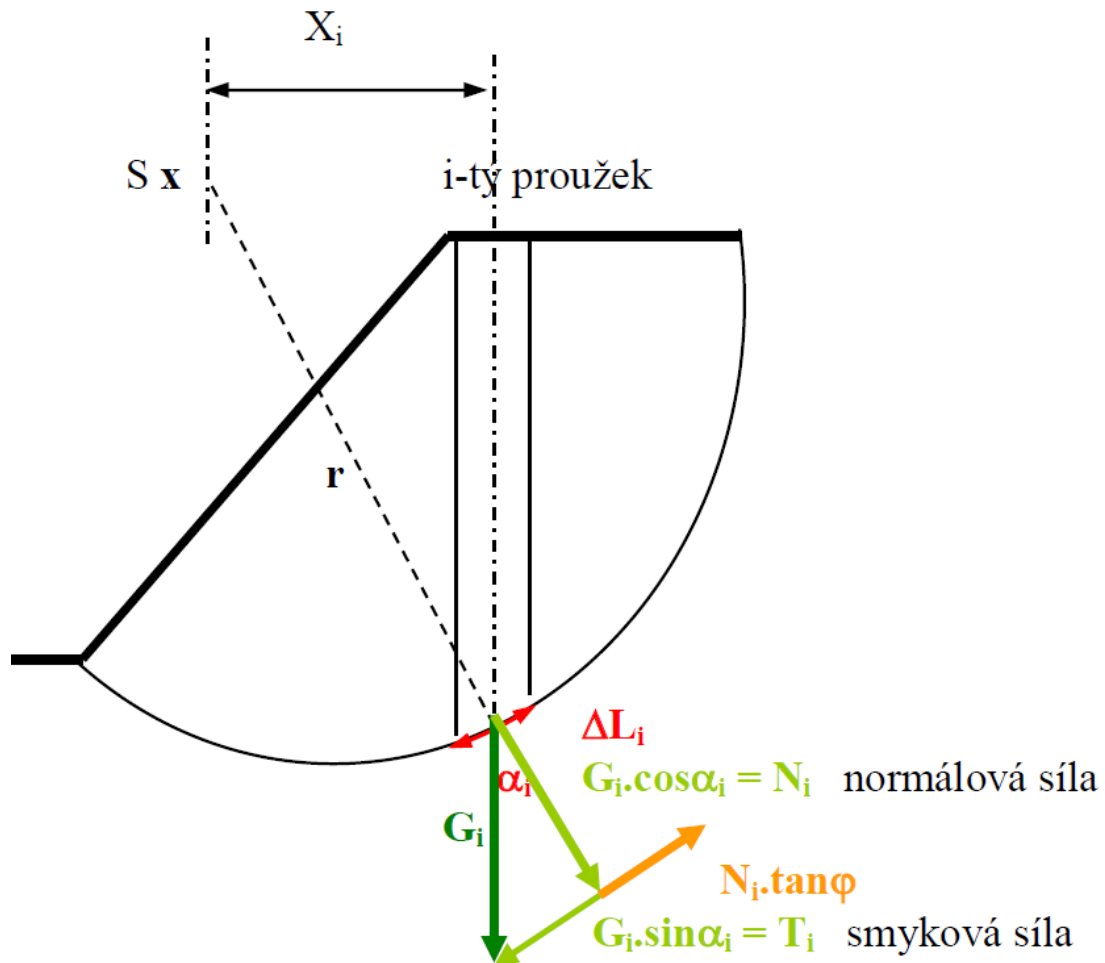
$$W = A_{\text{proužku}} * \gamma$$

Tíhu proužku poté rozložíme na normálové složky (N) a tangenciální složky (T). Abychom získali úhel, pod nímž jsou síly rozloženy, je nutno vyřešit rovnici [25]:

$$\alpha = \arcsin \frac{X_i}{r}$$

Dále určíme délku kružnicového oblouku příslušného danému proužku. Po získání vstupních veličin provedeme výpočet dle vztahu:

$$F = \frac{\text{Pasivní síly}}{\text{Aktivní síly}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i * \tan \varphi + \sum_{i=1}^n c_i * \Delta L_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$



Obrázek č. 26 –Pettersenova metoda – výpočet [25]

10.4 Výpočet v programu v programu GEO 5

Pro výpočet dle ČSN EN 1997-1 je zvolen software GEO 5. Místo s nejnejpříznivějšími podmínkami pro posouzení jak skalního svahu, tak násypu, se nachází ve staničení 0,00000 km. Za nejnejpříznivější situaci považuji stav na začátku výstavby po odstřelení a odtěžení materiálu.

Násypový svah je posuzován s přítomností bloku horniny, která brání pádu osob či vozidel ze svahu a také s plně naloženým damperem, který se nachází v nejnejpříznivější poloze vzhledem ke stabilitě svahu, tedy vedle bloku horniny.

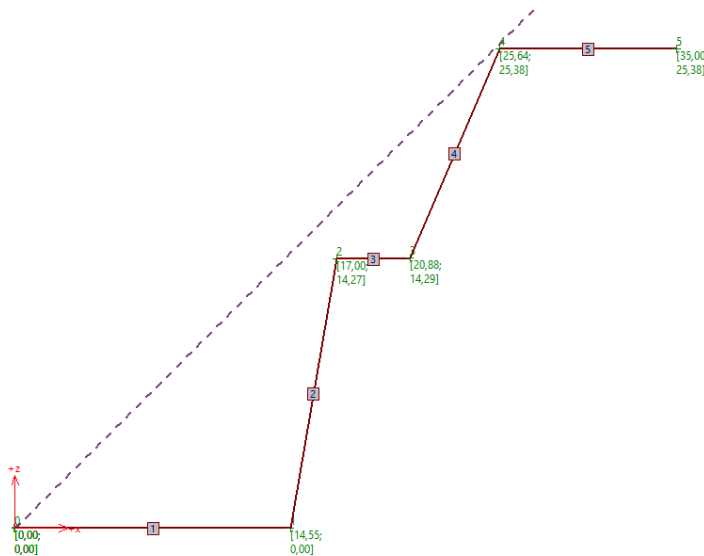
10.4.1 Výpočet skalního svahu

Příčný řez skalního svahu je popsán souřadnicemi:

Číslo bodu	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]
0	0,0	0,0
1	14,55	0,0
2	17,00	14,27
3	20,88	14,29
4	25,64	25,38
5	35,00	25,38

Tabulka č. 15 – Souřadnice skalního svahu

Grafické znázornění svahu je na Obrázku č. 27:



Obrázek č. 27 – Model skalního svahu

Posuzovaným skalním zářezem je stěna mezi body 1-2 (Na Obrázku č. 27 úsečka č. 2)

Parametry horniny jsem určil z dostupné publikace [26] a ze zkoušek ve VVCD jako:

$$\varphi = 50^\circ$$

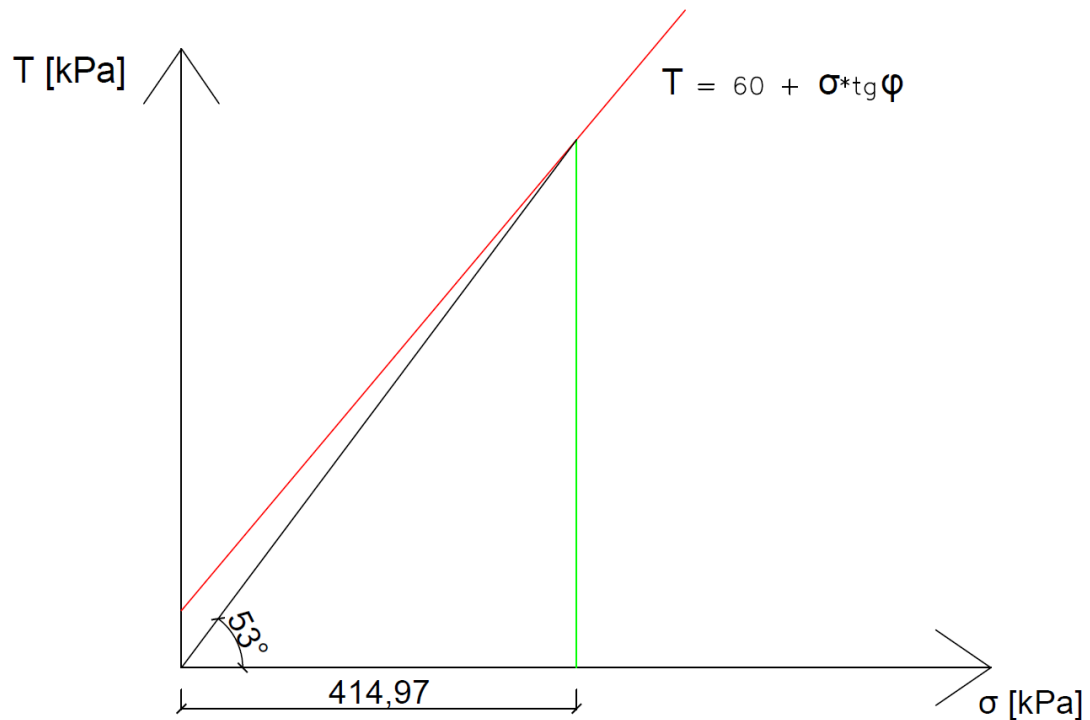
$$c = 60 \text{ kPa}$$

$$\gamma_k = 29,08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Pro určení sklonu smykové plochy je nutné určit maximální normálové napětí v patě stěny. Pro stěnu ohraničenou body 1 a 2 platí:

$$\sigma_{max} = (Y_2 - Y_1) * \gamma_k = (14,27 - 0,0) * 29,08 = 14,27 * 29,08 = 414,97 \text{ kPa}$$

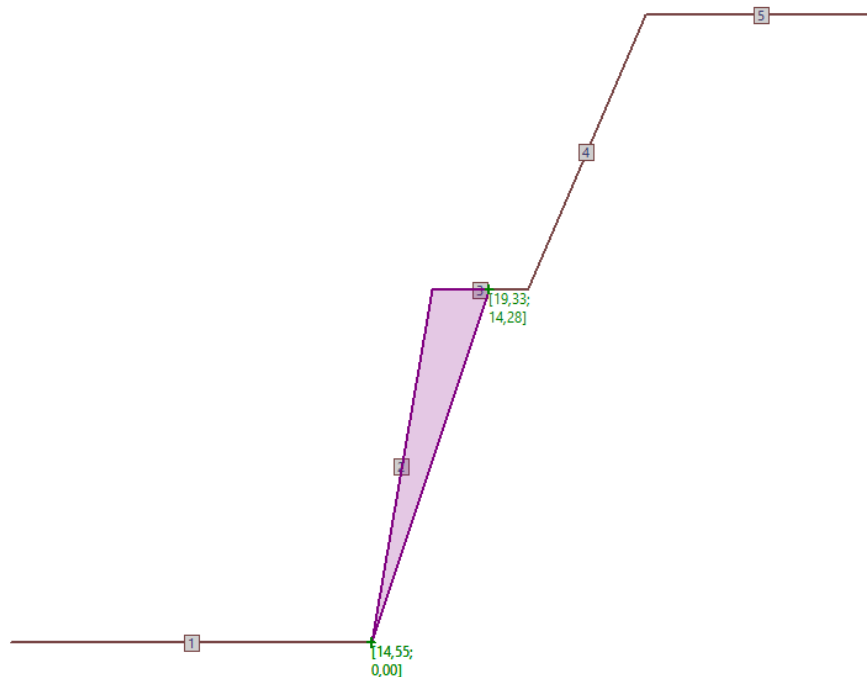
Z grafu č. 3 popisujícího smykové vlastnosti amfibolitu určím úhel odklonu smykové plochy od vodorovné alfa:



Graf č. 3 – Stanovení úhlu odklonu smykové plochy č. 1

$$\alpha = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45 + \frac{53}{2} = 71,5^\circ.$$

Počátek smykové plochy č.1 uvažuji v patě stěny, tedy v bodě 1, viz Obrázek č. 28 (následující strana).



Obrázek č. 28 – Smyková plocha č. 1

10.4.2 Výpočet svahu

Příčný řez svahu je dán souřadnicemi:

Číslo bodu	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]
0	0,0	0,0
1	14,55	0,0
2	5,00	13,91
3	17,00	14,27
4	30,00	14,27

Tabulka č. 16 – Souřadnice násypového svahu

Stále zatížení horninovým blokem je pásové a hodnotu zatížení stanovím dle parametrů bloku horniny:

$$\gamma_k = 30 \text{ kN/m}^3$$

$$x_{max} = 1,00 \text{ m}$$

$$y_{max} = 0,90 \text{ m}$$

$$q_1 = \gamma_k * x_{max} * y_{max} = 29,08 * 1,00 * 0,9 = 26,17 \text{ kN/m}^2$$

Souřadnice v příčném řezu jsou:

Popis bodu	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]
Počátek zatížení	6,00	13,94

Tabulka č. 17 – Souřadnice zatížení blokem horniny

Délka zatížení je 1,00 m.

Proměnným zatížením je plně naložený damper, na kterém jsou pneumatiky 23,5R/25.

K výpočtu zatížení užíj technické listy společnosti VOLVO:



GROUND PRESSURE

At 15% sinkage of unloaded radius and specified weights.

With tires: 750/65R25 23.5R25 (optional)

Unloaded

Front	101 kPa (14.6 psi)	127 kPa (18.4 psi)
Rear	43 kPa (6.2 psi)	54 kPa (7.8 psi)

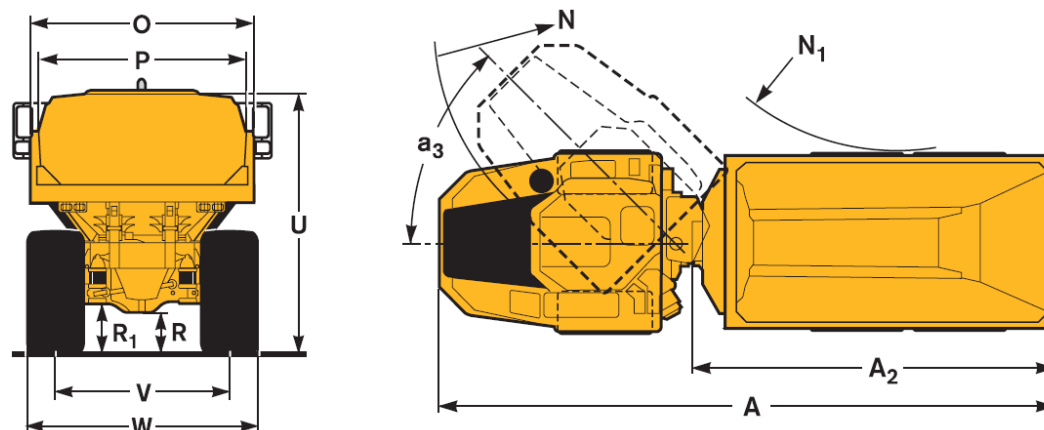
Loaded

Front	121 kPa (17.5 psi)	152 kPa (22.0 psi)
Rear	146 kPa (21.2 psi)	183 kPa (26.5 psi)

Obrázek č. 29 – Tlak pneumatiky na podloží [27]

Zatížení pod kontaktní plochou pneumatiky zvolím jako nejnepříznivější hodnotu, tedy zadní nápravu naloženého vozidla:

$$q_2 = 183 \text{ kN/m}^2$$



F	4175 mm (13'8")	O	2900 mm (9'6")	a ₁	23.5°
G	1670 mm (5'6")	P	2706 mm (8'11")	a ₂	70°
H	1688 mm (5'6")	R	513 mm (1'8")	a ₃	45°
I	608 mm (2'0")	R ₁	635 mm (2'1")		
J	2856 mm (9'4")	U	3310 mm (10'10")		
K	2181 mm (7'2")	V	2216 mm (7'3")	2258 mm (7'5")*	
L	686 mm (2'3")	W	2941 mm (9'8")	2859 mm (9'5")*	
M	6592 mm (21'8")	X	456 mm (1'6")		
N	8105 mm (26'7")	X ₁	582 mm (1'11")		
N ₁	4037 mm (13'3")	X ₂	659 mm (2'2")		
		Y	2216 mm (7'3")	2258 mm (7'5")*	
		Z	2941 mm (9'8")	2859 mm (9'5")*	

*with 23.5R25 Tire

Obrázek č. 30 – Schéma rozměrů damperu [27]

Určení šířky, na níž působí zatížení q_2 vypočítám ze vzdáleností v a W :

$$\text{Šířka zatížení} = W - V = 2,589 - 2,258 = 0,331 \text{ m}$$

Vzdálenost mezi počátky zatížení je V .

Souřadnice působícího zatížení v příčném řezu jsou:

Počátek zatížení	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]
Levá pneumatika	7,00	13,97
Pravá pneumatika	9,256	14,04

Tabulka č. 18 – Souřadnice zatížení pneumatikami damperu

10.4.3 Posouzení výsledků skalního svahu

Výpočet byl proveden pro lomovou stěnu mezi III. a IV. etáží, protože stěna mezi II. a III. etáží již několik let existuje a nedošlo na ní k žádným sesuvům a je tedy stabilní. Dle výpočtu skalní svah vyhověl ve všech návrhových přístupech a kombinacích.

Podrobný výpočet je v příloze K.

10.4.4 Posouzení výsledků svahu

Násypový svah vyhověl ve všech návrhových přístupech a kombinacích a není tedy nutné navrhovat opatření pro zvýšení stability svahu.

Podrobný výpočet je v příloze L.

CENA VÝSTAVBY

Pro vytvoření soupisu prací jsem rozdělil objemy prací na jednotlivé položky. Pro přesné určení objemu jednotlivých prací využiji výpočty kubatur.

10.5 Prováděné zemní práce

10.5.1 Zemní práce v zářezu



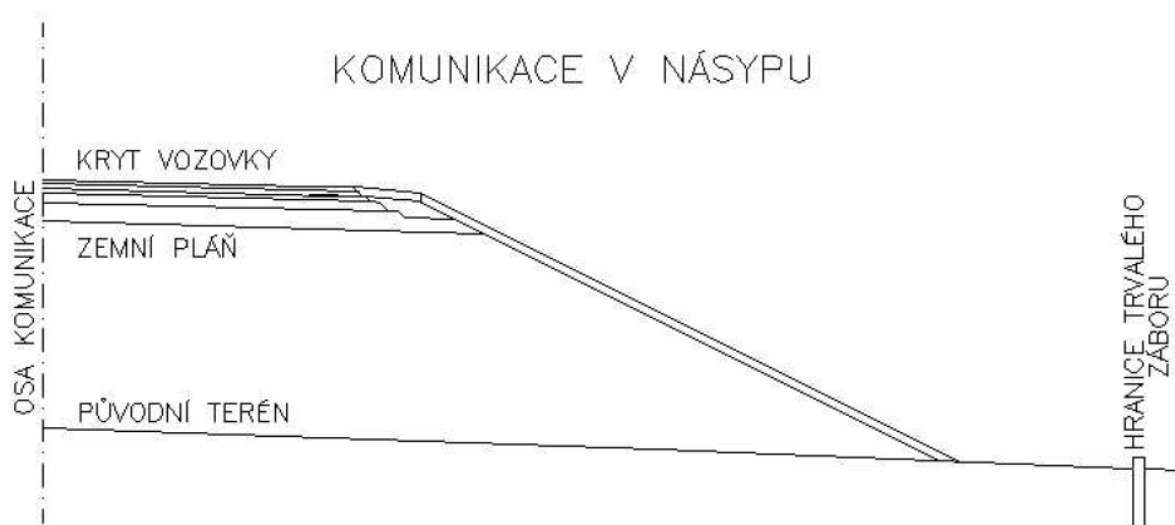
Obrázek č. 31 – Schéma komunikace v zářezu [28]

Zářez v trase komunikace vznikne realizací dvou clonových odstřelů s použitím záhlavních vrtů.

První vrt je realizován následujícím způsobem:

Průměry vrtů jsou 89 mm a jejich počet činí 101. Celková délka vrtů je 268,5 m.

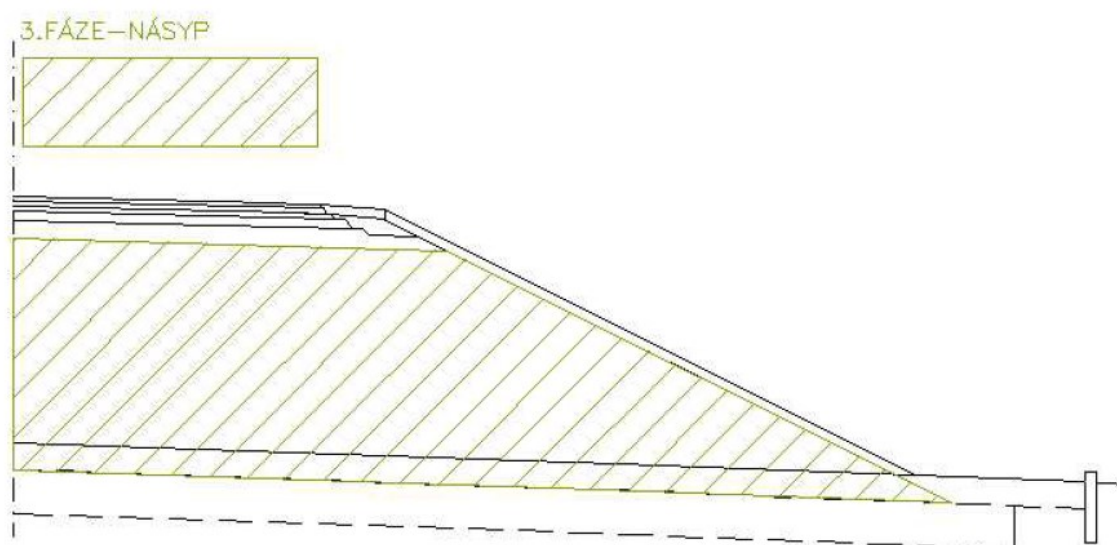
10.5.2 Násyp



Obrázek č. 34 – Schéma komunikace v násypu [28]

Násyp na komunikaci je realizován přímo na skalním podloží, nedochází tedy k sejmutí ornice. Podloží násypu definujeme jako část terénu, která tvoří základ násypu a omezujeme jej se zdola hloubkou, do níž mohou působit vlivy způsobené přitížením násypu (vedením dopravy, instalací zařízení). Do zemního tělesa uvažujeme hloubku, která je dotčena stavebními úpravami. [28]

Plocha násypu je tedy ze spodu ohraničena skalním povrchem a se shora pak zemní plání.



Obrázek č. 35 – Vymezení plochy násypu [28]

10.6 Kubatury zemních prací

Zemní práce a jejich optimalizace má vliv na celkovou dobu výstavby liniových staveb a také na jejich ekonomickou náročnost. Určení objemu zemních prací pak vede k vyměření finančních nákladů, určení doby výstavby a také k vytváření rozvozních tras. K určení zemních prací využíváme především dva druhy způsobů:

- 1) Kubatury z trojúhelníků
- 2) Kubatury z příčných řezů

Nejpřesnějšího výsledku dosáhneme užitím vhodného softwaru pro projektování pozemních komunikací. [28]

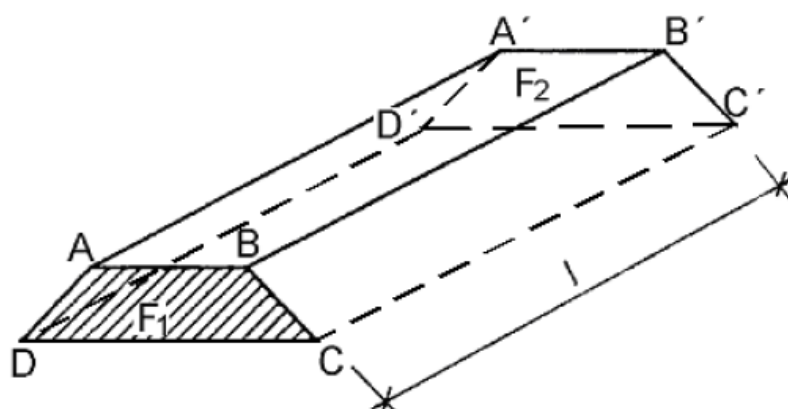
10.6.1 Kubatury z trojúhelníků

Princip výpočtu je založený na promítnutí trojúhelníku z jednoho povrchu na druhý a následnému spočítání objemu každého tělesa, které je podobné hranolu, tzv. prismoidu. Povrchy, které promítáme mohou například být původní terén a navržená komunikace. Matematický model je velice přesný, avšak závisí na kvalitě vstupních údajů, kterými v tomto případě jsou zaměřené body, z toho plyne, že čím přesněji máme zaměřené body, z nichž jsme získali povrchy, které na sebe promítáme, tím více se přiblížíme skutečnému objemu kubatur. [28]

10.6.2 Kubatura z příčných řezů

Metoda založená na výpočtu ploch násypu a zářezu v jednotlivých příčných řezech. Výpočet tímto způsobem je přesnější pro přehled o celkových objemech zemních prací, a to díky možnosti do výpočtu zohlednit celkem tři povrchy – původní terén, povrch zemní pláň a povrch navržené komunikace. Celkový výsledek je pak přesnější, pokud využíváme kratší vzdálenost příčných řezů. U silnic a účelových komunikací bývají pracovní příčné řezy vzdáleny 20 m, u dálnic I. a II. třídy pak 25 m. [28]

Vznikají úseky ohraničené sousedními charakteristickými příčnými řezy. Na těchto úsecích idealizujeme zemní těleso jako hranol – tedy jako těleso mající přímé hrany a je ohraničeno dvěma rovinnými mnohoúhelníky tvořící podstavu. Tyto podstavy pak leží ve dvou rovnoběžných rovinách. Výška je pak rovna právě vzdálenosti příčných řezů (viz Obrázek č. 36). [28]



Obrázek č. 36 – Idealizované zemní těleso [28]

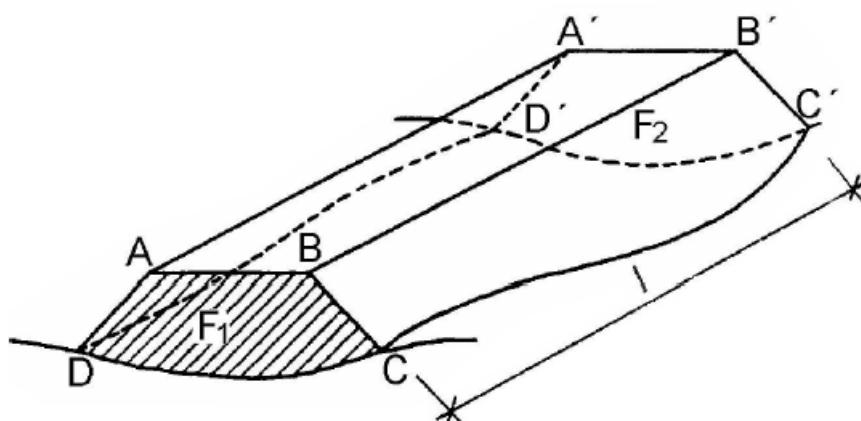
Objem idealizovaného tělesa pak stanovíme dle

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} * l$$

Objem zemních prací dané stavby je pak dán

$$\sum_{n=1}^n V_n$$

Tvar skutečného tělesa je na Obrázku č. 37



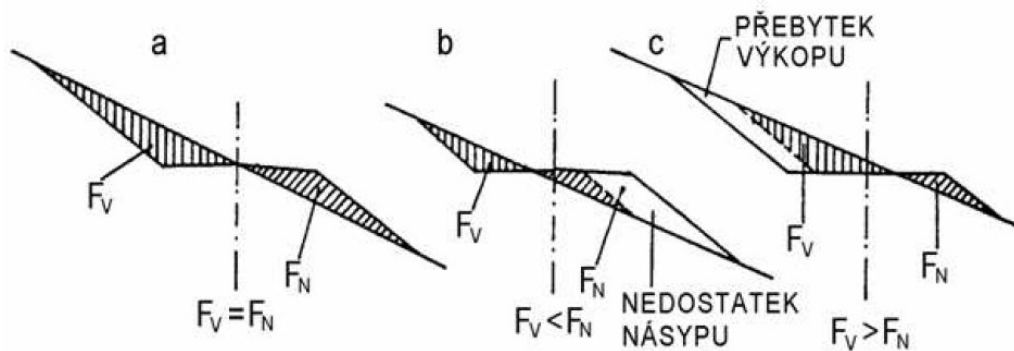
Obrázek č. 37 – Tvar skutečného zemního tělesa [28]

10.6.3 Hmotnice

Součtová lomená čára hmot, která popisuje přírůstek či úbytek zeminy, která je určena k podélnému rozvozu. Vynášíme ji v místech charakteristických příčných řezů a následně mezi nimi aproximujeme objem prací. Hmotnici užijeme pro určení výsledné bilance zemních prací,

k určení bilance zemních prací od začátku úseku v libovolném bodě, k určení rozvozních vzdáleností a střední rozvozní vzdálenosti a k tvorbě rozpočtů. Jako kladné hodnoty jsou označeny přebytky výkopu a jako záporné označujeme přebytky násypu. [28]

Pokud se na trase nachází místo, kde je komunikace v odřezu, pak je nutné spočítat příčný přehoz a mohou nastat tři různé situace:



Obrázek č. 38 – Schéma příčného řezu při návrhu zemních prací [28]

Přebytek výkopu – vytěžené zeminy je více, než je nutno nasypat

Vyrovnaná bilance – objem vytěžené zeminy je roven objemu zeminy, jež je potřeba nasypat.

Přebytek násypu – objem vytěžené zeminy je menší, než je objem zeminy, kterou je nutno navézt.

Po vykreslení hmotnice určujeme vyrovnávací přímky, které v praxi stanovíme tak, že největší pořadnici dané části hmotnice rozpůlíme a tímto bodem vedeme rovnoběžku s osou, na níž je vyznačeno staničení. Místa, kde tato rovnoběžka protne hmotnici určují úseky s vyrovnanou bilancí zemních prací. To znamená, že zemina v tomto úseku vytěžená je uložena do tělesa násypu. [28]

V úseku, který je označen jako úsek s vyrovnanou bilancí zemních prací počítáme přepravní moment jako násobek výšky daného úseku [m³] a délky úseku [m]. [28]

Z dopravních momentů pro jednotlivé vlny hmotnice a z objemu zemních prací v jednotlivých vlnách určíme pro celý projektovaný úsek, popřípadě pro jeho část mající zhruba stejné podmínky střední rozvoznou vzdálenost dle vztahu:

$$l_{\text{stř}} = \frac{\sum \text{Dopravních momentů}}{\sum \text{Kubatur}} \quad [28]$$

10.7 Vyhodnocení zemních prací

10.7.1 Objem zemních prací

Výpočet objemu zemních prací jsem provedl výpočtem kubatur z příčných řezů. Vzhledem k tomu, že podloží je skalní masiv, nedochází k sejmutí ornice. Zároveň nebude provedeno osetí svahu. Podloží násypu je rovněž vyhovující pro stavbu tělesa pozemní komunikace, a tak nedojde k žádným úpravám. Pro výpočet bylo zvoleno 5 příčných řezů:

- 1) Řez č.1 ve staničení 0,00000 km
- 2) Řez č. 2 ve staničení 0,30000 km
- 3) Řez č. 3 ve staničení 0,31664 km
- 4) Řez č. 4 ve staničení 0,36270 km
- 5) Řez č.5 ve staničení 0,97520 km

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v příloze Kubatury zemních prací. Hmotnice se pak nachází v příloze Hmotnice zemních prací.

Z výsledků je patrné, že je nutno zajistit dovoz 3 418,594 m³ násypového materiálu. Zisk z odstřelu stačí na pokrytí jen malé části vytvořeného násypu, ostatní materiál bude dovezen z lomu.

10.7.2 Stanovení nákladů na zemní práce

K manipulaci s odstřelenou horninou a také k transportu násypového materiálu budou využity stroje pracující přímo v lomu. Podloží komunikace a zemní těleso je vytvářeno přehozením odstřelené horniny přes skalní hranu. Horninu, která nebyla získána ze dvou realizovaných odstřelů bude nutno přivést za pomoci Damperu, který bude naložen nakladačem. Tato hornina je pak umístěna do podloží komunikace, případně do zemního tělesa.

DRUH	ZNAČKA	TYP	ROK VÝROBY	VÝKON (kW)	HMOTNOST (kg)	CENA ZA HODINU (KČ)
Pásové rypadlo	DOOSAN	DX 340 LC	2007	184	34 080	810

Damper – technologické vozidlo	VOLVO	A30D	2004	252	23 000	590
Nakladač	VOLVO	L120 C	1998	478	20 500	450

Tabulka č. 19 – Hodinové sazby pracovních strojů

K určení hodinových nákladů na provoz vozidla se bere v úvahu jeho pořizovací cena, náklady na opravy za rok 2019, průměrná spotřeba PMH a mzdy obsluhy. Nejsou uvažovány odpisy kvůli věku strojů. Dále nejsou uvažovány režijní náklady na provoz lomu, protože se jedná o vnitropodnikové ceny.

Závodní lomu počítá s dvoutýdenním nasazením pásového rypadla a damperu s tím, že damper bude sloužit i k ostatním pracím v lomu. Délka pracovní směny v lomu činí 8 hodin. Zemní práce, u nichž bylo třeba pásového rypadla byly hotovy za 51 hodin. Damper pracoval i na jiných činnostech lomu a výstavbě díla se věnoval 30 hodin. Nakladač zde pracoval hodin 7. Vynaložené náklady jsou pak uvedeny v Tabulce č 20.

DRUH	ZNAČKA	CENA ZA HODINU (KČ)	POČET HODIN	CENA (KČ)
Pásové rypadlo	DOOSAN	810	51	41 310
Damper	VOLVO	590	30	17 700
Nakladač	VOLVO	450	7	3 150

Tabulka č. 20 – Náklady na práci vykonanou stroji

Násyp bude z 10 % tvořen lomovým kamenem netříděným a z 90 % procent frakcí 0/32. Určení finančních nákladů je provedeno v Tabulce č. 21.

Frakce	Cena/t	Objemová hmotnost volně sypaného kameniva [kg/m ³]	Objem kameniva [m ³]	Hmotnost [t]	Cena [Kč]	Celkem [Kč]
32/63	170	1410	3 076,73	4 338,20	737 493,22	802 104,64
LMK	140	1350	341,86	461,51	64 611,42	

Tabulka č. 21 – Náklady na násypový materiál

Cena za provedené trhací práce činí 230 118 Kč.

Kryt vozovky je prašný a kamenivo, které se použije jako vrstva krytu pochází z lomu. Pro výpočet ceny se použije vnitropodniková cena kameniva.

Fr. 4/8	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]	Hmotnost [t]	Cena/t	Celkem [Kč]
	2940	35,1072	103,215168	180	18 578,73

Tabulka č. 22 – Náklady na materiál krytu vozovky

Celkové náklady na zemní práce jsou rovny součtu nákladům na zhotovení násypového tělesa (tedy na náklady na provoz strojů a na materiál) a nákladům na provedení trhacích prací.

Celková cena zemních prací je **1 094 382,64 Kč** (viz Tabulka č. 23).

Položka	Cena [Kč]	Celková cena [Kč]
Trhací práce	230 118,00	1 094 382,64
Náklady na stroje	59 010,00	
Náklady na násypový materiál	802 104,64	

Tabulka č. 23 – Celkové náklady na provedení zemního tělesa

10.8 Celkové náklady na provedení pozemní komunikace

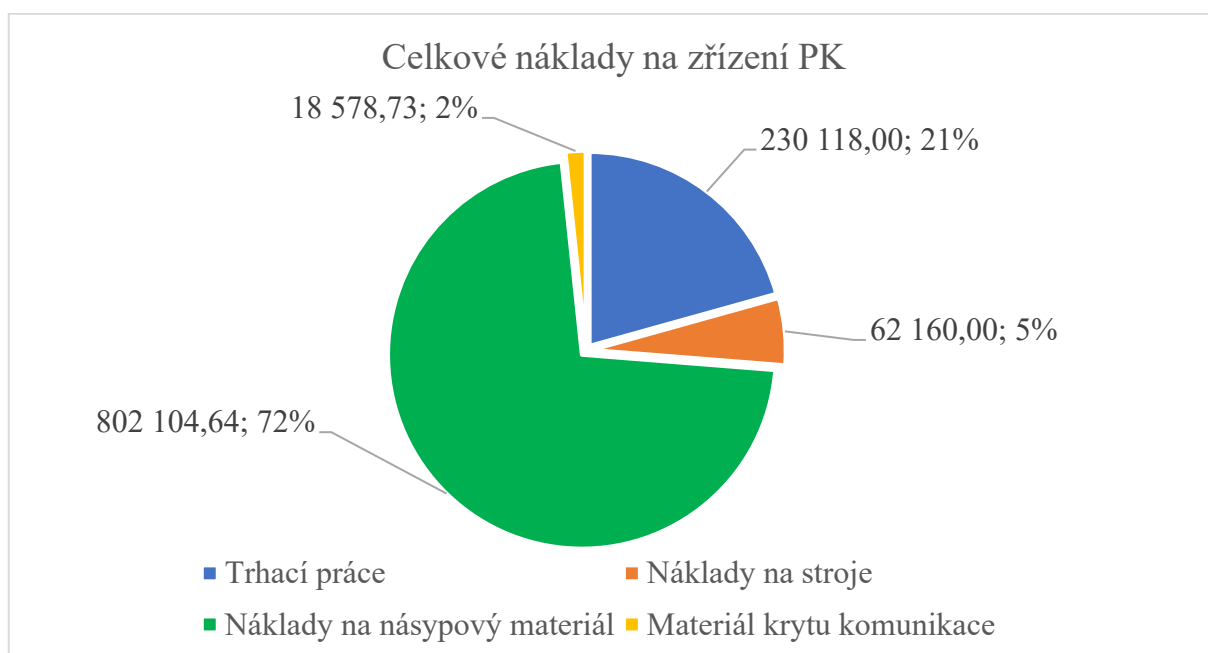
Celkové finanční zdroje vynaložené na zhotovení pozemní komunikace v lomu jsou dané cenou za zemní práce a cenou materiálu krytu vozovky.

Celková cena je vyčíslena na **1 112 961,37 Kč** (viz Tabulka č. 24).

Položka	Cena [Kč]	Celková cena [Kč]
Trhací práce	230 118,00	1 112 961,37
Náklady na stroje	62 160,00	
Náklady na násypový materiál	802 104,64	
Materiál krytu komunikace	18 578,73	

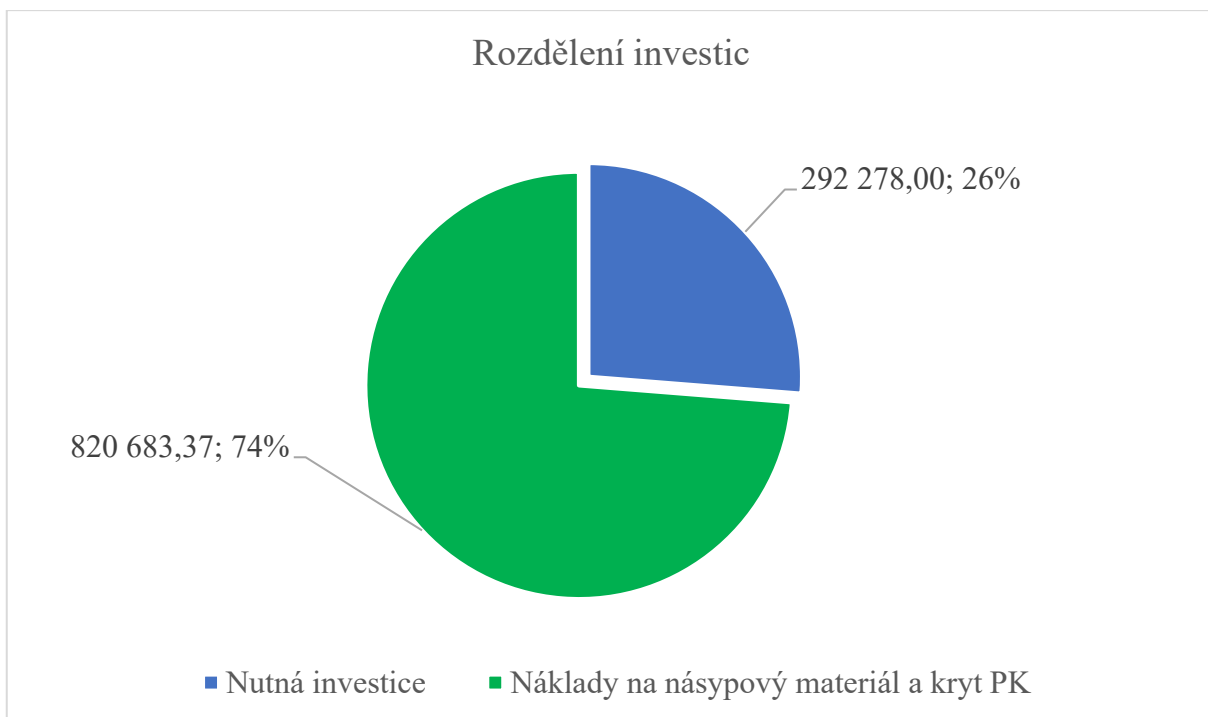
Tabulka č. 24 – Celkové náklady na zřízení komunikace

Graficky je rozložení finančních nákladů zobrazeno v Grafu č. 4



Graf č. 4 – Znárodnění poměrů jednotlivých položek

Náklady na práci strojů a náklady na trhací práce tvoří nutnou investici do vybudování pozemní komunikace. Násypový materiál a materiál krytu komunikace může být při zrušení komunikace dále zpracován. (viz Graf č. 5)



Graf č. 5 – Rozdělení investic

11 FOTODOKUMENTACE VÝSTAVBY PK



Obrázek č. 39 – Původní komunikace



Obrázek č. 40 – Původní komunikace – detail



Obrázek č. 41 – Rozmístění vrtů v počátku trasy



Obrázek č. 42 – Počátek budování trasy



Obrázek č. 43 – Počátek budování trasy 2



Obrázek č 44 - Počátek budování trasy 3



Obrázek č. 45 – Budování násypu



Obrázek č. 46 – Budování násypu 2



Obrázek č. 47 – Budování násypu 3



Obrázek č. 48 – Budování násypu 4

ZÁVĚR

Bakalářská práce, kterou jsem zpracoval na základě požadavků praxe lomu Markovice se zabývá návrhem nové pozemní komunikace s posouzením stability násypového i zářezového skalního svahu. Návrh směrového a výškového řešení pozemní komunikace vyhovuje v plném rozsahu požadavkům závodního lomu, které jsou řízeny vyhláškou č. 26/1989 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu.

Na základě provedeného sčítání dopravy v úseku, který předchází nově navržené komunikaci jsem určil třídu dopravního zatížení V a návrhovou úroveň porušení D2. Pro kontrolu míry zhutnění a únosnosti podloží jsem zvolil statickou zatěžovací zkoušku. Na zemní pláni jsem naměřil ve druhém zatěžovacím cyklu 190,4 Mpa. TP 170 požadují pro třídu dopravního zatížení V a návrhovou úroveň porušení D2 na zemní pláni modul deformace 60–100 Mpa dle krytu. Mnou naměřená hodnota výrazně přesahuje požadavky TP 170 a vzhledem k absenci konstrukční a ochranné vrstvy u ostatní PK v lomu jsem se rozhodl nenavrhopvat je ani zde.

Pro posouzení skalních zářezů a svahů násypových těles bylo nutné provést laboratorní zkoušky horniny (pevnost v prostém tlaku, přirozenou objemovou hmotnost horniny a vlhkost horniny). Dle zjištěné střední hodnoty ze zkoušek pevnosti v prostém tlaku (187, 91 Mpa) jsem zařadil markovický amfibolit do pevnostní třídy R1 a do třídy těžitelnosti III dle české normy ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Těžení horniny bylo provedeno trhacími pracemi realizovanými clonovými odstřely se záhlavními vrty. Smykové vlastnosti amfibolitu jsem určil z již publikované práce.

Kritickým místem z hlediska řešení stability skalních zářezů je počátek trasy. Skalní stěna mezi II. a III. etáží existovala již u původní komunikace a nebyla nutnost ji posuzovat. V případě, že by došlo k odloučení části horninového masívu a pádu horniny na pozemní komunikaci, tak v podmínkách provozu lomu by taková situace byla řešena odvozem horniny z komunikace jejímu dalšímu využití, nicméně tomuto případu má zamezit berma, jejíž minimální šířka je 2,8 m. Nově vzniklá skalní stěna po odstřelení a odtěžení skalního masívu mezi III. a IV. etáží vyhověla z hlediska stability na stav porušení STR a GEO bez nutnosti realizovat další opatření pro zvýšení stability svahu.

Nově vybudované zemní těleso dosahuje největších rozměrů v počátku trasy, a proto jsem posuzoval stabilitu v tomto místě. Násyp je kombinací LMK a frakce 0/32. LMK se nachází převážně v jádře násypu a je doplněn frakcí 0/32. Vzhledem k absenci smykových vlastnosti

LMK a frakce 0/32 jsem pro výpočet použil stejné hodnoty úhlu vnitřního tření a koheze jako v případě skalního svahu. Násyp v tomto případě vyhověl na stav porušení STR a GEO. Zvýšení stability svahu nenavrhuji.

Celkové náklady na vybudování pozemní komunikace činí 1 112 961,37 Kč. Z této sumy je 74 % tvořeno cenou násypového materiálu a materiálu krytu PK. S postupující těžbou dojde v budoucnu k otvírce V. etáže a může dojít ke zrušení této PK či ke změně jejího trasování. Pak lze násypový materiál a kamenivo z krytu použít buď pro vybudování nových zemních těles nebo k jiným stavebním účelům. Lze tedy říci, že 26 % z celkových nákladů (292 278,00 Kč) je nutno investovat do rozšíření oblasti těžby lomu a zbytek nákladů je formou materiálu, pro který se v budoucnu může najít jiné využití.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZÍMA, Ing. Jaroslav. Souhrnný plán sanace a rekultivace ložiska stavebního kamene ŽLEBY - MARKOVICE. Chomutov: Geologické služby, 2013.
- [2] Oblast kutnohorsko-svratecká. In: Departments.fsv.cvut.cz [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://departments.fsv.cvut.cz/k135/wwwold/webkurzy/obrazky/kutnohor.jpg>
- [3] Amfibolit. In: Geologie.vsb.cz [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/PETROLOGIE2013/metamorfovane-regionalne-amfibolit.htm>
- [4] KUBÁT, Ing. Max. DOPLNĚK č.3 PLÁNU OTVÍRKY, PŘÍPRAVY A DOBÝVÁNÍ VÝHRADNÍHO LOŽISKA POVRCHOVÝM ZPŮSOBEM. Čáslav, 2014.
- [5] HANSLÍK, Ing. Aleš. ZAHLOUBENÍ STÁVAJÍCÍHO LOMU MARKOVICE. Hlučín, 2012.
- [6] HORÁK, Vladislav. Mechanika hornin [online]. Brno, 2006 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BF05-Mechanika_hornin/BF05-Mechanika_hornin--M01-Laborator_mechaniky_hornin.pdf
- [7] ŠIMEK, DRSC., prof. Ing. Jiří. Mechanika hornin: Laboratorní zkoušky hornin. 3. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-001126-7.
- [8] ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] MENČÍK, CSC, prof. Ing. Jaroslav. Porušení konstrukcí. Univerzita Pardubice, 1996.
- [10] PETRÁSEK, Ing. Ivo. Obr. 3. In: <https://stavba.tzb-info.cz> [online]. 24.8.2009 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/5860-nove-reseni-tepelne-izolace-soklu>
- [11] ŠMEJDA, PHD, Ing. Aleš. Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru. Univerzita Pardubice, 2018.
- [12] Parametry pro výpočet únosnosti základu. In: Fine Civil Engineering Software [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/parametry-pro-vypocet-unosnosti-zakladu-01/>

- [13] Mechanika hornin: Přednáška 2 Technické vlastnosti a laboratorní zkoušky [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2014/03/mechanika-hornin-2.pdf>
- [14] Mechanika hornin: Přednáška 3 Klasifikace hornin [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2014/03/mechanika-hornin-3.pdf>
- [15] Index RMR. In: Departments.fsv.cvut.cz: Katedra geotechniky [online]. 2008 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: http://departments.fsv.cvut.cz/k135/cms/?page_id=321
- [16] TP 170. Navrhování vozovek pozemních komunikací. 2010.
- [17] SLABÝ, CSC, doc. Ing. Petr. POM.1 PSPK, projektování.
- [18] ČSN 73 6190. Statická zatěžovací zkouška podloží a podkladních vrstev vozovek.
- [19] MOHYLA, Ing. Marek. STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA. In: Inovace studijního oboru geotechnika [online]. 2009 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/staticka-zatezovaci-zkouska.pdf>
- [20] ČSN 72 1006. Kontrola zhutnění zemin a sypanin. 2015.
- [21] HOLAS, Daniel. Výpočet stability svahů dle stupně bezpečnosti a dle evropské normy EC 7-1. Studentská 95, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Ale Šmejda, PhD.
- [22] ŠMEJDA, PHD, Ing. Aleš. Zakládání staveb, cvičení 1. a 2. Univerzita Pardubice.
- [23] CHODACKI, Ing. Milan. Stabilita stěn skalních zářezů, stabilizační metody a návrh jejich parametrů a monitorovací kontrolní a bezpečnostní systémy. Ludvíka Podéště 1875/17, Ostrava-Poruba, 708 00, 2016. Disertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Karel Vojtasik, CSc.
- [24] ŠMEJDA, PHD, Ing. Aleš. Stabilita cvičení. Univerzita Pardubice.
- [25] Stabilita svahu: Mechanika hornin a zemin - cvičení 05. In: Mechanika hornin a zemin [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/MHZ-cviko-05.pdf>
- [26] ZHAO, Jian, Vincent LABIOUSE, Jean-Paul DUDT a Jean-François MATHIER. Rock Mechanics in Civil and Environmental Engineering [online]. London: Taylor & Francis Group, 2010 [cit. 2020-05-23]. ISBN 978-0-415-58654-2. Dostupné z:

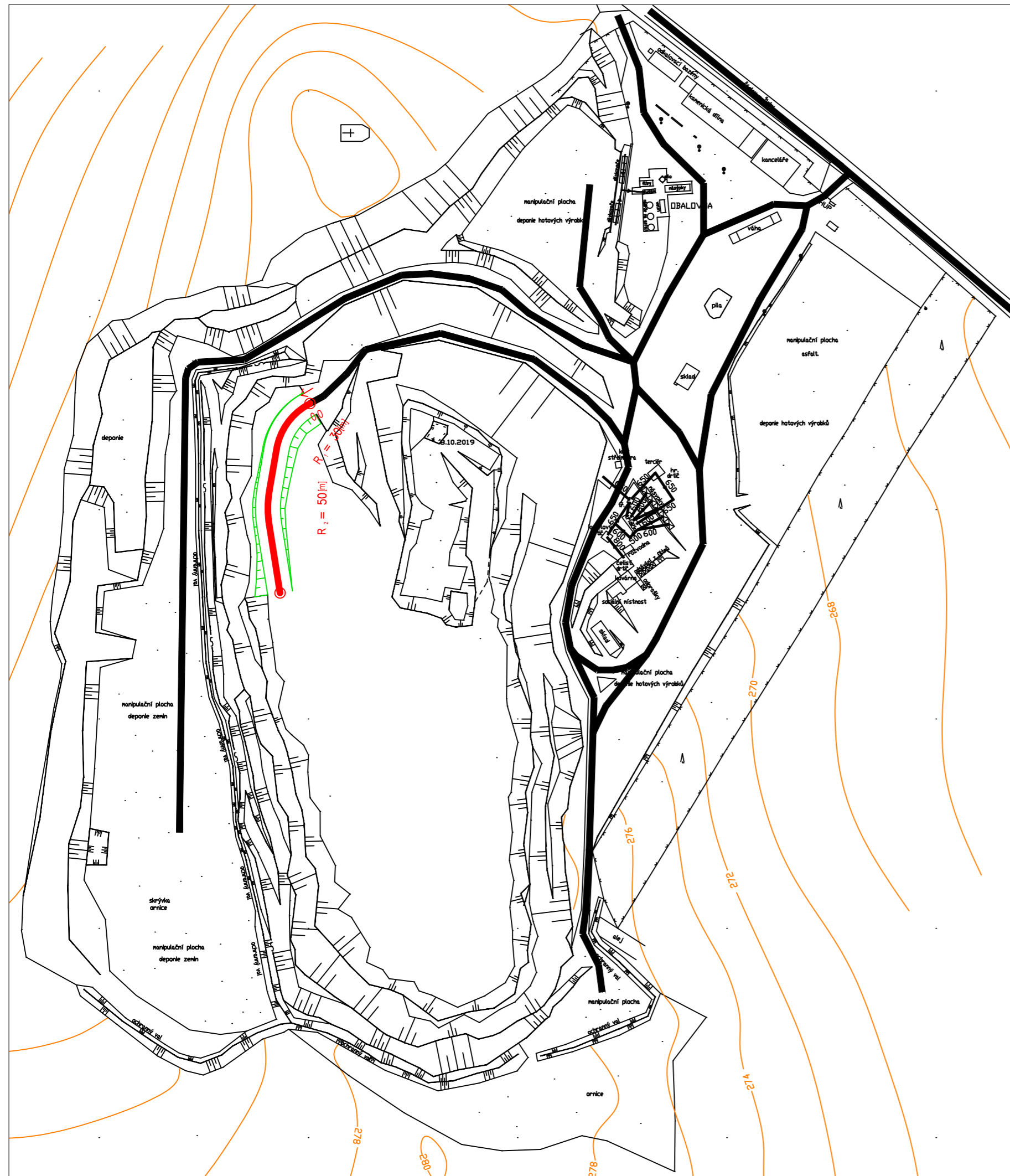
https://books.google.cz/books?id=IdbKBQAAQBAJ&pg=PA561&lpg=PA561&dq=amphibolite+friction+angle+50&source=bl&ots=2NspdZjR_B&sig=ACfU3U27TM5gHWxZz721gO5SqQHaC8aqnA&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiQpZjfwcnpAhVF4aQKHfyLAEEQ6AEwCXoECACQAQ#v=onepage&q=amphibolite%20friction%20angle%2050&f=false

[27] VOLVO ARTICULATED HAULER A30D. In: Volvo constructions equipment [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/09-articulated-haulers/05-volvo/v-a30d-d10/v-a30d-d10-2216694153-2003-01.pdf?v=SPg5Pw>



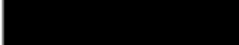
[28] RADIMSKÝ, Ing. Michal. PROJEKTOVÁNÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ: MODUL 2 KUBATURY, HMOTNICE, ROZVOZNÉ VZDÁLENOSTI [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CM01-Projektování%20pozemních%20komunikací/M02-Kubatury,%20hmotnice,%20rozvozné%20vzdálenosti.pdf>

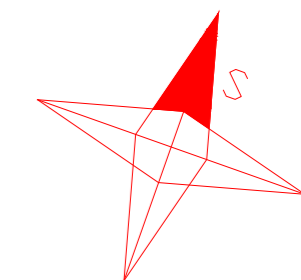
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Přehledná situace stavby	99
Příloha B – Podrobná situace stavby	102
Příloha C – Podélný řez v ose PK.....	104
Příloha D – Podrobný podélný profil.....	107
Příloha E – Příčný řez č.1	113
Příloha F – Příčný řez č.2.....	117
Příloha G – Schéma pro určení kubatur.....	121
Příloha H – Kubatury zemních prací	124
Příloha I – Hmotnice zemních prací	127
Příloha J – Statická zatěžovací zkouška	128
Příloha K – Výpočet skalního svahu.....	129
Příloha L – Výpočet násypového svahu	134
Příloha M – Protokol laboratorních zkoušek	144

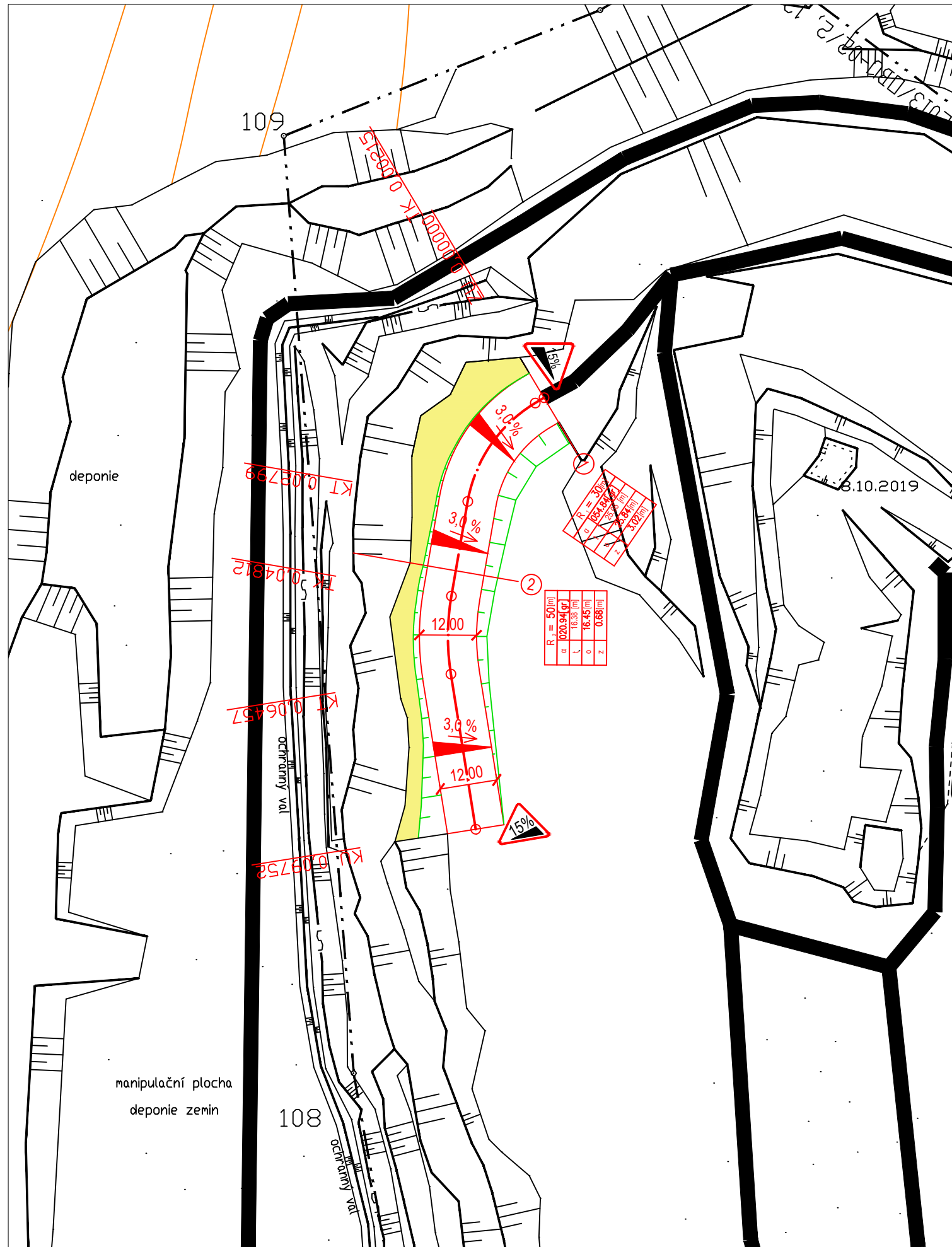


Vysvětlivky

-  Výškopis
-  Polohpis
-  Stávající komunikace

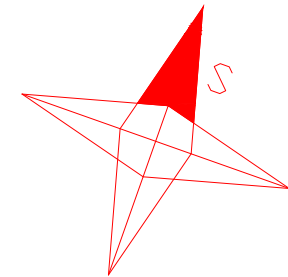


NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTRLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	3x4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha A - Přehledná situace stavby			ČÍSLO PŘÍLOHY	A
			MĚŘÍTKO VÝKRESU 1:2000	



Vysvětlivky

- Berma
- Stávající komunikace
- Výškopis
- Polohpis



NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTROLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	2xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha B - Podrobná situace stavby			ČÍSLO PŘÍLOHY	B
			MĚŘÍTKO VÝKRESU 1:1000	

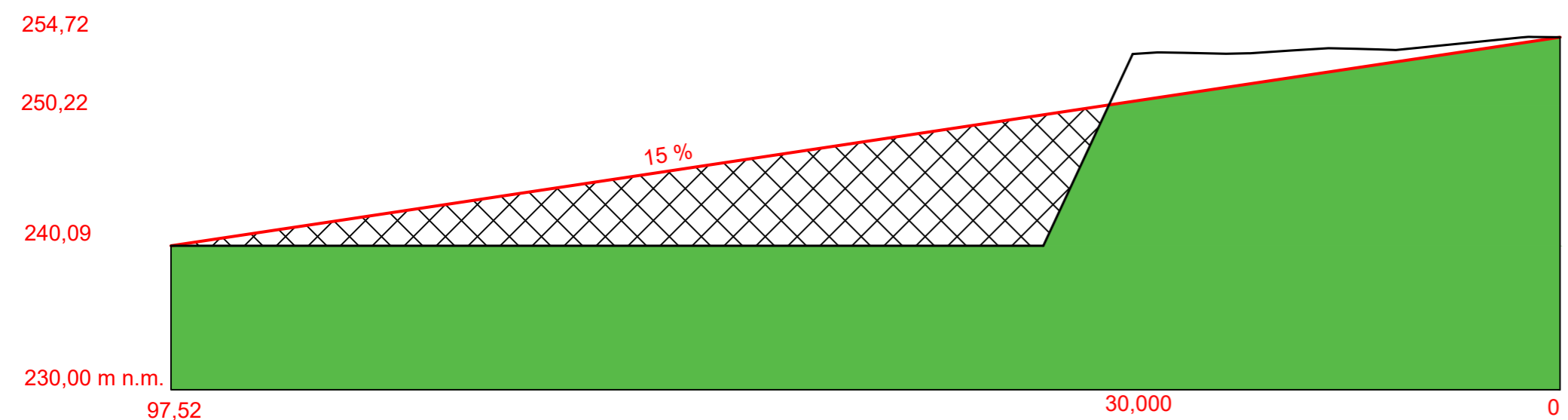
Vysvětlivky



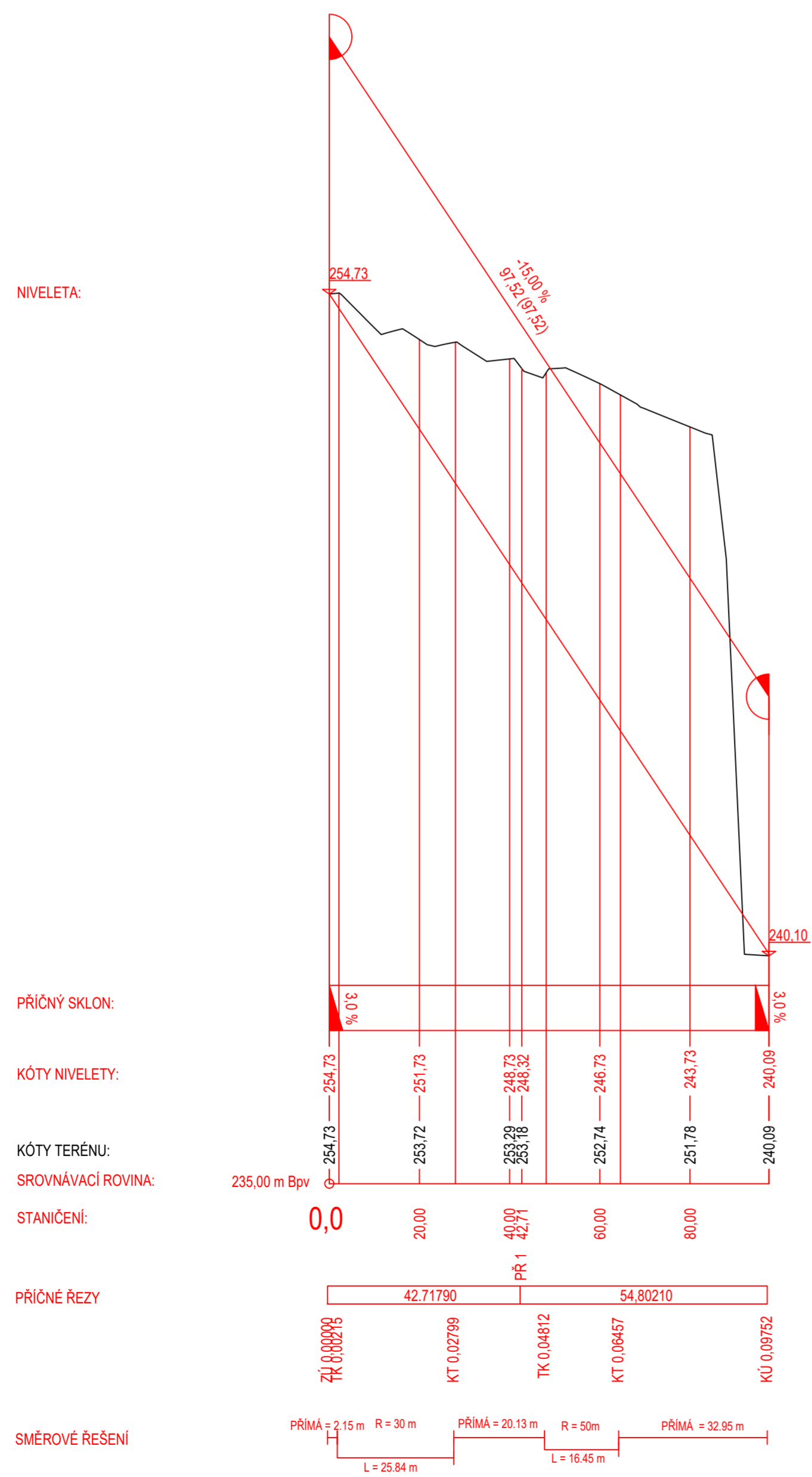
Amfibolit



Násyp

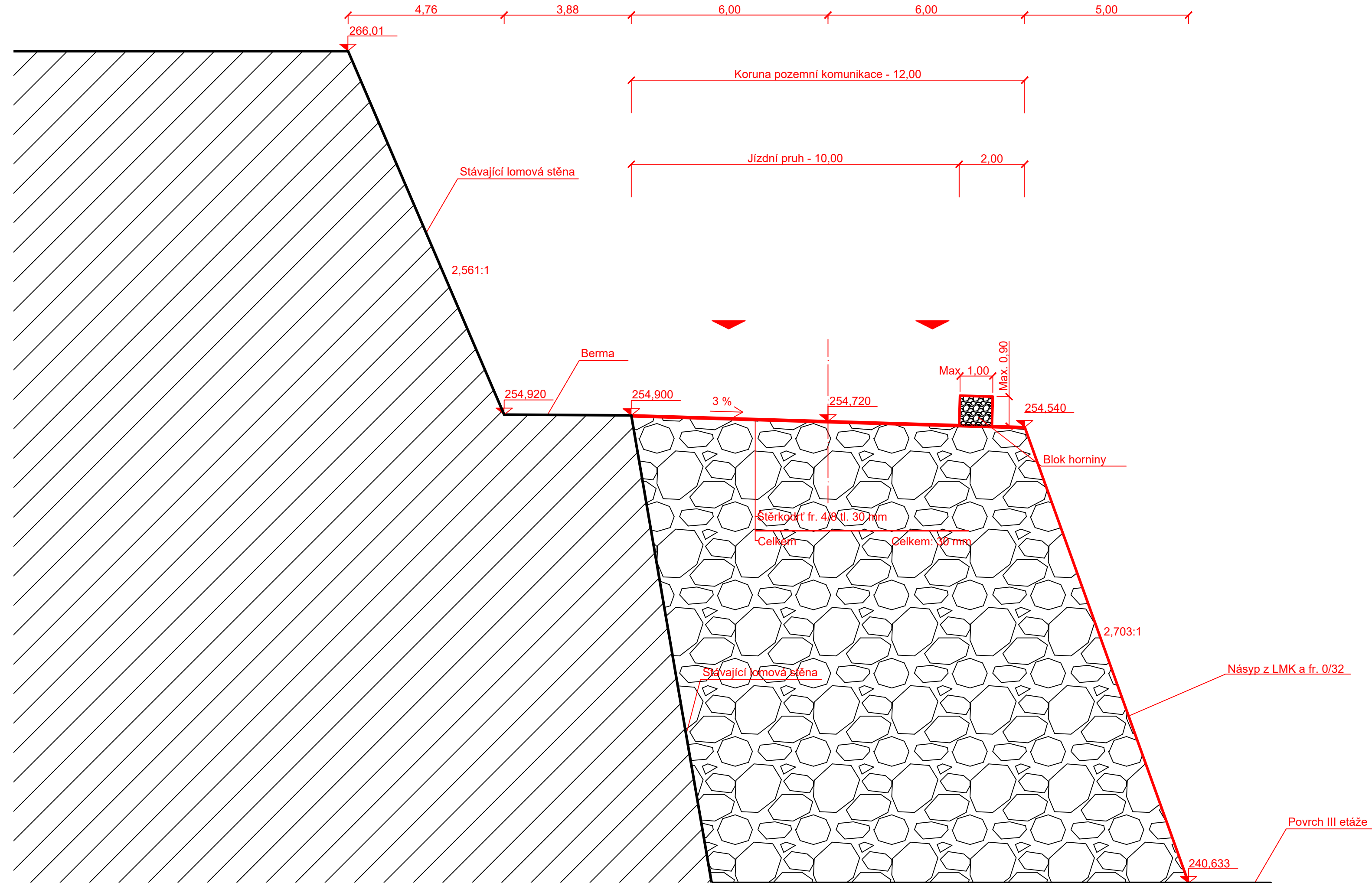


NAVRHL	VYPRACOVAL	KONTROLOVAL	UNIVERZITA PARDUBICE	
Jan Kubát	Jan Kubát	Ing. Aleš Šmejda, PhD.	DOPRAVNÍ FAKULTA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	3xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha C - Podélný řez v ose PK			ČÍSLO PŘÍLOHY	C
			MĚŘÍTKO VÝKRESU 1:400	



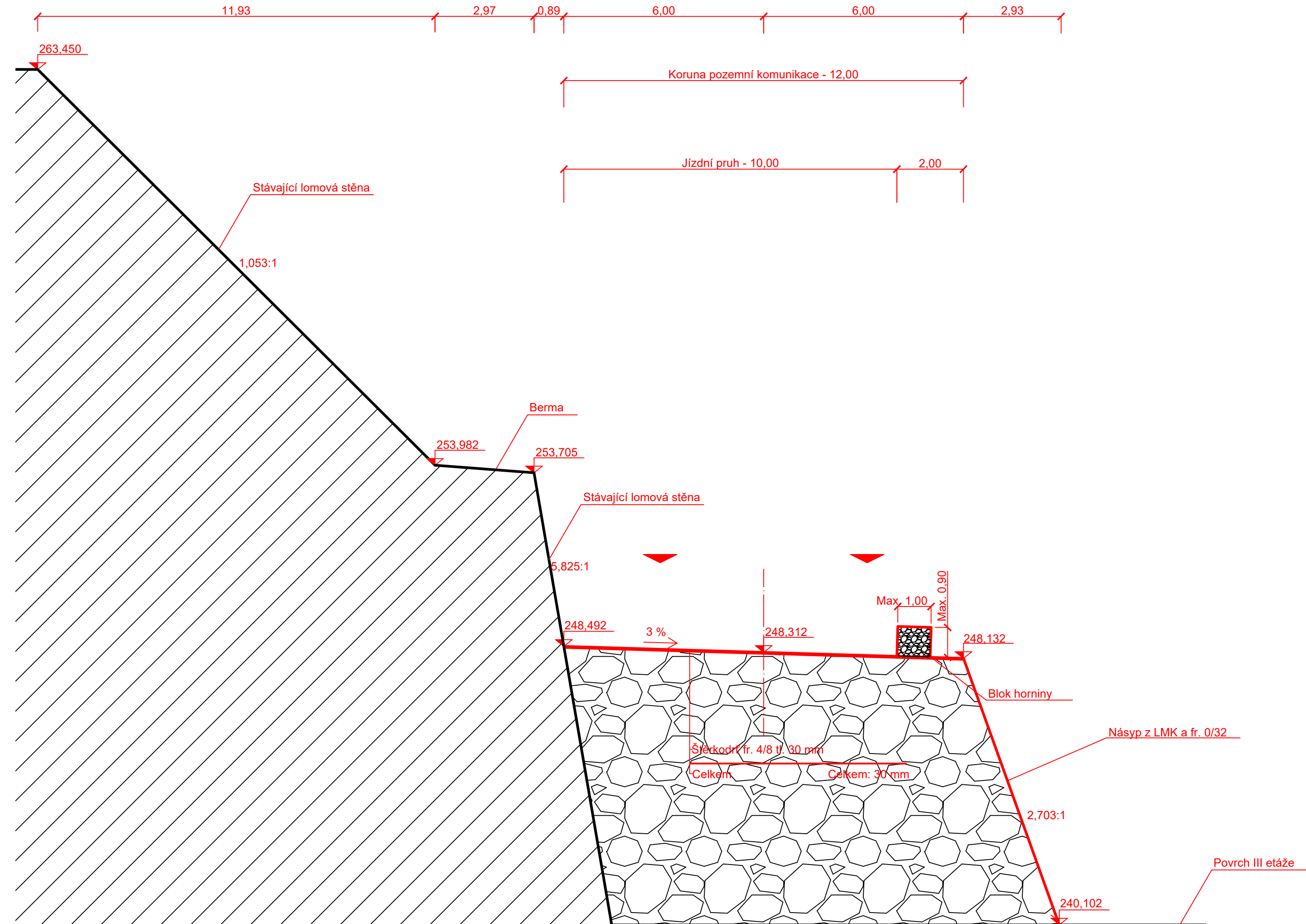
NAVRHL	VYPRACOVAL	KONTROLOVAL	UNIVERZITA PARDUBICE	
Jan Kubát	Jan Kubát	Ing. Aleš Šmejda, PhD.	DOPRAVNÍ FAKULTA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	6x4
Pozemní komunikace v lomu Markovice			ČÍSLO PŘÍLOHY	D
Příloha D - Podrobný podélný profil komunikace			MĚŘÍTKO VÝKRESU	
			1:1000/100	

Příčný řez č. 1 - km 0,0000 v přímé

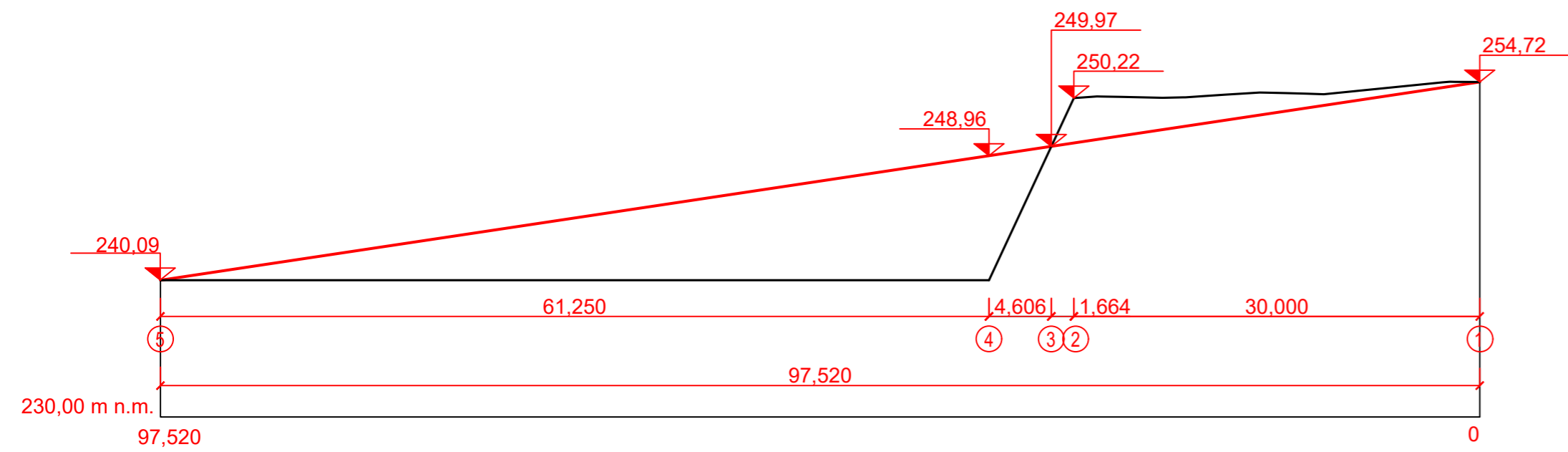


NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTRLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	4xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha E - Příčný řez č. 1			ČÍSLO PŘÍLOHY	E
			MĚŘÍTKO VÝKRESU 1:100	

Příčný řez č. 2 - km 0,04271 v přímé



NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTROLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20		DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství		FORMÁT	4xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha F - Příčný řez č. 2		ČÍSLO PŘÍLOHY	F
		MĚŘÍTKO VÝKRESU	1:100



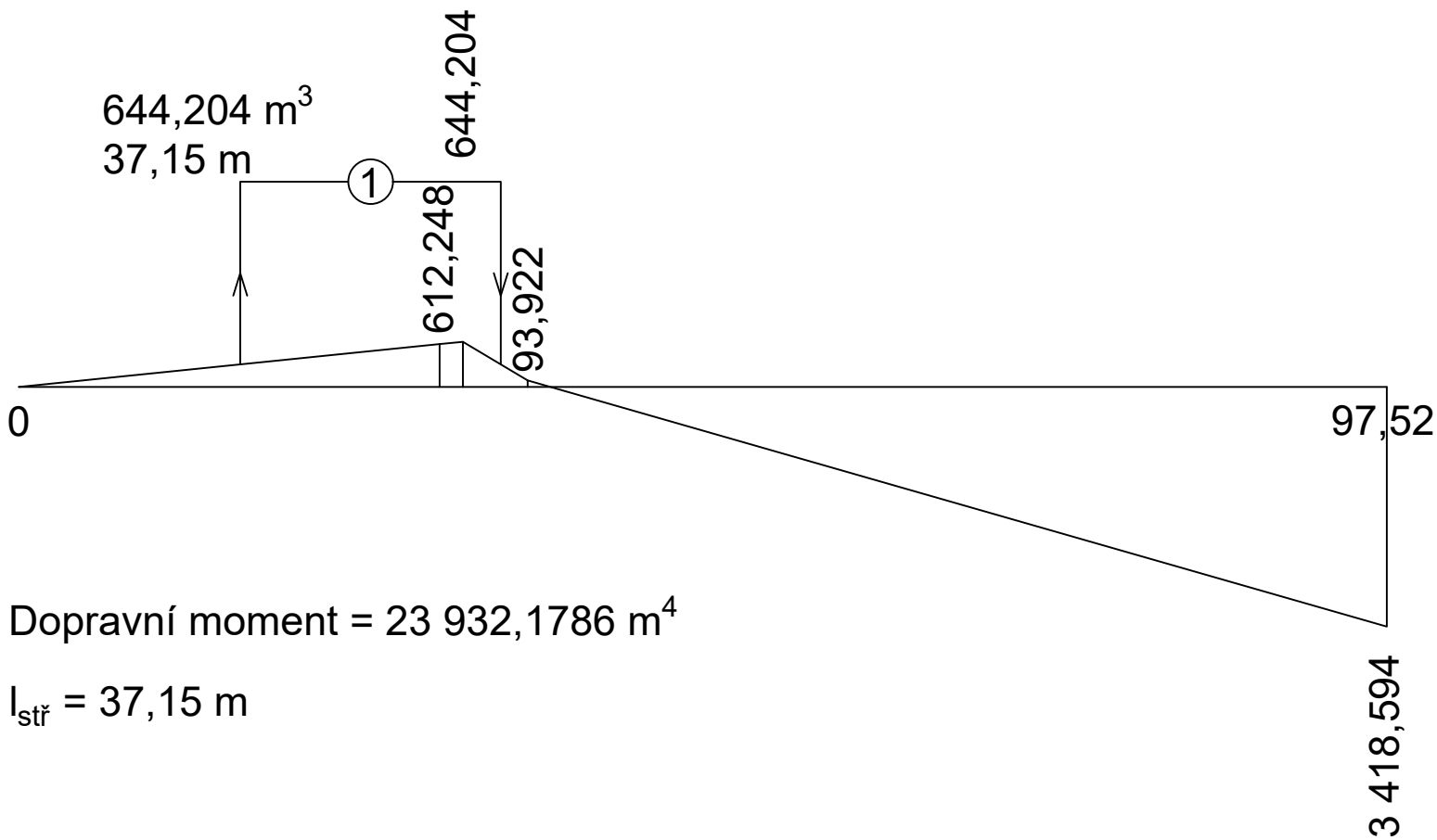
NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTROLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	3xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha G - Schéma pro určení kubatur			ČÍSLO PŘÍLOHY	G
			MĚŘÍTKO VÝKRESU 1:400	

Řez č.	Staničení [km]	Plocha příč. Řezu		Součet ploch		Polovina vzdál. [m]	Kubatury		Příčný přehoz [m³]	Přebytek výkopu [m³]	Nedostatek násypu [m³]	Pořadnice hmotnice	
		výkopu [m²]	násypu [m²]	výkopu [m²]	násypu [m²]		výkopu [m³]	násypu [m³]				+	-
1	0,00000	2,315	-	40,817	0,000	15,000	612,248	-	0,000	612,248	-	0,000	-
2	0,03000	38,502	-	38,502	0,000	0,830	31,956	-	0,000	31,956	-	612,248	-
3	0,31664	-	126,398	0,000	126,398	2,303	-	550,282	0,000	-	550,282	644,204	-
4	0,03627	-	112,524	0,000	238,922	30,625	-	3512,516	0,000	-	3512,516	93,922	-
5	0,97520	-	2,171	0,000	114,695	0,000	-	-	-	-	-	-	3418,594

NAVRHL Jan Kubát	VYPRACOVAL Jan Kubát	KONTROLOVAL Ing. Aleš Šmejda, PhD.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	3xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha H - Kubatury zemních prací			ČÍSLO PŘÍLOHY	H

Měřítko délek 1:500

Měřítko hmotnice 1 mm = 100 m³



NAVRHL	VYPRACOVAL	KONTROLOVAL	UNIVERZITA PARDUBICE	
Jan Kubát	Jan Kubát	Ing. Aleš Šmejda, PhD.	DOPRAVNÍ FAKULTA	
			JANA PERNERA	
AKADEMICKÝ ROK: 2019/20			DATUM	25. 05. 2020
KATEDRA: Dopravní stavitelství			FORMÁT	1xA4
Pozemní komunikace v lomu Markovice Příloha I - Hmotnice zemních prací stavby			ČÍSLO PŘÍLOHY	I



Protokol č. **10421/UCS/20**

počet listů: 1 list č. 1

Název zkoušky: **Statická zatěžovací zkouška podloží a podkladních vrstev vozovek**

Objednatel: Jan Kubát

Stavba a objekt: Pozemní komunikace lom Markovice

Začátek měření: 21.04.2020 09:03 Místo: komunikace

Číslo zkoušky: 1 Staničení: 0,08230 KM

Typ zařízení: ECM-Static v.č. 137 Vzdál. od osy:

Typ zkoušky: ČSN 72 1006 Zemina: ŠD 0/32

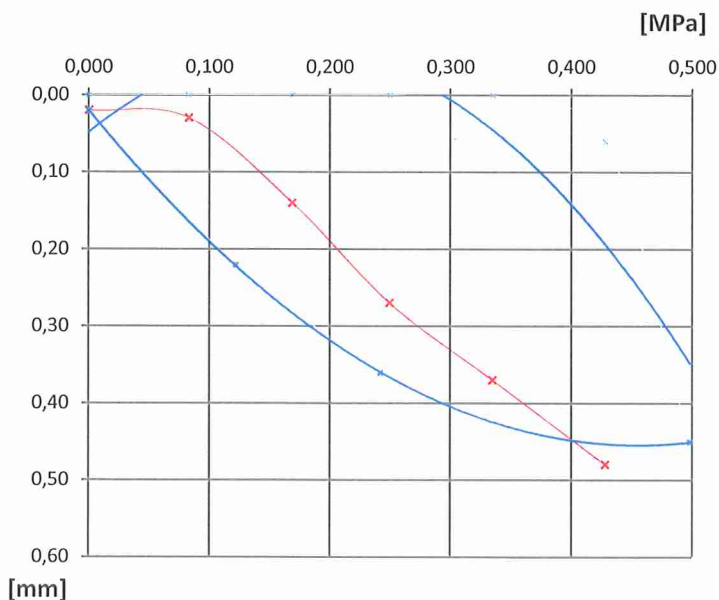
Velikost desky: 300 mm Podloží: rostlá skála

Převodový poměr 1:2 Počasí: 15 °C, slunečno

Jméno: Uher

Poznámka:

	1. zatěžovací cyklus		2. zatěžovací cyklus	
	p/MPa	s/mm	p/MPa	s/mm
1	0,000	0,00	0,000	0,02
2	0,083	0,00	0,082	0,03
3	0,169	0,00	0,165	0,14
4	0,250	0,00	0,249	0,27
5	0,335	0,00	0,333	0,37
6	0,428	0,06	0,417	0,48
7	0,498	0,45		
Odlehčení				
1	0,242	0,36		
2	0,122	0,22		
3	0,000	0,02		



Stat. modul def.: E01= 677 MPa

Stat. modul def.: E02= 190,4 MPa

Poměr: E02/E01= 0,28

V Čáslavi dne 21.04.2020

Jakub Uher
SILNICE ČÁSLAV - HOLDING, a.s.
technolog 285 91 Zbraslavice 331
SILNICE ČÁSLAV - HOLDING, a.s.
ředitelství: Čáslav, Chotusická 1121, 286 22 Čáslav
IČO: 252 61 282, tel.: 327 312 351-3

Výpočet skalního svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice
 Vypracoval : Jan Kubát
 Datum : 29.4.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA1

Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_W =$	1,35 [-]		1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
		Kombinace 1	Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Terén

Úseky terénu

Číslo	Sklon α [°]	Celková délka l [m]	Vodorovná délka l_h [m]	Výška l_v [m]
1	0,00	14,55	14,55	0,00
2	80,23	14,48	2,45	14,27
3	0,30	3,88	3,88	0,02
4	66,75	12,07	4,76	11,09
5	0,00	9,36	9,36	0,00

Hornina

Objemová tíha $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření $\phi = 50,00^\circ$
 Soudržnost $c = 60,00 \text{ kPa}$

Smyková plocha

Číslo	Souřadnice	
	x[m]	y[m]
1	14,55	0,00
2	19,33	-14,28

Sklon smykové plochy $\alpha = 71,50^\circ$



Pouze pro nekomerční využití



Typ smykové plochy: hladká

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : rovinná smyková plocha

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace pro stabilitní výpočty : trvalá

Výpočet čís. 1

Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 1

Síla vzdorující $T_{res} = 1150,06$ kN/m

Síla posouvající $T_{act} = 618,03$ kN/m

Stabilita skalního svahu VYHOVUJE

Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 2

Síla vzdorující $T_{res} = 868,93$ kN/m

Síla posouvající $T_{act} = 457,80$ kN/m

Stabilita skalního svahu VYHOVUJE

Výpočet skalního svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice
 Vypracoval : Jan Kubát
 Datum : 29.4.2020

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 α [°]	Celková délka l [m]	Vodorovná délka l_h [m]	Výška l_v [m]
1	0,00	14,55	14,55	0,00
2	80,23	14,48	2,45	14,27
3	0,30	3,88	3,88	0,02
4	66,75	12,07	4,76	11,09
5	0,00	9,36	9,36	0,00

Hornina

Objemová tíha $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření $\varphi = 50,00^\circ$
 Soudržnost $c = 60,00 \text{ kPa}$

Smyková plocha

Číslo	Souřadnice	
	x[m]	y[m]
1	14,55	0,00
2	19,33	-14,28

Sklon smykové plochy $\alpha = 71,50^\circ$

Typ smykové plochy: hladká

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : rovinná smyková plocha



Pouze pro nekomerční využití



Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace pro stabilitní výpočty : trvalá

Výpočet čís. 1**Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 1**Síla vzdorující $T_{res} = 1045,51$ kN/mSíla posouvající $T_{act} = 618,03$ kN/m**Stabilita skalního svahu VYHOVUJE****Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 2**Síla vzdorující $T_{res} = 1045,51$ kN/mSíla posouvající $T_{act} = 618,03$ kN/m**Stabilita skalního svahu VYHOVUJE**

Výpočet skalního svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice
 Vypracoval : Jan Kubát
 Datum : 29.4.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA3

Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)		
Trvalá návrhová situace		
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]

Terén

Úseky terénu

Číslo	Sklon α [°]	Celková délka l [m]	Vodorovná délka l_h [m]	Výška l_v [m]
1	0,00	14,55	14,55	0,00
2	80,23	14,48	2,45	14,27
3	0,30	3,88	3,88	0,02
4	66,75	12,07	4,76	11,09
5	0,00	9,36	9,36	0,00

Hornina

Objemová tíha $\gamma = 29,08$ kN/m³
 Smyková pevnost : Mohr-Coulomb
 Úhel vnitřního tření $\phi = 50,00$ °
 Soudržnost $c = 60,00$ kPa

Smyková plocha

Číslo	Souřadnice	
	x[m]	y[m]
1	14,55	0,00
2	19,33	-14,28

Sklon smykové plochy $\alpha = 71,50$ °

Typ smykové plochy: hladká



Pouze pro nekomerční využití



Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : rovinná smyková plocha

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace pro stabilitní výpočty : trvalá

Výpočet čís. 1**Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 1**Síla vzdorující $T_{res} = 868,93$ kN/mSíla posouvající $T_{act} = 457,80$ kN/m**Stabilita skalního svahu VYHOVUJE****Výpočet rovinné smykové plochy - kombinace 2**Síla vzdorující $T_{res} = 868,93$ kN/mSíla posouvající $T_{act} = 457,80$ kN/m**Stabilita skalního svahu VYHOVUJE**

Výpočet stability svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice

Vypracoval : Jan Kubát

Datum : 29.4.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA1

Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

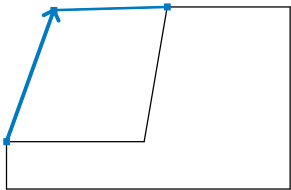
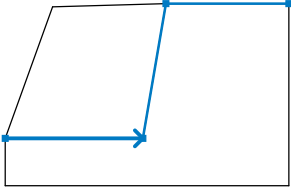
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_W =$	1,35 [-]		1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
		Kombinace 1	Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Rozhraní



Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	5,00	13,91	17,00	14,27
2		0,00	0,00	14,55	0,00	17,00	14,27
		30,00	14,27				





Pouze pro nekomerční využití



Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Násyp z kamenité sypaniny		50,00	60,00	29,08
2	Amfibolit		50,00	60,00	29,08

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Násyp z kamenité sypaniny		29,08		
2	Amfibolit		29,08		

Parametry zemin

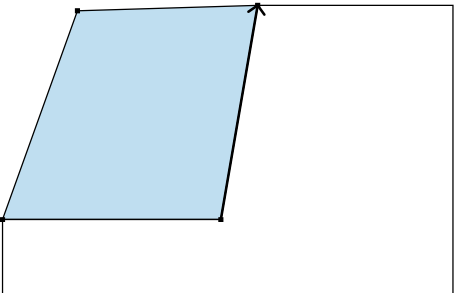

Násyp z kamenité sypaniny

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

Amfibolit

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy

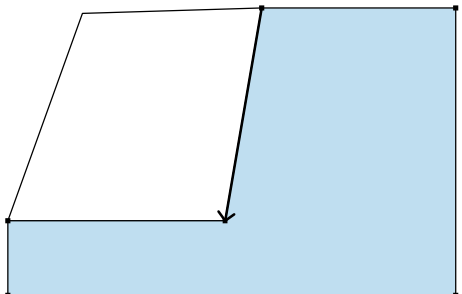

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		14,55	0,00	17,00	14,27	Násyp z kamenité sypaniny 
		5,00	13,91	0,00	0,00	



Pouze pro nekomerční využití



Jan Kubát

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
2		17,00	14,27	14,55	0,00	Amfibolit 
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		30,00	-5,00	30,00	14,27	

Přítížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ jednotka
1	pásové	stálé	na povrchu	x = 6,00	l = 1,00		0,00	26,17	kN/m ²
2	pásové	stálé	na povrchu	x = 7,00	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²
3	pásové	stálé	na povrchu	x = 9,26	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²

Názvy přítížení

Číslo	Název
1	Blok horniny
2	Levá pneumatika naloženého damperu
3	Pravá pneumatika naloženého damperu

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhá smyková plocha

Parametry smykové plochy						
Střed :	x =	-17,23	[m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	38,21 [°]
	z =	22,70	[m]		$\alpha_2 =$	72,12 [°]
Poloměr :	R =	28,18	[m]			

Smyková plocha po optimalizaci.

Posouzení stability svahu (Fellenius / Petterson)

Kombinace 1

Sumace aktivních sil : $F_a = 1100,97$ kN/mSumace pasivních sil : $F_p = 1686,77$ kN/mMoment sesouvající : $M_a = 21612,06$ kNm/m

Pouze pro nekomerční využití



Moment vzdorující : $M_p = 33111,36$ kNm/m

Využití : 65,3 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Kombinace 2

Sumace aktivních sil : $F_a = 1136,11$ kN/m

Sumace pasivních sil : $F_p = 1590,36$ kN/m

Moment sesouvající : $M_a = 32015,68$ kNm/m

Moment vzdorující : $M_p = 44816,30$ kNm/m

Využití : 71,4 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Optimalizovaná smyková plocha pro : Kombinace 2

Výpočet stability svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice

Vypracoval : Jan Kubát

Datum : 29.4.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

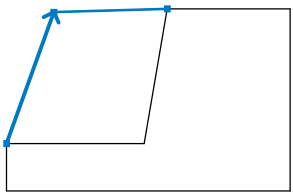
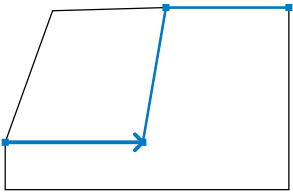
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

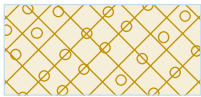

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

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

Rozhraní

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	5,00	13,91	17,00	14,27
2		0,00	0,00	14,55	0,00	17,00	14,27
		30,00	14,27				

Parametry zemin - efektivní napjatost

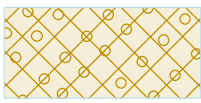
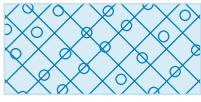
Číslo	Název	Vzorek	Φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Násyp z kamenité sypaniny		50,00	60,00	29,08
2	Amfibolit		50,00	60,00	29,08



Pouze pro nekomerční využití



Parametry zemín - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Násyp z kamenité sypaniny		29,08		
2	Amfibolit		29,08		

Parametry zemín

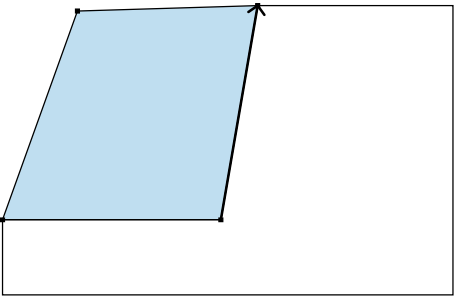

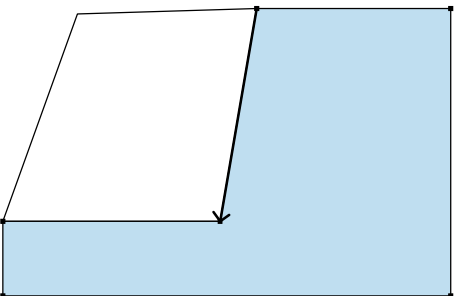

Násyp z kamenité sypaniny

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : $\gamma_{\text{efektivní}}$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

Amfibolit

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : $\gamma_{\text{efektivní}}$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		14,55	0,00	17,00	14,27	Násyp z kamenité sypaniny 
		5,00	13,91	0,00	0,00	
2		17,00	14,27	14,55	0,00	Amfibolit 
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		30,00	-5,00	30,00	14,27	



Pouze pro nekomerční využití



Jan Kubát

Přetížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ jednotka
1	pásové	stálé	na povrchu	x = 6,00	l = 1,00		0,00	26,17	kN/m ²
2	pásové	stálé	na povrchu	x = 7,00	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²
3	pásové	stálé	na povrchu	x = 9,26	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²

Názvy přetížení

Číslo	Název
1	Blok horniny
2	Levá pneumatika naloženého damperu
3	Pravá pneumatika naloženého damperu

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)**Výpočet 1****Kruhá smyková plocha**

Parametry smykové plochy						
Střed :	x =	-12,17	[m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	39,05 [°]
	z =	15,79	[m]		$\alpha_2 =$	84,71 [°]
Poloměr :	R =	19,63	[m]			
Smyková plocha po optimalizaci.						

Posouzení stability svahu (Fellenius / Petterson)Sumace aktivních sil : $F_a = 1100,97$ kN/mSumace pasivních sil : $F_p = 1686,77$ kN/mMoment sesouvající : $M_a = 21612,06$ kNm/mMoment vzdorující : $M_p = 30101,24$ kNm/m

Využití : 71,8 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití



Výpočet stability svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Pozemní komunikace lom Markovice

Vypracoval : Jan Kubát

Datum : 29.4.2020

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA3

Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

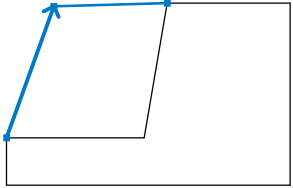
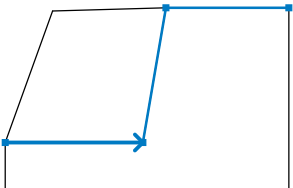
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,25 [-]	
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]	

Rozhraní

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	5,00	13,91	17,00	14,27
2		0,00	0,00	14,55	0,00	17,00	14,27
		30,00	14,27				


Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Násyp z kamenité sypaniny		50,00	60,00	29,08

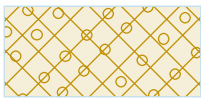



Pouze pro nekomerční využití



Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
2	Amfibolit		50,00	60,00	29,08

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Násyp z kamenité sypaniny		29,08		
2	Amfibolit		29,08		

Parametry zemin

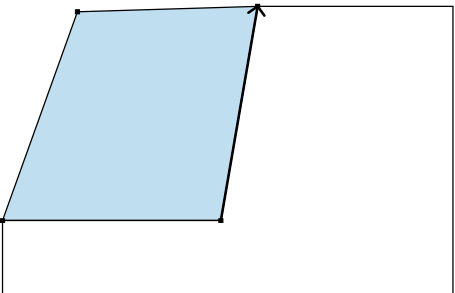
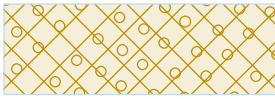
Násyp z kamenité sypaniny

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

Amfibolit

Objemová tíha : $\gamma = 29,08 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 50,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 60,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 29,08 \text{ kN/m}^3$

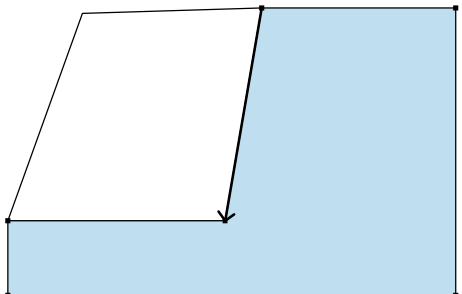

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		14,55	0,00	17,00	14,27	Násyp z kamenité sypaniny 
		5,00	13,91	0,00	0,00	



Pouze pro nekomerční využití



Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
2		17,00	14,27	14,55	0,00	Amfibolit 
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		30,00	-5,00	30,00	14,27	

Přítížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost	
								q, q ₁ , f, F	q ₂ jednotka
1	pásové	stálé	na povrchu	x = 6,00	l = 1,00		0,00	26,17	kN/m ²
2	pásové	stálé	na povrchu	x = 7,00	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²
3	pásové	stálé	na povrchu	x = 9,26	l = 0,33		0,00	183,00	kN/m ²

Názvy přítížení

Číslo	Název
1	Blok horniny
2	Levá pneumatika naloženého damperu
3	Pravá pneumatika naloženého damperu

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)**Výpočet 1****Kruhá smyková plocha**

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	-17,05 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	38,05 [°]
	z =	22,60 [m]		$\alpha_2 =$	72,21 [°]
Poloměr :	R =	27,99 [m]			

Smyková plocha po optimalizaci.

Posouzení stability svahu (Fellenius / Petterson)Sumace aktivních sil : $F_a = 1185,63$ kN/mSumace pasivních sil : $F_p = 1616,89$ kN/mMoment sesouvající : $M_a = 33185,70$ kNm/mMoment vzdorující : $M_p = 45256,80$ kNm/m

Pouze pro nekomerční využití



Využití : 73,3 %

Stabilita svahu VYHOVUJE



Pouze pro nekomerční využití



Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera

Studentská 95, Pardubice



Univerzita
Pardubice
Dopravní fakulta
Jana Pernera

Bakalářská práce

Akademický rok

2019/2020

Protokol o provedených zkouškách

Identifikační číslo protokolu - 1

Datum provedení zkoušek - 29. 4. 2020

Adresa laboratoře:

Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Doubřavice 41

532 10 Pardubice

Vzorky dodány dne: 2.3.2020

Platný předpis pro stanovení pevnosti v prostém tlaku – ČSN EN 1926 vydáno červenec 2007

Vypracoval: Jan Kubát

Seznam zkratk

Značka veličiny	Název	Jednotka
V	Objem	m^3
a_1	Rozměr krychle měřeny při horním okraji	mm
a_2	Rozměr krychle měřeny při horním okraji	mm
a_3	Výška krychle	mm
ρ	Objemová hmotnost	Kg/m^3
m	Hmotnost	Kg
R	Pevnost v prostém tlaku	MPa
\bar{R}	Aritmetický průměr pevnosti v prostém tlaku	MPa
F	Tlaková síla	kN
A	Průřezová plocha neporušeného vzorku	mm^2
w	Vlhkost	%
m_d	Hmotnost vysušené navážky	g

OBSAH

1. Zkušební tělesa	3
2. Podmínky měření.....	3
3. Využité přístroje a nástroje.....	3
4. Přirozená Objemová hmotnost	4
5. Pevnost v prostém tlaku.....	4
6. Vlhkost	6
7. Fotodokumentace	6
8. Závěr.....	10

1. ZKUŠEBNÍ TĚLESA

Zkušebními tělesy jsou krychle o hraně 10 cm. Bylo připraveno 5 zkušebních tělese, která byla označena arabskými číslicemi 1-5. Povrch krychle byl pečlivě očištěn a zbaven nečistot.



2. PODMÍNKY MĚŘENÍ

Doba měření: 9:00 – 11:30

Teplota v laboratoři: 18 °C

3. VYUŽITÉ PŘÍSTROJE A NÁSTROJE

Váha laboratorní můstkové Matest; výrobní číslo: V07340VAC001 s přesností 0,1g

Posuvné měřidlo s noniem s přesností 0,02 mm

Váha laboratorní můstkové Matest; výrobní číslo: 017570057 s přesností 0,1g

Werkstoffprüfmaschine; výrobní číslo 298/12

4. PŘIROZENÁ OBJEMOVÁ HMOTNOST

Rozměry byly změřeny na nejbližších 0,1 mm. Zprůměrováním dvou měření získaných kolmo na sebe přibližně v horní části a dolní části výšky a_3 , získáme rozměry průřezu.

Zprůměrované výsledky měření udává tabulka:

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Hrana a_1 [mm]	102,0	101,0	102,0	103,0	104,0
Hrana a_2 [mm]	102,0	102,0	101,0	102,0	103,0
Hrana a_3 [mm]	102,0	102,0	102,0	103,0	104,0

Objem krychle stanovím dle vztahu:

$$V = a_1 * a_2 * a_3$$

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Objem krychle [cm ³]	1061,208	1050,804	1050,804	1082,118	1114,048

Krychle byly poté zváženy na laboratorních vahách:

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Hmotnost [Kg]	3,1976	3,2222	3,1218	3,1165	3,1815

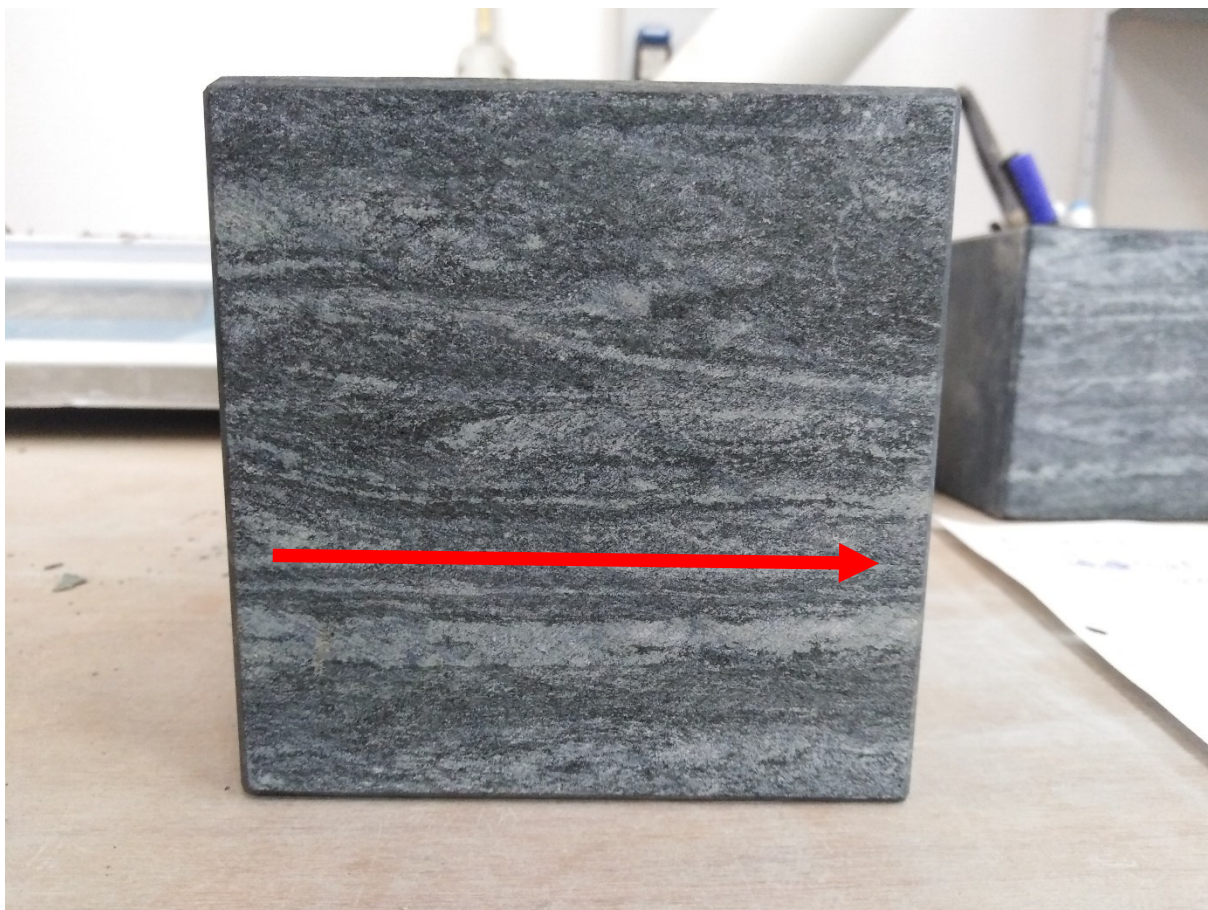
Objemovou hmotnost přirozeně vlhkého vzorku stanovím dle vztahu:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Objemová hmotnost přirozená [Kg/m ³]	3 013	3 066	2 971	2 880	2 856

5. PEVNOST V PROSTÉM TLAKU

Zkušební těleso bylo vloženo do lisu tak, aby byl střed zkoušeného tělesa totožný se středem lisu. Poté následovalo zatěžování vzorku konstantní rychlostí, dokud nedošlo k jeho porušení. Hodnota síly, při níž došlo k porušení byla odečtena z přístrojové desky.



Obrázek č. 1 – Směr vrstev

Krychle 1 a krychle 3 byly zkoušeny kolmo ke směru vrstev. Krychle 2,4 a 5 byly zkoušeny rovnoběžně se směrem vrstev.

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Síla při porušení [kN]	2 520	1 700	2 040	1 538	1 780

Napětí v prostém tlaku určím ze vztahu:

$$R = \frac{F}{A}$$

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Napětí [Mpa]	242,21	165,02	198,02	146,39	166,17

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{242,21 + 165,02 + 198,02 + 146,39 + 166,17}{5} = 184 \text{ MPa}$$

$$s = 42,03 \text{ MPa}$$

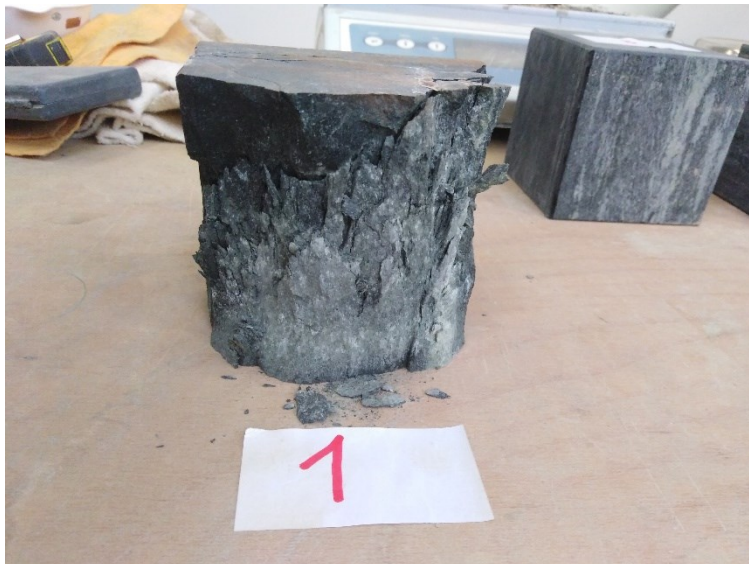
6. VLHKOST

Nejprve byla zvážena prázdná, vysušená zkušební nádoba a do ní bylo vloženo cca 200 g vzorku. Vzorky poté byly na 3 dny uloženy do pece při teplotě 110. Vlhkost určím ze vztahu:

$$w = \frac{m - m_d}{m_d} * 100 [\%]$$

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Hmotnost prázdné nádoby [g]	64,81	58,07	60,19	61,37	58,97
Hmotnost přirozeně vlhkého vzorku a nádoby [g]	265,62	258,14	255,58	261,56	259,60
Hmotnost přirozeně vlhkého vzorku	200,81	200,07	195,39	200,19	200,63
Hmotnost vysušeného vzorku a nádoby [g]	265,29	257,76	255,27	261,28	258,66
Hmotnost sušiny [g]	200,48	199,69	195,08	199,91	199,69
Vlhkost [%]	0,16	0,19	0,16	0,14	0,47

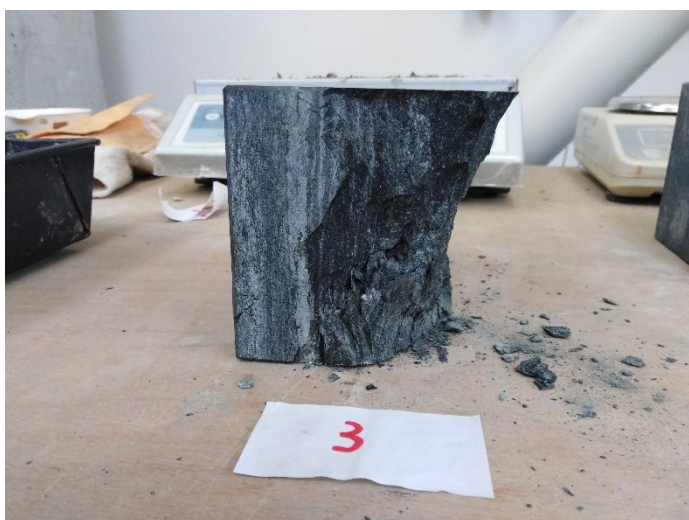
7. FOTODOKUMENTACE



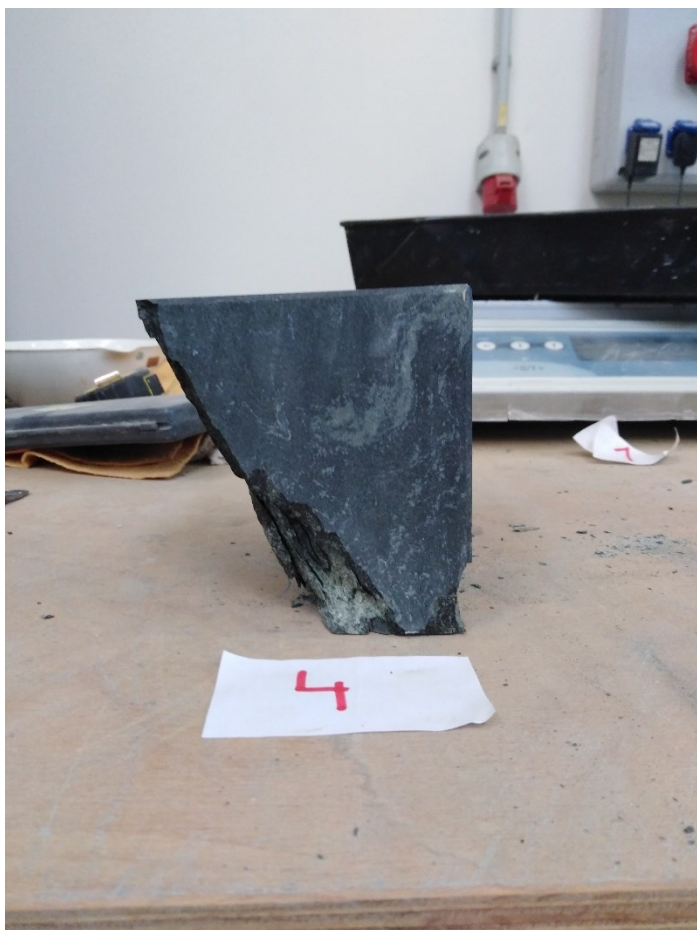
Obrázek č. 2 – Porušení tělesa č.1



Obrázek č. 3 – Porušení tělesa č. 2



Obrázek č. 4 – Porušení tělesa č. 3



Obrázek č. 5 – Porušení tělesa č. 4



Obrázek č. 6 – Porušení tělesa č. 5



Obrázek č. 7 – Připravené vzorky pro určení vlhkosti

8. ZÁVĚR

Průměrné napětí v prostém tlaku činí 184 Mpa se směrodatnou odchylkou 42 Mpa. Přirozená objemová hmotnost je u jednotlivých krychlí následující:

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Objemová hmotnost přirozená [Kg/m ³]	3 013	3 066	2 971	2 880	2 856

Přirozená vlhkost krychlí:

Veličina	Krychle 1	Krychle 2	Krychle 3	Krychle 4	Krychle 5
Vlhkost [%]	0,16	0,19	0,16	0,14	0,47