



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEOTECHNIKY
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

ŘEŠENÍ NĚKTERÝCH PROBLÉMŮ STABILITY HORNINY VE SVAZÍCH A STĚNÁCH S OPTIMALIZACÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ

SOLUTION OF SOME ROCK STABILITY PROBLEMS IN SLOPES AND WALLS
WITH OPTIMIZATION OF ANCHOR ELEMENTS

DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. Ondřej Holý

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

BRNO 2019

Abstrakt

Předkládaná disertační práce se zaměřuje na problematiku řešení nestabilit ve skalních stěnách a svazích, jejichž projevem je mimo jiné pád horniny a s tím spojená rizika. Objasňuje teoretické aspekty popisu nestabilit a shrnuje sanační metody a technologie k jejich odstranění. Na základě poznatků získaných z konkrétních staveb v ČR a na základě autorem řešeného výzkumného projektu podává návrh na optimalizaci kotevních prvků jako bazální součásti většiny sanačních metod.

Klíčová slova

tahová zkouška, plášťové tření, porušení, vrtné jádro, jednoosá tlaková pevnost, svorník, koeficient drsnosti pukliny, vrtání, horninový masiv, skalní řízení, dopadová energie

Abstract

This presented phd thesis focuses on the problems of instability in the rock walls and slopes, whose manifestation is among othersv rockfall and associated risks. It describes the theoretical aspects of the description of instability and summarizes the construction methods and technologies to eliminate them. On the basis of knowledge gained from specific buildings in the Czech Republic and based on the research project solved by author, submits suggestion to optimimalization of the anchoring elements as a basic part of most remediation methods.

Keywords

loading test, skin friction, failure, core, uniaxial compressive strenght, rock bolt, joint roughness number, drilling, rock mass, rockfall, impact energy

Bibliografická citace VŠKP:

Ing. Ondřej Holý *Řešení některých problémů stability horniny ve svazích a stěnách s optimalizací kotevních prvků*. Brno, 2019. 135 s., 106 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem Řešení některých problémů stability horniny ve svazích a stěnách s optimalizací kotevních prvků zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Tišnově dne 3.4. 2019

.....

podpis autora
Ing. Ondřej Holý

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané disertační práce s názvem Řešení některých problémů stability horniny ve svazích a stěnách s optimalizací kotevních prvků je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Tišnově, dne 3.4. 2019

.....

podpis autora
Ing. Ondřej Holý

Poděkování:

Děkuji svému školiteli Doc. Ing. Vladislavu Horákovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a poskytnutou literaturu.

Hlavní dík patří mé rodině a to konkrétně manželce a všem čtyřem dětem za jejich neskonalou trpělivost, pomoc a podporu při tvorbě této disertační práce.

Obsah

1. Úvod	9
1.1 Historie a současnost oboru	9
1.2 Názvosloví	10
1.3 Cíle disertační práce	11
1.3.1 Zásady zpracování	11
1.4 Rizikové geofaktory skalního řízení.....	12
1.4.1 Klasifikace RHRS.....	12
1.4.2 Klasifikace RMR	14
1.4.3 Klasifikace podle Lysenka.....	16
1.4.4 Klasifikace SMR.....	17
1.4.5 Hodnocení Q_{slope}	18
1.4.6 Určení stabilního sklonu stěny	21
1.4.7 Stupeň stability skalní stěny	22
1.4.8 Analýza strukturních dat.....	32
1.4.9 Stanovení trajektorie a účinku pádu.....	34
1.4.10 Monitoring pohybů	38
1.5 Geotechnický průzkum	41
1.5.1 Vybrané geometrické, klasifikační a fyzikálně-mechanické parametry	42
1.6 Metody zajištění skalních stěn proti pádu horniny.....	49
1.6.1 Monitorovací opatření - observace	49
1.6.2 Akumulační opatření	54
1.6.3 Záchytná opatření	61
1.6.4 Usměrňovací opatření.....	66
1.6.5 Ochranná opatření.....	68
1.6.5 Stabilizační opatření	72
2. Experimentální část.....	88
2.1 Realizace tahových zkoušek in situ	88
2.3 Realizace průzkumných prací.....	91
2.2 Realizace laboratorních zkoušek.....	92
3. Interpretační část.....	93
3.1 Přístup k řešení rozsáhlého souboru dat	94

3.2 Základní a heuristický model plášťového tření	94
3.3 Citlivostní analýza plášťového tření a technologie	100
3.4 Citlivostní analýza kotevní délky	103
4. Aplikační část.....	110
4.1 Železniční trať č. 036 Liberec – Tanvald	110
4.1.1 Dílčí závěry autora.....	111
4.2 Silnice I/35 – obchvat Moravské Třebové, podrobný geotechnický průzkum	113
4.2.1 Přehled průzkumných prací a výsledků.....	115
4.2.2 Dílčí závěry autora.....	116
4.3 Stabilizace svahu za sdruženým objektem PVE Dlouhé Stráně.....	118
4.3.1 Dílčí závěry autora.....	121
5. Závěr.....	122
Použitá literatura	123
Použité zkratky a symboly	130
Seznam příloh.....	135

Nejhorší zvyk, který můžete získat, je stát se nekritickým vůči vašim vlastním myšlenkám a současně skeptickým vůči těm ostatním. Jakmile dosáhnete tohoto stavu, jste zachvázeni senilitou bez ohledu na svůj věk.

K. Terzaghi

1. Úvod

V sousedství inženýrských děl, komunikací a obytných budov existují skalní svahy a stěny. Jedná se o svahy a stěny přírodní, formované geologickými činiteli, nebo svahy a stěny antropogenní, vzniklé či upravené člověkem. V prostředí Českého masivu – hlavní geologické soustavy České republiky, se lze díky četným skalním svahům a stěnám, neboli výchozům, seznámit s pestrou horninovou skladbou. Geomorfologie České republiky je různorodá, když 75% území tvoří tzv. Česká vysočina. Tyto skutečnosti podmiňují vznik poutavých přírodních scenérií, které jsou však v případě stavební činnosti často vnímány jako jistá rizika, překážky, ačkoliv se zde ocitly již v dávné geologické minulosti. V případě antropogenních svahů (zářezů, odřezů, lomů atd.) je riziko již při vzniku díla a často se zvyšuje v čase vzhledem k zanedbané údržbě. Pro riziko se v České republice používá pojem geohazard (databázi takových jevů eviduje Česká geologická služba), obsahující jak skalní, tak i poloskalní a zemní svahy.

V dalším textu je problematika metod zajišťování (tj. sanačních metod) omezena na tu část, která se týká hornin, skalního řízení a také s tím související stability skalních stěn. Případové studie a praktické příklady jsou pro názornost v textu odlišeny od teoretických informací orámováním tak, jako např. tento odstavec.

1.1 Historie a současnost oboru

Svahové deformace rozdělil K. Terzaghi (1925) podle fyzikálních vlastností postižených hornin. Dále navrhl číselnou tunelářskou klasifikaci hornin se zohledněním diskontinuit resp. jejich oslabení. Svahové deformace v Československu jsou podrobně technicky popisován nestorem čs. inženýrské geologie Q. Zárubou-Pfeffermannem (1931). Tentýž autor spolu s naším předním geotechnikem V. Menclem (1969) vydali publikaci, týkající se sesuvů a jejich zabezpečování. Vychází významná publikace (Nemčok et al. 1972), věnující se klasifikaci svahových nestabilit a také zásadní publikace L. Hobsta a J. Zajíce (1972) „Kotvení do hornin“. V Londýně se jako část oboru geotechnika rekrutovala vědní oblast pod názvem „Rock slope engineering“, původně zaměřená na problematiku velkolomů. Obratem vychází stejnojmenná publikace (Hoek a Bray 1974 in Wyllie a Mah 2014), později v mnoha reedcích. Od roku 1980 dochází k intenzivním teoretickým inovacím v oblasti skalních svahů u nás i v zahraničí (Pavlík 1981; Hoek 2006; Hoek 2014; Wyllie a Mah 2014) což je dáno především vývojem osobních počítačů a specializovaných software.

V posledních cca dvaceti letech, resp. v současnosti je díky propracovaným software možné provádět parametrické studie a stochastické simulace pomocí numerických metod (Li a Stillborg 1999; Hillar a Pruška 2011; Nicholson 2016). Určitým problémem je „doplnění“ modelů reálnými daty, získanými průzkumem in situ, jejichž zisk je časově a finančně obvykle velice náročný. Proto je běžné, že řada řešitelů (projektantů či geotechniků) úzce spolupracuje se zhotovitelstvími organizacemi v oboru báňských či geotechnických staveb např. v rámci projektů výzkumu a vývoje.

1.2 Názvosloví

Jelikož problematika skalních svahů tvoří jen malou část oboru geotechnika, dochází tak k jakési užší profilaci a výskytu specialistů v rámci ČR. S tím souvisí i některé základní pojmy z praxe, které je vhodné zmínit.

Kotva je pramencový, kabelový nebo tyčový tahový prvek běžně délky větší než 5 m, předepnutý, s volnou délkou a kořenem, únosnosti až 10 000 kN (Pruška 2002). Z hlediska životnosti je její použití pro konstrukce dočasné i trvalé, podle typu použitého materiálu a antikorozi ochrany.

Svorník je termín označující prvek, používaný na stavbách v podzemí i při zajišťování skalních svahů. Pojem tak zlidověl (viz „ankr“ či „jehla“), že mnohdy není zcela jasné, zda se (především na stavbě) daný prvek označuje správně. Tato nejednoznačnost je patrná i v zahraničí. V ČR je asi nejužitečnější popis (Horák 2000): kratší tyčový prvek (dl. max. 6 m), upínaný do vrtu různým způsobem, předepnutý aktivováním matice v hlavě svorníku, únosnosti běžně do 300 kN. Problémem je, že pojem u nás postupně přešel i na prvky kotvené po celé délce, tj. hřebíky. V technické angličtině se lze setkat se dvěma skupinami a to „soil nails/dowels“ (hřebíky) a „active/passive rock bolts“ (svorníky v celé délce upnuté zcela nebo částečně). Z hlediska životnosti je jejich použití pro konstrukce dočasné i trvalé podle typu použitého materiálu a antikorozi ochrany.

Hřebík je tyčový prvek obdobné délky jako svorník, nepředepnutý. Postrádá volnou délku. Funguje kombinací tahu, soudržnosti a stříhu (Horák 2000). Typický způsob jeho zhotovení spočívá v instalaci do vrtu vyplněného cementovou maltou, případně v dodatečném zainjektování zavrtnané tyče. Může být také zarážení. Oproti svorníkům nemusí mít závit ani podkladní desku. Z hlediska životnosti je jejich použití v oblasti zakládání staveb pro konstrukce dočasné i trvalé. V oblasti sanace skalních stěn jde o trvalé prvky.

Skalní svah je ukloněná plocha omezující skalní těleso od okolního prostředí mající jinou fyzikální podstatu, než hmota skalního tělesa, skloněná pod menším úhlem než 60°. (Pavlík 1981).

Skalní stěna viz skalní svah, ovšem až do sklonu vertikálního, vzniklá přirozeně geologickými činiteli nebo uměle lidskou činností (Pavlík 1981).

Skalní převis je plocha ve smyslu skalní stěny, jejíž sklon je vyšší než 90° (Pavlík 1981).

Výška stěny je svislá odlehlost paty a hrany stěny v určitém profilu, kdy do 10 m se jedná obvykle o stěny nízké, od 10 do 50 m o stěny vysoké a nad 50 m jde o stěny velmi vysoké (Pavlík 1981).

Sklon stěny je generelní úhel, sevřený spojnicí paty a horní hrany hrany s horizontálou.

Skalní výchoz je místo, kde jsou in situ povrchově obnaženy horniny podloží.

Skalní defilé je soubor dvou a více skalních výchozů.

Smyková plocha je plocha obecného tvaru uvnitř skalního tělesa, podél níž dochází v důsledku určitého oslabení nebo zvýšení koncentrace napětí ke vzájemnému pohybu částí tělesa/bloků (Pavlík 1981).

Plášťové tření je velikost napětí na plášti kořene kotvy/svorníku/hřebíku při dané kotevní síle. Při jeho plné mobilizaci je dosaženo limitní kotevní síly na mezi porušení.

Impakt (náraz) bloku je proces, kdy při dopadu tělesa horniny dochází k disipaci kinetické energie přetvárnou prací materiálu záchytných systémů či jakýchkoliv jiných objektů.

Skalní řízení je proces pádu horninových úlomků či jednotlivých bloků saltací (odskokem) nebo volným pádem, resp. uvolnění větší kubatury hornin s kombinovaným pohybem (Nemčok et al. 1972).

1.3 Cíle disertační práce

Cílem disertační práce (DP), jak již bylo deklarováno v pojednání DP v rámci rigorózní zkoušky, je rozdělení a zpřehlednění sanačních metod s podrobným technickým popisem a ukázkami realizace. Zvláštní zřetel je věnován kotvení pomocí svorníků jako primárních prvků ochrany proti pádu horniny. Výzkum těchto prvků představuje shrnutí a analýzu výsledků tahových zkoušek svorníků in situ a laboratorních zkoušek na odebraných vzorcích horniny (realizace v rámci výzkumného projektu FR-TI4/329). Získané výsledky poslouží jako podklad pro provádění podrobného geotechnického průzkumu a jako vstupní parametr při návrhu konkrétních postupů při zajišťování nestabilit (především z hlediska pádu). Použití těchto výstupů je vhodně demonstrováno v praktických ukázkách.

1.3.1 Zásady zpracování

Řešení disertační práce je rozčleněno do následujících dílčích kroků (cílů):

1. Přehled metod posuzování nestabilit z hlediska pádu horniny.
2. Rozdělení metod zajištění skalních stěn proti pádu horniny.
3. Realizace 201 ks zatěžovacích zkoušek svorníků na 12 lokalitách s různou geologickou stavbou.
4. Laboratorní testování a popis horninových vzorků odebraných jádrovými vrty v celkem 24 lokalitách (vč. lokalit doplněných praxí autora DP).
5. Sumarizace výsledků prováděného terénního a laboratorního testování.

6. Výběr a třídění dat týkajících se ověřování plášťového tření na rozhraní zálivka/hornina a hledání závislostí s charakteristikami hornin. K tomu jsou použity numerické a simulační metody.
7. Analytické a grafické vyjádření dosažených závislostí a jejich verifikace s výsledky provedených zatěžovacích zkoušek.

Objasnění vlivu stavu a množství diskontinuit, pevnosti a objemové hmotnosti horniny povede k získání následujících výstupů:

- Přibližné analytické vyjádření vztahů mezi plášťovým třením τ_b [MPa] a parametry horniny (GSI [-], RQD [%], objemová hmotnost ρ_v [kg.m⁻³], jednoosá tlaková pevnost σ_c [MPa]). Zpřesnění pomocí korelačních koeficientů numerickými metodami v závislosti na velikosti kotevní síly a typu tmelu = přímá hodnota délky (plochy) upnutí d_b [m] pro návrh a nebo recipročně stanovení τ_b v rámci GTP.
- Návrhové diagramy - stochastická simulace závislosti mezi délkou (plochou) upnutí svorníku a plášťovým třením podle kotevní síly a typu tmelu = střední hodnoty a mezní hodnoty (bezpečné) délky upnutí pro orientační návrh bez terénních dat.

Pro účely numerické a stochastické analýzy dat byla využívána zprogramovaná sestava v *MS Excel*, s využitím metody nejmenšího spádu, metody Monte Carlo (rovnoměrné a normální rozdělení) a metody *trial-error* (pokusu a omylu). Pro rychlejší algebraické úpravy byl využíván program *Derive 6.1*, pro interpretaci zatěžovacích křivek program *Advanced Grapher 2.2*.

1.4 Rizikové geofaktory skalního řízení

Skalní řízení patří mezi rizikové geofaktory, podobně jako zemní sesuvy a zemito-kamenité proudy. Jejich výskyt může nastat za vhodných podmínek i současně nebo indukovaně. Rizikové geofaktory skalního řízení lze popsat rizikem a vlastní stabilitou s použitím několika kritérií.

1.4.1 Klasifikace RHRS

Principem původní klasifikace RHRS - Rockfall Hazard Rating System (Pierson et al. 1990; Wyllie a Mah 2014) je hodnocení rizikovosti skalního řízení, kde riziko vyjadřuje míru poškození objektů, ohrožení osob s jejich četností výskytu v místě dopadu a hazard jako pravděpodobnost vzniku jevu. Popis hazardu je realizován pomocí dvanácti kritérií a to:

- 1) svislé výšky svahu [m],
- 2) účinnosti záchytného příkopu viz kap.1.6.2 (Ritchie 1963),
- 3) AVR - Average Vehicle Risk = procentní zdržení vozidla v místě možného pádu ve tvaru:

$$AVR [\%] = \frac{(ADT/(24\text{hod/den}))L}{S} \times 100 \quad (1)$$

kde ADT [vůz/den] představuje počet vozů za den, L [km] délku úseku a S [km.hod⁻¹] rychlostní limit,

4) procenta snížení dohlednosti DSD – Decision Sight Distance ve tvaru:

$$DSD [\%] = \frac{\text{aktuální } SD}{DSD} \times 100 \quad (2)$$

kde hodnoty DSD [m] jsou tabelovány (Tab.1), aktuální SD [m] odpovídá např. délce úseku v oblouku či klesání, v ČR platí ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110,

Tab.1 Příklad mezní vzdálenost pro registraci překážky podle italské normy (Budetta 2004)

S [km/hod]	DSD [m]
48	137
64	183
80	229
97	305
113	335

- 5) šíře komunikace [m],
 - 6) stupně rozpukání,
 - 7) tření na puklinách,
 - 8) náchylnosti k erozi,
 - 9) velikosti bloků [m],
 - 10) objemu zřícených hmot při každé epizodě [m³],
 - 11) klimatických poměrů,
 - 12) historie lokality.
- } geologické podmínky

Prostým součtem bodového hodnocení uvedených dvanácti kritérií (Tab.2) pak bylo vyhodnocováno riziko spojené se skalním řícením v daném úseku. Orientačně platí, že svahy s hodnotami pod 300 b. nevyžadují sanační zásah, zatímco nad 500 b. se jedná o havarijní stav.

Tab.2 Původní klasifikace RHRS (upraveno podle Piersona et al. 1990)

Kategorie	Bodové hodnocení [b.]			
	3	9	27	81
Výška svahu [m]	7,62	15,24	22,86	30,48
Účinnost záchytného příkopu	Dobrá	Mírně snížená	Limitovaná	Žádná
AVR [%]	25	50	75	100
DSD [%]	100	80	60	40
Šíře komunikace [m]	13,41	10,97	8,53	6,1
Charakter puklin	Neprůběžné, příznivá orientace	Neprůběžné, nahodilá orientace	Neprůběžné, nepříznivá orientace	Průběžné, nepříznivá orientace
Tření na puklinách	Drsné, nepravidelné	Zvlněné	Rovinné	S výplní
Přítomnost eroze svahu	Malá	Příležitostná	Četná	Významná
Erozní rychlost	Malá	Mírná	Velká	Extrémní

Pokračování na další stránce

<i>Pokračování z předchozí stránky</i>				
Velikost [m]/[m ³] bloku	0,31/2,29	0,61/4,59	0,91/6,88	1,22/9,18
Klimatické podmínky	Suché, teplé	Mírné srážky, občas. mráz	Neustále zvodnění a déšť	Extrémní srážky a mráz
Historie nestabilit	Malá četnost	Občasná četnost	Vysoká četnost	Neustálé řízení

Z důvodu málo podrobné specifikace geologických podmínek bylo toto hodnocení modifikováno (Budetta 2004) pomocí stále zpřesňované klasifikace SMR (Romana 1993 in Tomás et al. 2007) viz kap.1.4.4. Tato dílčí klasifikace umožňuje aplikovat hodnotnější geologické informace (např. data zjištěná měřením geolog. kompasem), přičemž se významně opírá o data s větší vypovídací hodnotou pomocí klasifikace RMR (Bieniawski 1989) viz kap.1.4.2. Aktuální bodové hodnocení je taktéž tabelováno (Tab.3).

Prostým součtem bodového hodnocení jedenácti kritérií je vyhodnocováno riziko spojené se skalním řízením v daném úseku. Orientačně platí, že svahy s hodnotami do 100 b. nepředstavují riziko, od 100 do 200 b. představují nízké riziko, od 200 do 350 b. střední riziko a více než 350 b. vysoké riziko viz Tab.3.

Tab.3 Modifikovaná klasifikace RHRS (upraveno podle Budetty 2004)

<i>Kategorie</i>	<i>Bodové hodnocení [b.]</i>			
	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>27</i>	<i>81</i>
Výška svahu [m]	7,5	15	22,5	> 30
Účinnost příkopu	Dobrá	Mírně snižená	Limitovaná	Žádná
AVR [%]	25	50	75	100
DSD [%]	100	80	60	40
Šíře komunikace [m]	21,5	15,5	9,5	3,5
SMR [-]	80	40	27	20
Velikost [m]/[m ³] bloku	0,3/0,026	0,6/0,21	0,9/0,73	1,2/1,74
Objem horniny zřícený [m ³]	2,3	4,6	6,9	9,2
Roční úhrn srážek [mm] + mrazy	300, bez mrazů	600, krátké mrazy	900, dlouhé zimy	1200, dlouhé zimy
Četnost řízení	1x za 10 let	3x za rok	6x za rok	9x za rok

1.4.2 Klasifikace RMR

Geomechanická klasifikace RMR - Rock Mass Rating podle Bieniawského z roku 1973 je šestiparametrická. Nověji (Palmström 2009) je výsledná hodnota dána součtem klasifikačních bodů kritérií (Tab.4) $RMR = A1+B1+B3+C2+D1+D3+D4+D5+F$, kde:

- pevnosti horniny v tlaku či tahu A1,
- indexu RQD (viz kap.1.5.1) B1,
- vzdálenosti diskontinuit B3,
- orientace diskontinuit vůči dílu C2,
- charakteru diskontinuit D1, D3, D4 a D5,
- režimu podzemní vody F.

Horninový masiv je nejprve rozdělen na prostorově omezené celky s obdobnými geotechnickými a petrografickými parametry. Hornina je klasifikována do pěti tříd I až V. V podzemním stavitelství jsou s třídami spojeny návrhové parametry jako způsob ražení, doba stability výrubu či způsob jeho zajištění. Tato klasifikace je korelačně převeditelná i do jiných indexů jako je Q (viz kap.1.4.5.) či R_{Mi} (Palmström 2009), využitelných taktéž

při budování podzemních staveb. V případě stability skalních svahů je zodpovědné stanovení indexu RMR a Q odrazovým můstkem k dalšímu hodnocení a to SMR (kap. 1.4.4) a Q_{slope} (kap.1.4.5). Podrobné hodnocení parametrů klasifikace RMR (Tab.4) je autorem DP přímo upraveno jako pracovní pomůcka.

Tab.4 Hodnocení parametrů klasifikace RMR (upraveno podle Bieniawského 1989 in Palmström 2009)

A1 Jednoosá tlaková pevnost UCS [MPa]				B1 Index RQD [%]			
<i>b.</i>				<i>b.</i>			
	Zemina	< 1	0	Velmi nízká	< 10	5	5
Velmi malá		1 - 5	1	Nízká	10 - 25	5	8
Malá		5 - 25	2		25 - 40	8	8
Středně malá		25 - 50	4		40 - 50	8	13
Střední		50 - 75	7	Střední	50 - 60	13	17
		75 - 100	7		60 - 75	13	20
Vysoká		100 - 150	12	Dobrá	75 - 90	17	20
		150 - 250	12	Velmi dobrá	90 - 100	20	20
Velmi vysoká		> 250	15		100	20	
B3 Vzdálenost diskontinuit S_a [m]				D1 Drsnost stěn puklin			
<i>b.</i>				<i>b.</i>			
Vysoká		> 2	20	Velmi drsné			6
Velká		0.6 - 2	15	Drsné			5
Střední		0.2 - 0.6	10	Mírně drsné			3
Malá		0.06 - 0.2	8	Hladké			1
Velmi malá		< 0.1	5	Ohlazené			0
C2 Orientace diskontinuit*				Smykové			
<i>b.</i>				Vyplněné			
Velmi příznivé			0				0
Příznivé			-5				
Středně příznivé			-25				
Nepříznivé			-50				
Velmi nepříznivé			-60				
D3 Zvětrání puklin a jejich výplň				D4 Průběžnost puklin			
<i>b.</i>				<i>b.</i>			
Zdravé či zhojené			6	Neprůběžné	< ~0.3m	8	
Nezvětralé čerstvé, bez výplně			6	Téměř neprůběžné	< 1m	6	
Mírná alterace, zbarvení, výluhy			5	Velmi krátké	0.3 - 1m	6	
Zvětralé, ale bez volných částí			3	Krátké	1 - 3m	4	
Vysoce alterované, minerální povlaky			1	Středně průběžné	3 - 10m	2	
Rozložené, patrné jílové minerály			0	Průběžné	10 - 20m	1	
				Průběžné s výplní	> 10m	0	
				D5 Rozevření puklin			
				<i>b.</i>			
				Sevřené	-	6	
				Velmi těsné	< 0.1mm	5	
				Těsné	0.1 - 1mm	4	
				Otevřené	1 - 5mm	1	
				Velmi otevřené	> 5mm	0	
				Výsledná klasifikace RMR			
				81 - 100 <i>b.</i> velmi dobrá			
				61 - 80 <i>b.</i> dobrá			
				41 - 60 <i>b.</i> střední			
				21 - 40 <i>b.</i> špatná			
				< 21 <i>b.</i> velmi špatná			
F Režim podzemní vody				Hydrostat. tlak			
<i>b.</i>				<i>b.</i>			
Suchý	-	$p_w < 1 \text{ kg/cm}^2$	15				
Zavlhlý	< 10 l/min	$p_w < 1 \text{ kg/cm}^2$	10				
Mokrá	10 - 25 l/min	1 - 2.5 kg/cm ²	7				
Kapající	25 - 125 l/min	2.5 - 10 kg/cm ²	4				
Tryskající	> 125 l/min	2.5 - 10 kg/cm ²	0				
Tekoucí	> 125 l/min	$p_w > 10 \text{ kg/cm}^2$	0				
Přivalový	-	$p_w > 10 \text{ kg/cm}^2$	-				

Pokračování na následující stránce

Pokračování z předchozí stránky

*Vysvětl.	C2a Stěna		C2b Převis	
	směr [°]	sklon [°]	směr [°]	sklon [°]
Velmi příznivé	> 70	všechny		> 60
Příznivé	< 20	< 20	všechny	45 - 60
Středně příznivé	< 20	20 - 45		30 - 45
	20 - 70	< 45		30 - 45
Nepříznivé	20 - 70	45 - 90		15 - 30
Velmi nepříznivé	< 20	45 - 90		< 15

1.4.3 Klasifikace podle Lysenka

Drtivá většina zajištění nestabilních skalních svahů v ČR (archiv autora 2010 doposud) je spolufinancována z fondů EU. Konkrétně se jedná o prioritní osu 6 OPŽP, oblast 6.6 „Prevence sesuvů a skalních řícení, monitorování geofaktorů a následků hornické činnosti a hodnocení neobnovitelných přírodních zdrojů včetně zdrojů podzemních vod“.

V současnosti jediným oficiálním úředním postupem (pro dotační účely) je slovní hodnocení stability zemních, ale bohužel i skalních svahů klasifikací podle Lysenka (Hroch a kol. 1998). Úředním postupem je zde myšleno zařazení zkoumané nestability do jedné ze tří kategorií této klasifikace:

Kategorie I - malé riziko

„Sesuv dočasně uklidněný s možností obnovení svahových pohybů. Příčiny vzniku svahových pohybů dosud trvají, svahové deformace jsou sice převážně v klidu, hlavní příčina vzniku svahových pohybů však není odstraněna a pohyby se mohou znovu obnovit. Svahové pohyby bezprostředně neohrožují stabilitu staveb, komunikací, pozemků a vodních toků. Okamžitá technická sanace není nutná, sesuv je však třeba periodicky sledovat a na základě výsledků tohoto sledování teprve rozhodnout další kroky. Zvážit drobné zemní úpravy, především odvodnění bezodtokých depresí, udržovat čisté drenáže“.

Kategorie II - střední riziko

„Sesuv stále aktivní, příčiny vzniku svahových pohybů dosud trvají, hlavní příčina vzniku svahových pohybů není odstraněna. Stále existuje nebezpečí ohrožení staveb (obytné, hospodářské, průmyslové, hydrotechnické, komunikační), pozemků a vodních toků. Toto nebezpečí však není bezprostřední. Sanační práce je nutno realizovat v blízkém výhledu na základě projektu opírajícího se o výsledky předcházejícího sledování a vyhodnocení inženýrsko-geologického průzkumu. Především je nutné zajistit odvodnění depresí a bedlivé čištění drenáží a monitorování výsledků“.

Kategorie III - vysoké riziko

„Svahové pohyby jsou stále aktivní a nesou výrazné stopy čerstvosti tvarů deformace (trhliny, zátrhy, vyvinutá odlučná stěna, terénní stupně, vyboulená čela, nakupení hmot). Povrch deformace je zamokřený, případně rozbahněný s drobnými jezírky nebo povrchovými potůčky. Svahové pohyby a sesuvné hmoty porušily stavby, komunikace, pozemky a vodní toky. Havarijní sanační práce je nutno realizovat okamžitě bez dlouhé projekční přípravy a složitých zabezpečovacích prací, zejména povrchovým odvodňováním a zemními terénními úpravami (zatěsnění zejících trhlin a zatěžovací lavice). Teprve na

základě vyhodnocení úspěšnosti této havarijní sanace lze přistoupit k definitivnímu řešení, které bude podepřeno sledováním a předchozím inženýrsko-geologickým průzkumem“.

Jak je patrné z textové náplně všech kategorií, patří toto hodnocení do oblasti zcela povšechného popisu aktivity nestabilit, vzniklých po povodních v r. 1997. Jednotlivé kategorie musí geotechnik zvolit a příslušný pracovník OPŽP je ohodnotí body 0; 2 a 10, což má významný vliv na výši dotace. Praxe je taková, že se vlastní znění v podstatě ignoruje a volí se vždy nejvyšší stupeň pro blaho investora. Výběr kategorie lze snadno provést subjektivně a anonymně a nelze ho rigorózně posoudit na rozdíl od parametrického hodnocení. Tato klasifikace již vygenerovala několik rozporuplných sanačních opatření.

1.4.4 Klasifikace SMR

Jak již bylo řečeno v kap.1.1, v posledních desetiletích se klade stále vyšší důraz na specializace ve všech směrech. Tak je tomu i v případě skalních svahů a jejich hodnocení. Bylo nutné se částečně odpoutat od ryze tunelářských klasifikací a pokusit se je modifikovat. Jedním z produktů je klasifikace SMR – Slope Mass Rating (Romana 1993).

Výchozím bodem je stále klasifikace RMR (kap.1.4.2), ovšem upravená pomocí opravných koeficientů F (Tab.5) ve tvaru:

$$SMR = RMR + (F_1 \cdot F_2 \cdot F_3) + F_4 \quad (3)$$

kde F_1 [-] reprezentuje vzájemný směr sklonu svahu a diskontinuit, F_2 [-] sklon svahu, F_3 [-] vzájemný sklon svahu a diskontinuit a F_4 [-] způsob vzniku skalního svahu.

Tab.5 Opravné koeficienty klasifikace SMR (upraveno podle Romany 1993)

Typ porušení		Velmi příznivá	Příznivá	Normální	Nepříznivá	Velmi nepříznivá
P	$ a_j - \alpha_s $					
T	A $ a_j - \alpha_s - 180^\circ $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
W	$ a_i - \alpha_s $					
P/T/W	F_1	0.15	0.4	0.7	0.85	1
P/W	B $ \beta_j $ nebo $ \beta_i $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
P/W	F_2	0.15	0.4	0.7	0.85	1
T				1		
P	C $\beta_j - \beta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< (-10^\circ)$
W	$\beta_i - \beta_s$					
T	$\beta_j + \beta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P/T/W	F_3	0	-6	-25	-50	-60
Způsob vzniku skalního svahu		(F_4)				
Přírodní svah		15				
Presplit		10				
Hladký odlom		8				
Trhací práce neurčené či strojně		0				
Špatně provedený odlom		-8				

Pozn.: P: planární porušení; T: překlopení; W: horninový klín; P/T/W: hodnocení pro daný případ porušení; a_j : směr sklonu diskontinuity; α_s : směr sklonu svahu; β_j : sklon diskontinuity; β_s : sklon svahu; a_i : směr průmětu ploch klínu; β_i : sklon průmětu ploch klínu; A,B,C: příslušná skupina podle orientace

Vzhledem k diskrétnímu způsobu stanovení opravných koeficientů byla později provedena jejich zpřesňující matematická formulace kontinuálním způsobem (Tomás et al. 2007) pomocí cyklometrických funkcí (A,B,C viz Tab.5), kde:

$$F_1 = \frac{16}{25} - \frac{3}{300} \operatorname{tg}^{-1}[0,1(|A|-17)] \quad (4)$$

$$F_2 = \frac{9}{16} + \frac{1}{195} \operatorname{tg}^{-1}(0,17B - 5) \quad (5)$$

$$F_3(P/W) = -30 + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^{-1} C \quad (6)$$

nebo

$$F_3(T) = -13 - \frac{1}{7} \operatorname{tg}^{-1}(C - 120) \quad (7)$$

Výsledné hodnocení je dáno pěti třídami stability (I až V). I. třída v intervalu 81 až 100 b. charakterizuje stav výchozu jako velmi dobrý, kompletně stabilní, bez výrazných poruch a bez nutnosti sanačního opatření. Interval 61 až 80 b. (II. třída) charakterizuje výchoz jako dobrý, stabilní, s existujícími horninovými bloky, je doporučen občasný monitoring. V intervalu 41 až 60 b. (III. třída), je výchoz částečně stabilní s rozvinutým puklinovým systémem (bloky a klíny), je doporučeno systematické řešení nestability. V případě IV. třídy (21 až 40 b.) je výchoz nestabilní s vyvinutými plošnými poruchami a velkými klíny, je nutný sanační zásah. V. třída pak reprezentuje havarijní stav masivu s planárními plochami nespojitosti a výraznou desintegrací horniny.

1.4.5 Hodnocení Q_{slope}

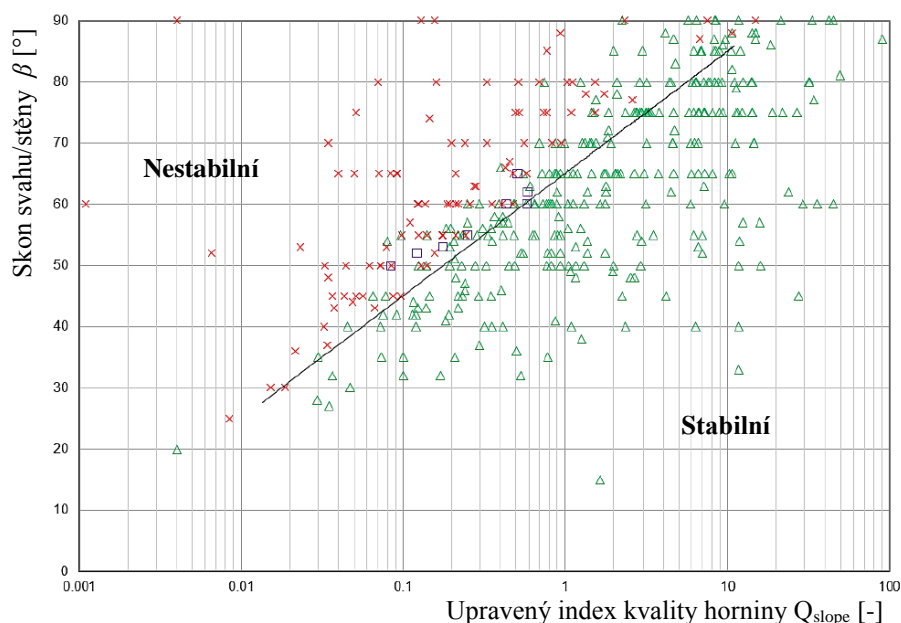
Dalším z řady modifikací tunelářských klasifikací je empirické hodnocení skalního svahu pomocí indexu Q_{slope} (Barton a Bar 2016). Ten vychází ze známého indexu Q - Rock Tunnelling Quality Index, odvozeného Bartonem a kol. (1974). Úprava indexu spočívá ve specifických změnách hodnocení vstupních parametrů (Tab.6), odpovídajících prostředí skalních svahů. Omezením je pouze svislá výška svahu $H < 30$ m a sklon max. 90° . Upravený index tak nabývá hodnoty:

$$Q_{\text{slope}} = \frac{RQD}{J_n} \cdot \left(\frac{J_r}{J_a} \right)_o \cdot \frac{J_{\text{wice}}}{SRF_{\text{slope}}} \quad (8)$$

kde číselné hodnocení parametrů RQD/J_n a $(J_r/J_a)_o$ zůstalo beze změny, do parametru J_{wice} [-] byl zapracován vliv klimatu a parametr SRF_{slope} [-] byl kompletně přepracován do prostředí skalních svahů.

Nově je také možná zohlednění dominance jednoho systému diskontinuit nad druhým včetně horninových klínů a to pomocí součinitele orientace puklin O . Jedná se vlastně o váhu orientace dominantního puklinového systému nad druhým vůči svahu (velmi příznivá, mírně příznivá, nepříznivá, velmi nepříznivá a havarijní), kterou násobíme příslušný poměr J_r/J_a popisovaného systému diskontinuit. V případě horninového klínu či dvou puklinových systémů tak použijeme dvě váhy (dominantní systém A [2; 1; 0.75; 0.5 a 0.25] a systém B [1.5; 1; 0.9; 0.8 a 0.7] a hodnocené poměry J_r/J_a vzájemně pronásobíme.

Výsledkem původního hodnocení Q je celkem 9 tříd kvality v intervalu od 0 do 1000 bodů. Rozsáhlým dokumentováním skalních svahů především v prostředí lomů byla doplněna podmínka stability pomocí čáry stability (Obr.1). Pro příslušnou hodnotu Q_{slope} připadá sklon svahu stabilní nebo nestabilní (kap.1.4.6).

Obr.1 Čára stability Q_{slope} (upraveno podle Barton a Bar 2016)Tab.6 Kritéria a hodnocení Q_{slope} (upraveno podle Barton a Bar 2016)

Index $RQD^{1)}$	[%]	Drsnost puklin $J_r^{2,3)}$	[-]	
A	Velmi nízká	0-25	a) + b) Stěny v kontaktu i po usmyknutí	
B	Nízká	25-50	A Neprůběžné	4
C	Střední	50-75	B Drsné nebo nepravidelné, zvlněné	3
D	Dobrá	75-90	C Hladké, zvlněné	2
E	Velmi dobrá	90-100	D Zvlněné s ohlasy	1.5
<hr/>				
Počet puklinových systémů J_n	[-]	E Drsné nebo nepravidelné, rovinné		
A	Celivý masiv	0.5-1	1.5	
B	Jeden systém	2	F Hladké, rovinné	1.0
C	Jeden systém + nahodilé pukliny	3	G Rovinné, s ohlasy	0.5
D	Dva systémy	4	c) Stěny již nejsou v kontaktu po usmyknutí	
E	Dva systémy + nahodilé pukliny	6	H Poruchové pásmo obsahující jílové minerály v dostatečné mocnosti, která zabraňuje kontaktu stěn	1.0
F	Tři systémy	9	J Písčité, úlomkovité podrcené pásmo v takové mocnosti, která zabraňuje kontaktu stěn	1.0
G	Tři systémy + nahodilé pukliny	12	<hr/>	
H	Čtyři a více systémů, silné rozpukání	15	Alterace puklin $J_a^{3)}$	[-]
J	Podrcená hornina	20	a) Stěny jsou v kontaktu (bez jílové výplně, pouze povlaky)	
<hr/>				
A	Pevně vyhojená, neměknoucí a nepropustná výplň (křemen, kalcit, epidot)	0.75		
B	Nealterované stěny, pouze lokální skvrny	1.0		
C	Mírně alterované stěny, neměknoucí povlaky minerálů, písčité frakce, podrcené úlomky bez jílové výplně	2.0		
D	Prachovité nebo jílovitopísčité povlaky, slabá jílová výplň (poměrně tvrdá)	3.0		
E	Měkké nebo hladké povlaky minerálů (kaolinit, slídové minerály jako chlorit či mastek, sádrovec, grafit, bobtnavé jíly).	4.0		
<hr/>				
b) Stěny v kontaktu po usmyknutí (tenká jílová výplň cca 1-5 mm)				
F	Písčité částice, podrcená hornina bez jílovité výplně	4.0		
G	Silně překonsolidovaná pevná jílová výplň	6.0		
H	Střední až nízký stupeň konsolidace, měkká jílová výplň	8.0		

Pokračování na další stránce

Pokračování z předchozí stránky

J	Přítomnost bobtnavých minerálů (např. montmorillonit), hodnota J_a závisí na procentním zastoupení bobtnavých minerálů, saturaci apod..	8-12
c)	Stěny nejsou po usmyknutí v kontaktu (silná vrstva jílové až mylonitizované výplně)	
K, L, M	Zóny a pásma s rozpadavými či podrcenými pevnými horninami a jíly (popis jílové výplně viz G, H, J)	6, 8, nebo 8-12
N	Pásma a poruchy prachovitojílovité či písčitojílovité tuhé výplně	5.0
O, P, R	Mocné a souvislé zóny jílu (popis jílové výplně viz G, H, J)	10, 13, nebo 13-20

Součinitel orientace puklin O [-]

Systém A	Systém B	Orientace vůči svahu
2	1.5	Zcela příznivá
1	1	Příznivá
0.75	0.9	Nepříznivá
0.5	0.8	Velmi nepříznivá
0.25	0.5	Na mezi porušení

Součinitel klimatických a geologických podmínek J_{wice} [-]

Geologické podmínky	Pouštní klima	Vlhké klima	Tropické klima	Ledové oblasti
Bez projevu nestabilit, zdravá hornina	1	0.7	0.5	0.9
Bez projevu nestabilit, zvětralá hornina	0.7	0.6	0.3	0.5
Projevy nestabilit, zdravá hornina	0.8	0.6	0.1	0.3
Projevy nestabilit, zvětralá hornina	0.5	0.3	0.05	0.2

Pozn.: při existenci drenážních opatření platí $1,5 \cdot J_{wice}$, při existenci sanačních opatření platí $1,3 \cdot J_{wice}$, při existenci obou opatření platí $1,95 \cdot J_{wice}$

Součinitel napjatosti SRF_{slope} [-] = max{ SRF_a ; SRF_b ; SRF_c } **SRF_a - Fyzikální podmínky**

A	2.5	Mírné oslabení, přípovrchová zóna zvětrání
B	5	Volné bloky, známky tahového a smykového porušení, náchylnost k erozi
C	10	Ditto s vysokou sensitivitou ke klimatickým projevům
D	15	Pokročilá eroze svahu exogenními činiteli (voda, sníh, led)
E	20	Oslabený svah se zjevnými projevy akumulace zvětralin při patě

 SRF_b - Napětí

F	2.5-1	Sřední rozsah namáhání pro $UCS/\sigma_1 = 50-200$
G	5-2.5	Vysoký rozsah namáhání pro $UCS/\sigma_1 = 10-50$
H	10-5	Lokalizován rozvoj rupturního porušení pro $\sigma_c/\sigma_1 = 5-10$
J	15-10	Drcení a splastizování pro $UCS/\sigma_1 = 2.5-5$
K	20-15	Reologické změny materiálu pro $UCS/\sigma_1 = 1-2.5$

Orientace vůči svahu **SRF_c - Určující diskontinuita**

		Příznivá	Nepříznivá	Velmi nepříznivá	Na mezi porušení
L	Mírná nebo žádná jílová výplň	1	2	4	8
M	Jílová výplň a podrcená hornina mocnosti 1 m s $RQD_{100} = 0$	2	4	8	16
N	díky jílovité a podrcené výplni Jílová výplň a podrcená hornina mocnosti 3 m s $RQD_{300} = 0$	4	8	12	24
	díky jílovité a podrcené výplni				

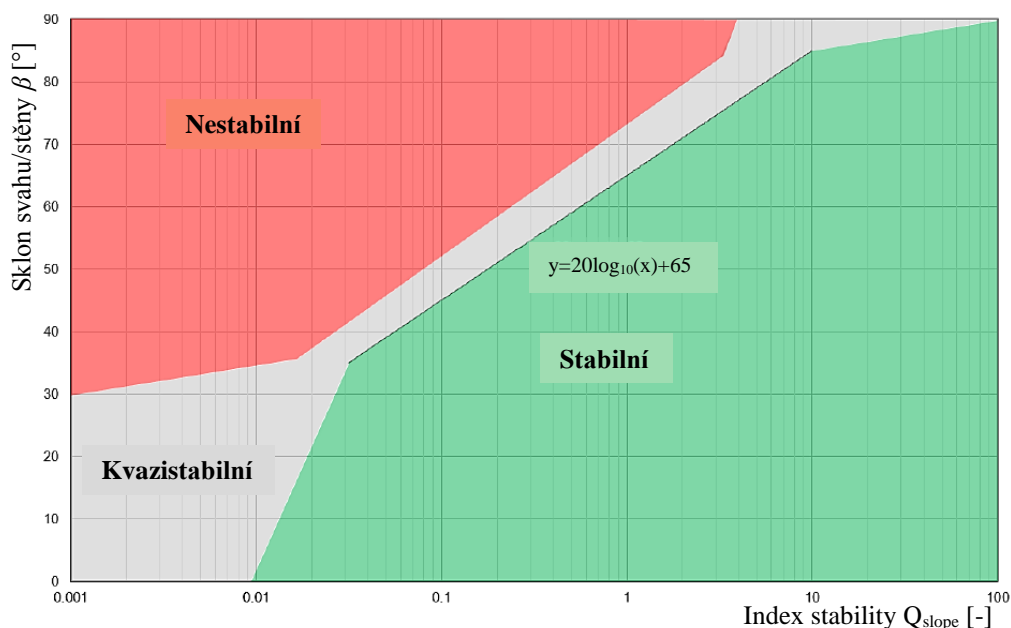
1) v případě hodnoty $RQD \leq 10$ se použije nominální hodnota 10; 2) pokud je $Sl \dots n > 3$ m, pak platí $J_r + 1$; 3) pro rovinné pukliny s lineací platí $J_r = 0.5$, pokud je lineace orientována ve směru minimální pevnosti; 4) J_r a J_a se aplikuje na puklinový systém, který je nejméně příznivý pro stabilitu stěny z hlediska orientace i smykové pevnosti, kde $\tau \approx \sigma_n \cdot \tan^{-1}(J_r/J_a)$.

1.4.6 Určení stabilního sklonu stěny

Barton a Bar (2016) odvodili na základě korelace více jak 200 hodnocených svahů jednoduchou rovnici, která určuje generelní úhel β [°] nezajištěného svahu výšky $h < 30$ m, kde

$$\beta = 20 \log_{10} Q_{\text{slope}} + 65^\circ \quad (9)$$

Rovnice představuje čáru stability, rozdělující soubor hodnocených svahů na 3 oblasti – stabilní, kvazistabilní a nestabilní (Obr.2). Spektrum hornin zahrnuje čedič, diorit, dolerit, žulu, monzonit, monzodiorit, monzonitový porfyr, slepenec, drobu, pískovec, prachovec, vápenec, jílovec, jílovitou břidlici, krystalickou břidlici, skarn, fylit a kvarcit. Zkoumané svahy, na jejichž základu je tato metodika postavena, jsou převážně antropogenního původu.



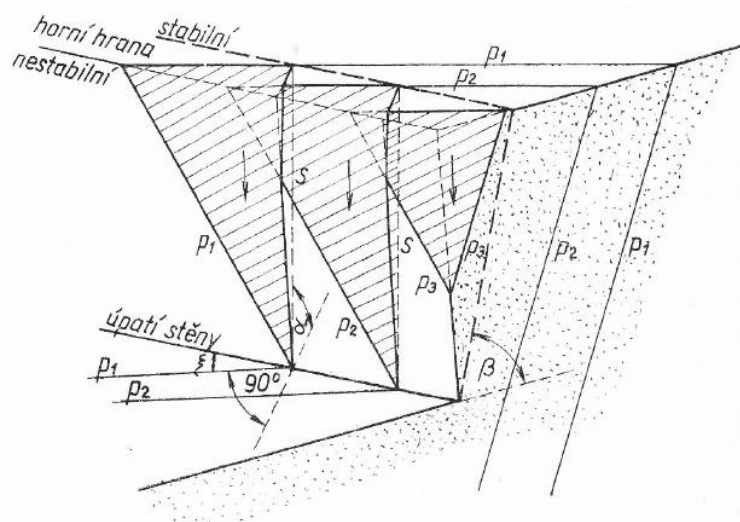
Obr.2 Oblasti stability Q_{slope} (upraveno podle Barton a Bar 2016)

V prostředí Českého masivu byla také vyvinuta metoda stanovení stabilního sklonu stěny, tzv. Rothova metoda (Roth 1954). Základním předpokladem je existence systému diskontinuit s orientací po svahu a šikmo vůči lici stěny (Obr.3). Principem metody je stav, kdy stěna protíná nejnepříznivěji orientovaný puklinový systém v jeho spádnicí. Pak, bez ohledu na tření, je svah stabilní a platí:

$$\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha / \cos \zeta = \text{tg } \alpha / \sin \gamma \quad (10)$$

kde β [°] je hledaný sklon stěny, α [°] sklon puklinového systému, ζ [°] úhel mezi směrem svahu a puklinového systému a γ [°] doplňkový úhel pro $90^\circ - \zeta$. Při vyšetřování stabilního sklonu je nejprve provedeno podrobné strukturální měření v ploše stěny. Pro stanovení β_{min} se provede výběr dat pro $\alpha > \varphi \wedge \zeta < 90^\circ$, kde φ [°] představuje úhel vnitřního tření v příslušné spáře. V případě $\alpha < \varphi$ platí, že $\text{tg } \varphi / \text{tg } \alpha > 1$ pro $\beta = 90^\circ$.

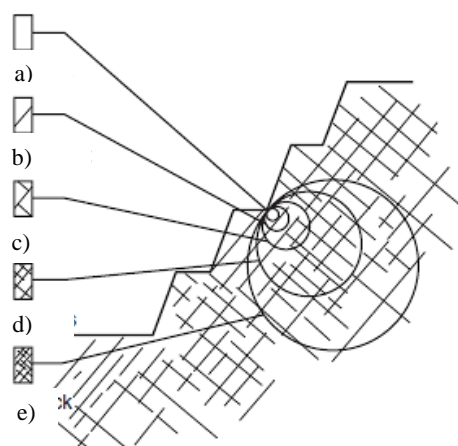
Tato podmínka demonstruje jednu ze tří nevýhod této metody, a to uvažovaný stupeň stability rovný 1. Druhou nevýhodou je neomezená výška stěny, třetí nevýhodou je hodnocení pouze jednoho systému odlučných ploch.



Obr.3 Schéma Rothovy metody (upraveno podle Hobsta a Zajíce 1972)
 p_1, p_2, p_3 – odlučné plochy; s – spádové přímky; pro $\beta = 90^\circ$ vyšrafováno

1.4.7 Stupeň stability skalní stěny

Před započítáním vyšetřování stupně stability skalní stěny je třeba si uvědomit fakt, že
horninový masiv = diskontinuity + hornina

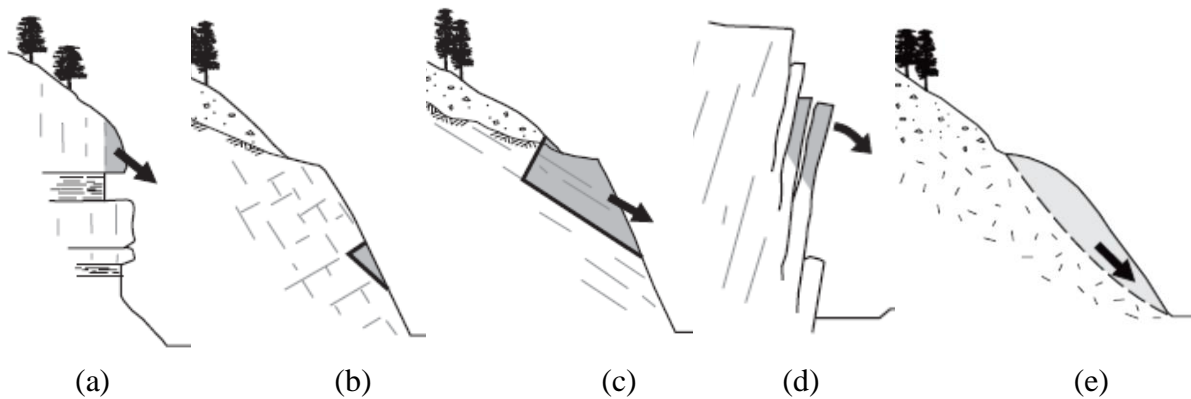


Obr.4 Idealizované schéma velikosti vzorku a přechodu od horniny a) celistvé; b) s jedním systémem puklin; c) se dvěma systémy puklin; d) s mnohočetným systémem puklin až ke e) zcela porušenému masivu (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)

Tomu odpovídá také měřítko pohledu na nestabilitu, která je právě řešena. Je významný rozdíl při posuzování lomové stěny s mnoha systémy puklin nebo dílčí bermy či např. drobného železničního zářezu (Obr.4). Stav stěny, kdy ještě nedošlo k pádu horniny, lze zhodnotit stupněm její stability F_s [-]. Volba stupně stability závisí na výšce a životnosti stěny. Pro stěny dočasných stavebních jam se volí $F_s = 1,1$ až $1,25$. Pro trvalé stěny se stupeň stability zvyšuje na hodnoty $1,2$ až $1,5$. Vstupní parametry se (ne)redukuje a to podle volby návrhového přístupu. Totéž platí i pro výpočtové účinky zatížení.

V zásadě se vyčleňují dva přístupy řešení stupně stability a to $F_s = \tau_{max}/\tau_{mob}$, kde čítec představuje maximální smykovou pevnost [kN] a jmenovatel mobilizovanou smykovou pevnost (tangenciální složka tíhy snižená smykovým účinkem kotvení) v kN. Druhým přístupem je $F_s = F_{pas}/F_{akt}$, kde čítec je dán maximální smykovou pevností zvýšenou o účinek kotvení v poměru k tangenciální složce tíhy.

Oba přístupy však vyžadují znalost smykové pevnosti „kontinua“ a nebo „diskontinua“. Je tedy nutné nejprve určit mechanismus porušení skalní stěny. Vyčleňují se tyto případy (upraveno podle Wyllie a Mah 2014):



Obr.5 (a) odtržení bloků; (b) smyk horninových klínů; (c) smyk po rovinné smykové ploše; (d) překlopení bloků; (e) mělká zakřivená plocha

Obr.5b,c charakterizuje případ použití smykové pevnosti na planárních plochách nepojitosti, kdy se uplatňuje několik přístupů. Patří mezi ně model podle:

- Pattona,
- Goodmana,
- Bartona & Bandise.

První dva modely uvažují se vznikem dilatace, kdy při malých normálových napětích nedojde k odlomení výstupků na stěnách puklin. Při dostatečně velkých normálových napětích se musí při usmyknutí výstupky odlomit. Tento stav je popisován Coulombovým zákonem:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c \quad (11)$$

kde τ [MPa] je tangenciální napětí na puklině, c [MPa] zdánlivá soudržnost způsobená smykáním výstupků na stěnách pukliny, σ_n [MPa] normálové napětí na puklině a φ [°] úhel smykové pevnosti vrcholový, mobilizovaný nebo reziduální ($c = 0$). Podrobnější popis viz např. Pruška (2002).

Barton & Bandisův model vychází z Pattonova modelu s ukloněnou diskontinuitou od vodorovné o úhel i [°], kdy k usmyknutí dojde při odklonu výslednice sil právě o úhel $(\varphi + i)$. Pro rovinnou diskontinuitu bez výplně platí:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} (\varphi + i) \quad (12)$$

kde

$$i = JRC \log_{10} \frac{JCS}{\sigma_n} \quad (13)$$

Parametr JRC [-] charakterizuje drsnost pukliny. Zjišťuje se přímo profilometrem přikládaným na hodnocenou diskontinuitu (Obr.6). Zjištěný profil se následně přenese na papír či zdigitalizuje. Pomocí korelačních vztahů se stanoví příslušná hodnota.



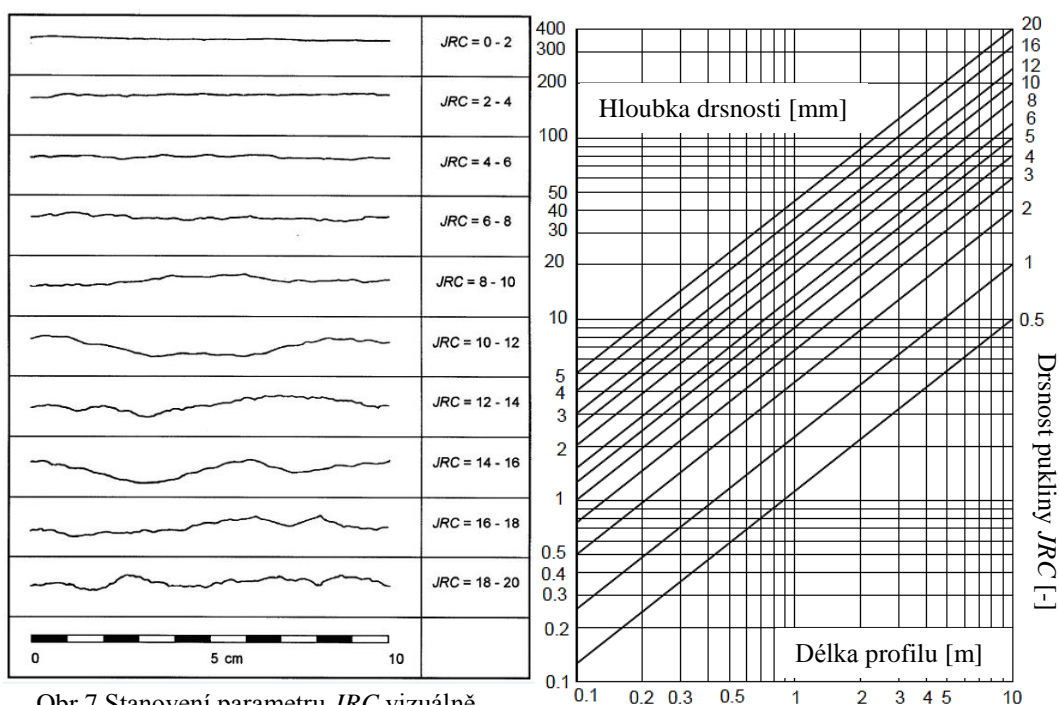
Obr.6 Bartonův profilometr (zdroj: www.matest.com)

Druhou možností je buď vizuální porovnání s tabelovanými profily (Obr.7 vlevo) nebo odečet z nomogramu (Obr.2 vpravo). Ten vyžaduje znalost průměrné hloubky drsnosti a délky měřeného profilu.

V průběhu vývoje modelu Barton – Bandis byl zohledněn vliv délky pukliny vůči měřenému profilu a byla doporučena měřítková korekce na normalizovanou hodnotu drsnosti pukliny JRC_n ve tvaru:

$$JRC_n = JRC_0 \left(\frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.02JRC_0} \quad (14)$$

kde JRC_0 je naměřená hodnota, L_n [m] měřené délka a L_0 [m] smyková délka.



Obr.7 Stanovení parametru JRC vizuálně (vlevo) nebo odečtem (vpravo), upraveno podle Bartona in (Wyllie a Mah 2014)

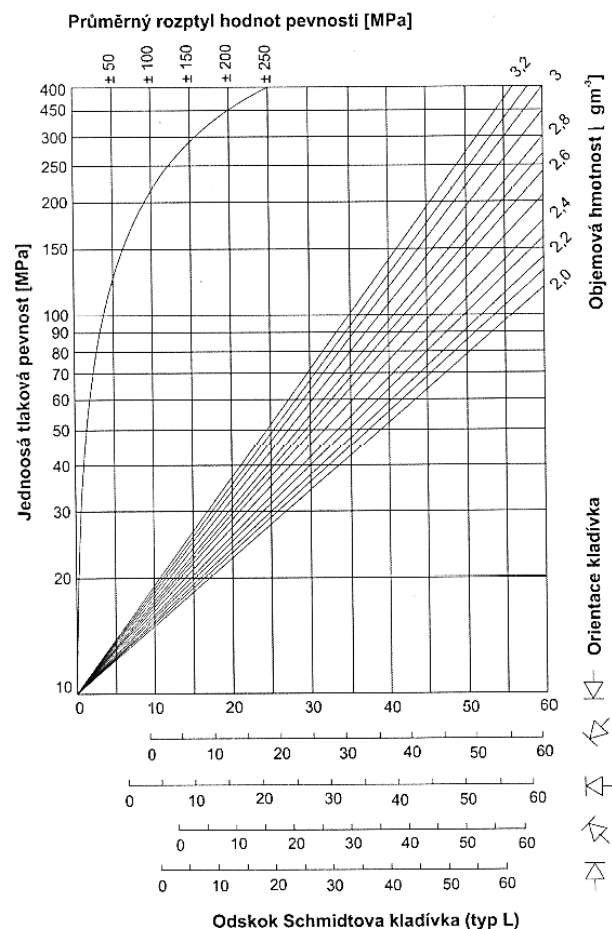
Parametr JCS [MPa] charakterizuje pevnost stěny diskontinuity. Lze ho stanovit buď terénním odhadem na základě doporučení ISRM (1978), které je ve shodě s ČSN EN ISO 14689:2018 (Tab.7), nebo pomocí Schmidtova kladívka typu L (Deere a Miller 1966) (Obr.8) .

I v tomto případě byl zohledněn vliv délky pukliny vůči měřenému profilu a byla doporučena měřítková korekce na normalizovanou hodnotu JCS_n ve tvaru:

$$JCS_n = JCS_0 \left(\frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.03JRC_0} \quad (15)$$

Tab.7 Klasifikace hornin podle pevnosti v jednoosém tlaku (upraveno podle ČSN EN ISO 14689:2018)

Vlastnost	Terénní popis	UCS [MPa]
Extrémně pevná	Vzorek může být geologickým kladivem pouze otlučeny	> 250
Velmi pevná	Pro rozbití vzorku je nutné použít mnoha úderů geologickým kladivem	100 - 250
Pevná	Pro rozbití vzorku je nutný více než jeden úder geologickým kladivem	50 - 100
Středně pevná	Nelze škrábat kapesním nožem, vzorek může být rozbit jedním silným úderem geologického kladiva	25 - 50
Měkká	Lze obtížně škrábat kapesním nožem, vzniká mělká jamka po jednom úderu špice geologického kladiva	5 - 25
Velmi měkká	Rozpad po jednom úderu geologickým kladivem, lze škrábat nožem	1 - 5
Extrémně měkká	Lze vytvořit rýhy nehtem	< 1



Obr.8 Korelace odskoku Schmidtova kladívka typu L a jednoosou tlakovou pevností (upraveno podle Bieniawski 1989)

Pro velká napětí poměr JCS/σ_n (13) $\rightarrow 1$ a i (13) $\rightarrow 0$. Při malých napětích naopak poměr $JCS/\sigma_n \rightarrow \infty$. Realistické hodnoty zlomku se tak pohybují v rozsahu od cca 3 do 100, úhel odklonu ($\varphi + i$) by neměl přesáhnout hodnotu 50° . Pokud totiž bude $\sigma_n = 0$, pak $i = \tau = 0$. Je zde možnost přepočtu na lineární parametry Mohr-Coulombova kritéria porušení pomocí tečného bodu. Tím lze definovat tzv. okamžitý úhel smykové pevnosti φ_i [$^\circ$] a okamžitou nenulovou kohezi c_i [kPa] ve tvaru:

$$\varphi_i = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\partial \tau}{\partial \sigma_n} \right) \quad (16)$$

kde

$$\frac{\partial \tau}{\partial \sigma_n} = \text{tg} \left(JRC \log_{10} \frac{JCS}{\sigma_n} + \varphi_r \right) - \frac{\pi JRC}{180 \ln 10} \left[\text{tg}^2 \left(JRC \log_{10} \frac{JCS}{\sigma_n} + \varphi_r \right) + 1 \right] \quad (17)$$

a pak

$$c_i = \tau - \sigma_n \text{tg} \varphi_i \quad (18)$$

Úhel smykové pevnosti v obecném pojetí φ [$^\circ$] je doporučeno používat pro reziduální pevnost. Pro zjištění reziduálního úhlu lze využít vztahu:

$$\varphi_r = (\varphi - 20) + 20(r/R) \quad (19)$$

kde r [%] je velikost odskoku Schmidtova kladívka na suchém zvětralém povrchu pukliny a R [%] velikost odskoku Schmidtova kladívka na suchém nezvětralém povrchu stěny vrtného jádra.

Doposud zmiňované modely uvažovaly diskontinuity bez výplně. V praxi se jedná především o periodicky promývané pukliny a mrazové odskoky. Velice často je během průzkumu puklinového systému lokalizována výplň, nejčastěji hlinitopísčité či jílovité. Ta oslabuje smykovou pevnost původního kontaktu stěn puklin. Pokud je mocnost výplně dostatečná pro odběr vzorku, použijí se parametry z oboru mechaniky zemin. Volba vrcholových či reziduálních parametrů závisí na historii pohybu po smykové ploše. Orientačně je možné použít tabelizované hodnoty podle Bartona (1974) (Tab.8) nebo podle Pavlíka (1981) (Tab.9).

Tab.8 Parametry smykové pevnosti puklin s výplní (upraveno podle Bartona 1974)

Hornina	Popis	c_p [MPa]	φ_p [$^\circ$]	c_r [MPa]	φ_r [$^\circ$]
Čedič	Projílované brekcie s podstatným množstvím jílu i matečné horniny	0.24	42		
	Výplň v křídových sedimentech	0.015	7.5		
Bentonit	Triaxiál	0.09 - 0.12	12 - 17		
	Triaxiál	0.06 - 0.1	9-13		
Bentonitická břidlice	Triaxiál	0 - 0.27	8.5 - 29		
	Smyková krabicová zk.			0.03	8.5
Jíly	Překonsolidované, hlavní smykové poruchy	0 - 0.18	12 - 18.5	0 - 0.003	10.5 - 16
Jílová břidlice	Triaxiál	0.06	32		

Pokračování na další stránce

Pokračování z předchozí stránky

Vrstevní plochy				0	19 - 25
Uhlonosné horniny	Jílová výplň puklin od tl. 10 - 25 mm	0.012	16	0	11 - 11.5
Dolomit	Zbřidličnatělé polohy tl. ± 150 mm	0.04	1	0.02	17
Diorit, granodiorit a porfyr	Jílová výplň	0	26.5		
Žula	Jílovité poruchy	0 - 0.1	24 - 45		
	Hlinitopísčité výplň	0.05	40		
	Smykové zóny, břidličnatost a mylonitizace, zajílované poruchy	0.24	42		
Droba	1 - 2 mm jílu na vrstevních plochách			0	21
	6 mm vrstvičky jílu			0	13
Vápenec	10 - 20 mm jílové výplně	0.1	13 - 14		
	< 1 mm jílové výplně	0.05 - 0.2	17 - 21		
Vápence, slínovce či lignit	Vložky lignitu	0.08	38		
	Střídání poloh	0.1	10		
Vápenec	Slínovitá výplň tl. 20 mm	0	25	0	15 - 24
Lignit	Střídání s jílovci	0.014 - 0.03	15 - 17.5		
Montmorillonit Bentonit	80 mm tl proplástky v křídových sedimentech	0.36 0.016 - 0.02	14 7.5 - 11.5	0.08	11
	100 - 15 mm tl. jílová výplň	0.03 - 0.08	32		
Krystalická břidlice, kvarcit, bulžník	Střídání tenkých vrstev jílu	0.61 - 0.74	41		
	Střídání mocných vrstev jílu	0.38	31		
Břidlice	Jemně laminovaná a zvětralá	0.05	33		
Kaolín	Rekonstituovaný triaxiál	0.042 - 0.09	36 - 38		

Tab.9 Parametry smykové pevnosti puklin (upraveno podle Pavlíka 1981)

Rozevření spár [mm]	Výplň spár			
	jílovitá	hlinito-písčité	limonitická	bez výplně
> 3	20 - 25° (I)	30°	-	30°
0.5 - 3	25 - 28°	30 - 33°	28 - 32°	32 - 35°
0 - 0.5	30°	36°	35°	40°
0	-	-	-	33 - 45°(50°) (II)

pozn.: (I) konzistence měkká až pevná; (II) pevné nezvětralé horniny

Hoek & Brownův (dále HB) model, na rozdíl od předchozích odstavců, uvažuje pevnost horninového masivu jako celku. Tedy hlavně u těch svahů, kde není lokalizován klíčový blok na planární poruše. Použití HB modelu je výhodné v případech porušení zdravých méně pevných hornin nebo málo porušených pevných hornin podél zakřivených smykových ploch (Obr.5e). Principiálně se původní HB podmínka ztotožňuje s nelineárním chováním betonu ≈ intaktní horniny a empirickým propojením s horninovými klasifikacemi RMR, později GSI. Autoři, jako např. Pavlík (1981) doporučují použití globální pevnosti masivu pro vyšetřování stability stěny v rozsahu od 20 do 80 m výšky.

Původní HB podmínka porušení z roku 1980 byla po 22 letech modifikována (Hoek et al. 2002) a lze ji zapsat jako:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (20)$$

kde σ'_1 a σ'_3 [MPa] jsou větší a menší hlavní napětí na mezi porušení masivu, σ_{ci} [MPa] pevnost vlastní horniny v prostém tlaku (UCS) a m_b , a , s [-] jsou materiálové konstanty závislé na složení horniny a vlastnostech ploch nespojitosti. Pro původní HB podmínku platí $a = 0.5$, s a $m = f$ (RMR a Q). Parametr m_b je redukovanou hodnotou pevnostní konstanty neporušené horniny m_i [-] (Tab.10) a nabývá tvaru:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{\text{GSI} - 100}{28 - 14D}\right) \quad (21)$$

Exponent a je závislý na stupni rozpukání masivu vyjádřený jako:

$$a = 0.5 + \frac{1}{6} (e^{-\text{GSI}/15} - e^{-20/3}) \quad (22)$$

a nelineární parametr s jako:

$$s = \exp\left(\frac{\text{GSI} - 100}{9 - 3D}\right) \quad (23)$$

kde parametr GSI [-] charakterizuje strukturu, blokovitost masivu a kvalitu ploch nespojitosti (kap.1.5.1) a D [-] stupeň porušení masivu. Pro skalní svahy, upravované presplitem nebo strojně, lze použít $D = 0.7$. U velkých svahů či lomových stěn poškozených trhacími pracemi platí $D = 1$.

Tab.10 Parametr m_i (upraveno podle Hoeka 2006)

Genetický typ	Struktura	Skupina	Textura			
			Hrubá	Střední	Jemná	Velmi jemná
Sedimenty	Klastické	Slepence	Slepence	Pískovec	Prachovec	Jílovec
			21 ± 3	17 ± 4	7 ± 2	4 ± 2
		Brekcie	Rohovce	Břidlice		
			19 ± 5	18 ± 3	6 ± 2	
		Slínovec			7 ± 2	
Chemogenní	Karbonáty	Chemogenní vápenec	Sparitický vápenec	Mikritický vápenec	Dolomit	
			12 ± 3	10 ± 2	9 ± 2	9 ± 3
	Evapority	Sádrovec	Anhydrit			
			8 ± 2	12 ± 2		
	Organické				Křída	
					7 ± 2	
Metamorfity	Masivní	Mramor	Rohovec	Kvarcit		
			9 ± 3	19 ± 4	20 ± 3	
	Mírná foliace	Migmatit	Kvarcit	Rula		
			19 ± 3	26 ± 6	28 ± 5	
S foliací		Svor	Fylit	Pararula		
		12 ± 3	7 ± 3	7 ± 4		

Pokračování na další stránce

<i>Pokračování z předchozí stránky</i>						
Magmatity	Hlubinné	Kyselé	Žula	Diorit		
			32 ± 3	25 ± 5		
		Bazické	Granodiorit			
			29 ± 3			
			Gabro	Dolerit		
	27 ± 3	16 ± 5				
	20 ± 5					
	Žilné		Porfyr	Diabas	Peridotit	
			20 ± 5	15 ± 5	25 ± 5	
	Výlevné	Láva		Ryolit	Dacit	Obsidián
			25 ± 5	25 ± 3	19 ± 3	
Pyroklastika			Andezit	Čedič		
			25 ± 5	25 ± 5		
		Aglomerát	Brekcie	Tuf		
19 ± 3	19 ± 5	13 ± 5				

Využití globální pevnosti masivu je výhodné při řešení stability svahu pomocí numerických metod. Pro řešení napětí-o-deformačního stavu svahu byl Hoek & Brownem odvozen globální modul přetvárnosti masivu E_m [GPa] ve tvaru:

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\text{UCS}}{100}} \cdot 10^{((\text{GSI}-10)/40)} \quad \text{pro UCS} \leq 100 \text{ MPa} \quad (24)$$

a

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{((\text{GSI}-10)/40)} \quad \text{pro UCS} > 100 \text{ MPa} \quad (25)$$

Pro výpočet stability je výhodné linearizovat HB podmínku pomocí Mohr-Coulombova (dále MC) kritéria porušení pomocí ekvivalentního úhlu vnitřního tření φ' [°] a ekvivalentní koheze c' [MPa] v rozsahu napětí $\sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_{3max}$ (Hoek et al. 2002), kde:

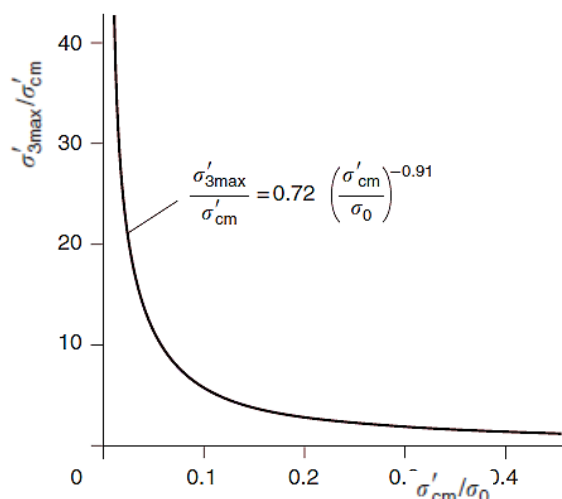
$$\varphi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad (26)$$

a

$$c' = \frac{\sigma_{ci}[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}} \quad (27)$$

kde $\sigma_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma_{ci}$, tedy podíl maximálního menšího napětí a pevnosti neporušeného masivu (ekvivalent UCS).

Pro skalní svahy byla zpětnou analýzou zjištěna závislost σ'_{3max} vůči globální pevnosti masivu σ'_{cm} [MPa] (osa y na Obr.9) a geostatickému napětí in situ σ_0 [MPa] = $\gamma \cdot H$ (tíha horniny a výška nad definovanou poruchou – osa x viz Obr.9).

Obr.9 Stanovení σ'_{3max} z ekvivalence HB a MC parametrů pro skalní svahy (upraveno podle Hoek 2006)

Výsledná globální pevnost masivu byla odvozena z MC podmínky v rozsahu napětí $\sigma_t < \sigma_3 < \sigma_{ci}/4$, kde:

$$\sigma_{cm} = \frac{2c' \cos \varphi'}{1 - \sin \varphi'} \quad (28)$$

a po rozvoji

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)} \quad (29)$$

Položením $\sigma'_3 = 0$ v rov. (20) dostaneme jednoosou tlakovou a tahovou pevnost masivu $\sigma_c = +UCS \cdot s^a$ a $\sigma_t = -UCS \cdot s \cdot m_b^{-1}$.

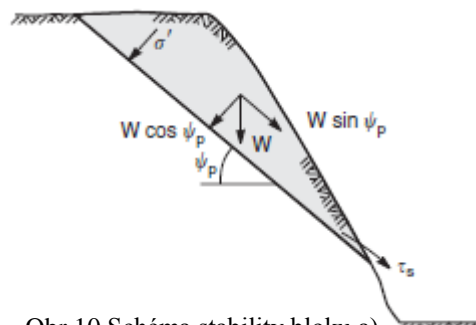
Mezi speciální případy rovinných smykových ploch patří i horninové klíny (Obr.5b), polygonální a schodovité smykové plochy, jejichž stabilitní řešení vychází z předpokladů v předešlých odstavcích. Jejich posouzení je v praxi obtížné, je ale možné použití adekvátního software nebo konzervativního převodu do rovinného řešení.

Mezi nejběžnější případy řešení stability na rovinné smykové ploše patří a) pohyb bloku o tíze W [kN.m⁻¹] (Obr.10). Stupeň stability je pak roven (viz str.22):

$$F_s = \frac{cA + W \cos \psi_p \operatorname{tg} \varphi}{W \sin \psi_p} \quad (30)$$

kde A [m²] je délka spáry na 1 bm. Pro $c = 0$ platí:

$$F_s = \frac{\cos \psi_p \operatorname{tg} \varphi}{\sin \psi_p} \quad (31)$$



Obr.10 Schéma stability bloku a) (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)

kde při $F_s = 1$ platí $\psi_p = \varphi$.

Druhým případem je b) blok s tahovou trhlinou a částečnou saturací podzemní vodou (Obr.11). Pak po úpravě (30) platí:

$$F_s = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p) \tan \varphi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p} \quad (32)$$

kde U a V [kN] jsou výslednice hydrostatického tlaku. Pokud je protnuta smyková plocha pomocí svorníku s tahovým účinkem T [kN], platí:

$$F_s = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p + T \sin(\psi_T + \psi_p)) \tan \varphi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p - T \cos(\psi_T + \psi_p)} \quad (33)$$

při optimálním úhlu kotvení $\psi_{T(opt)} = (\varphi - \psi_p)$. Speciálním případem je pak c) stabilita bloku s tahovou trhlinou v lici stěny (Obr.12), kde hloubka trhliny $z = H(1 - \cot \varphi \tan \psi_p)$.

Mezi další mechanismus porušení se řadí překlopení bloků (Obr.13). V přírodních podmínkách je to významný děj přechodu mezi smykem a klopením. Vliv má jednak geometrie bloku a dále poloha těžiště. Lze rozeznat následující stavy:

- v klidu, kde $\psi_p < \varphi$ a $\Delta x/y > \tan \psi_p$,
- smyk, kde $\psi_p > \varphi$ a $\Delta x/y > \tan \psi_p$,
- smyk a překlopení, kde $\psi_p > \varphi$ a $\Delta x/y < \tan \psi_p$,
- překlopení, kde $\psi_p < \varphi$ a $\Delta x/y < \tan \psi_p$,

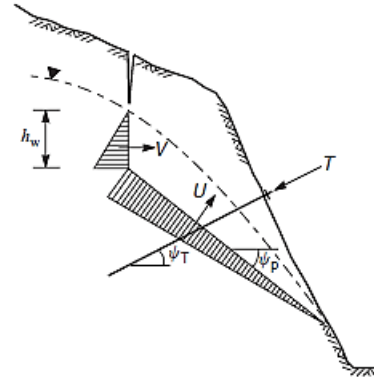
Stupeň stability proti překlopení pak bude:

$$F_s = \frac{W \cos \psi_p \Delta x}{W \sin \psi_p y} \quad (34)$$

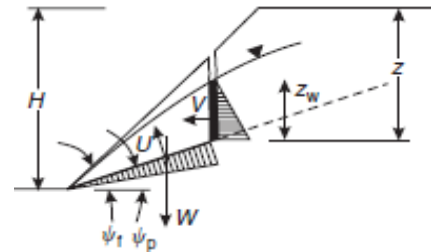
Posledním z mechanismu porušení je odtržení převisu (Obr.5a). Jedná se o nebezpečný jev, zvláště v exponovaných svazích. Z momentové rovnováhy (Obr.14) vychází stupeň stability:

$$F_s = \frac{(G_t \cdot r_b + c \cdot l)}{G \cdot r + G_s \cdot r_s + V \cdot r_v} \quad (35)$$

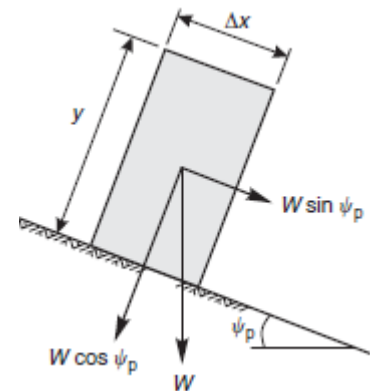
kde G [kN] je tíha převisu, G_t [kN] výslednice pevnosti v tahu masivu, G_s [kN] setrvačná seismická síla, V [kN] výslednice hydrostatického tlaku a r , r_b , r_s , r_v [m] ramena k bodu A.



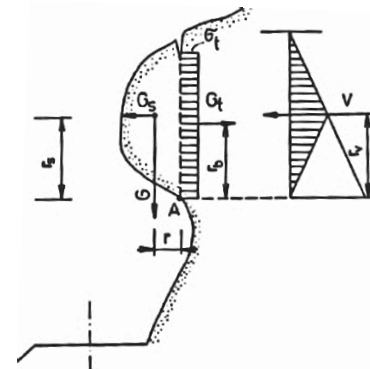
Obr.11 Schéma stability bloku b) (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)



Obr.12 Schéma stability bloku c) (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)



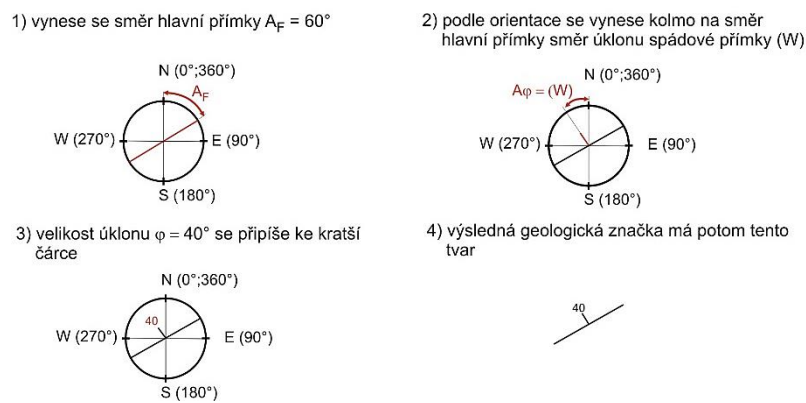
Obr.13 Geometrie bloku d) (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)



Obr.14 Geometrie bloku e) (upraveno podle Malgota et al. 1992)

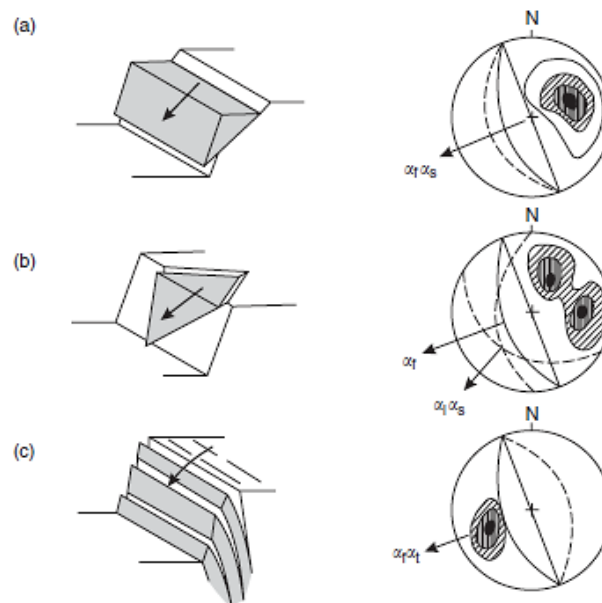
1.4.8 Analýza strukturních dat

Pro řešení úloh stability skalních stěn, ale i pro záznam orientace puklinového systému je výhodné zobrazení pomocí tektonogramů. Do nich se zaznamenává směr sklonu měřených ploch vůči magnetickému severu a sklon spádnice těchto ploch. Měření se provádí pomocí geologického kompasu (Obr.17) s dělením stupnice v grádech či stupních. Nejčastěji používané tektonogramy jsou konturové a růžicové, podrobněji např. (Pavlík 1981, Pruška 2002, Hoek 2006). Nejběžnějším záznamem planárních prvků je geologický zápis s orientací formou A_F/φ + orientace, např. 60/40 (W) – úpadní k západu (Obr.15). Vynesese se směr hlavní přímky roviny A_F (delší čarou) a podle orientace kolmo na hlavní přímku směr úklonu (kratší čarou). Hodnota úklonu φ se připiše. Druhým méně častým je hornický zápis ve tvaru $A\varphi/\varphi$, např. 120/35. Vynesese se směr úklonu $A\varphi$ (kratší čarou), hlavní přímka je na směr úklonu kolmá (delší čarou). Úklon φ se připiše.

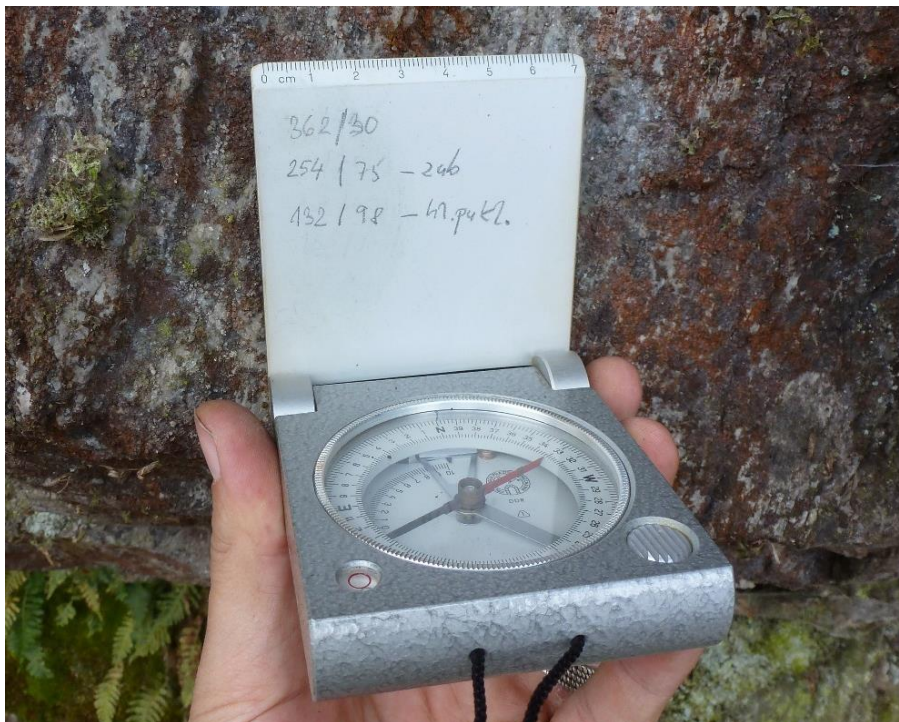


Obr.15 Grafické vyjádření geologického zápisu s orientací 60/40 (W) (zdroj www.geologie.vsb.cz)

Principem zobrazení je vynášení kompasových dat do kruhových diagramů nejčastěji pomocí Lambertovy projekce. Rovinné plochy se zobrazují pomocí poledníkových oblouků v meridiální síti. Vzniklý oblouk reprezentuje průsečnici roviny s povrchem spodní polokoule (Obr.16). Směr sklonu vynášíme po obvodu kruhu a sklon spádnice na příslušném poloměru.

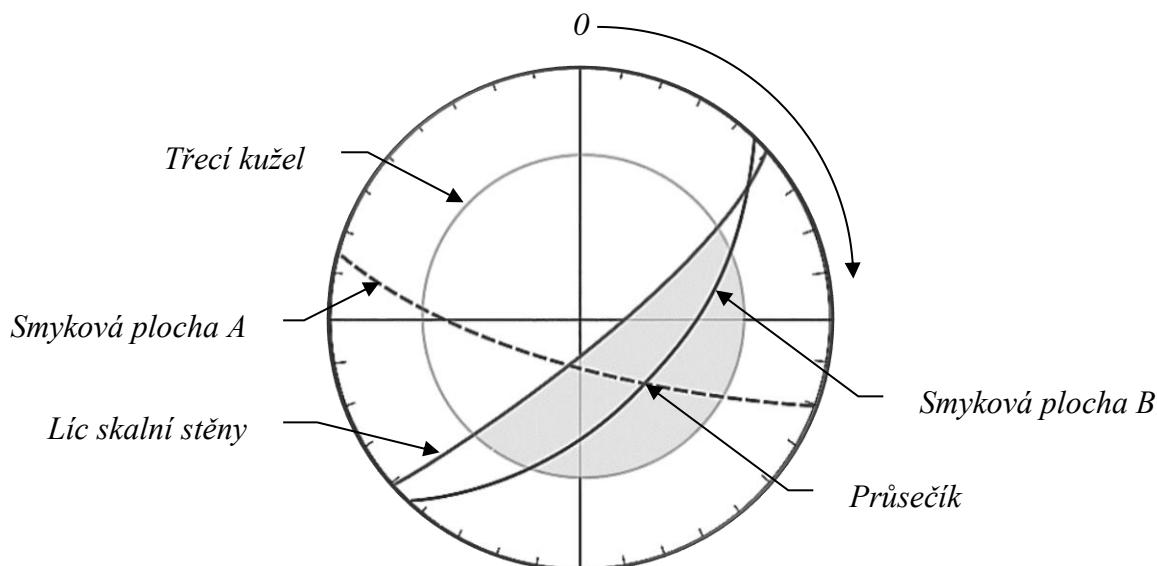


Obr.16 Možné zobrazení ploch v Lambertově projekci (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)



Obr.17 Strukturální měření geologickým kompasem (archiv autora)

Stereografická projekce je výhodná při kinematické analýze po předem definovaných plochách nespojitosti za pomoci principu tzv. třecího kužele (Obr.18). Působí-li výslednice všech sil odkloněná od normály k uvažované ploše pod úhlem menším než příslušný úhel tření (uvnitř kužele), nemůže dojít k pohybu ve styčné spáře při jakékoliv hodnotě výslednice.



Obr.18 Kinematika horninového klínu v azimutální projekci (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)

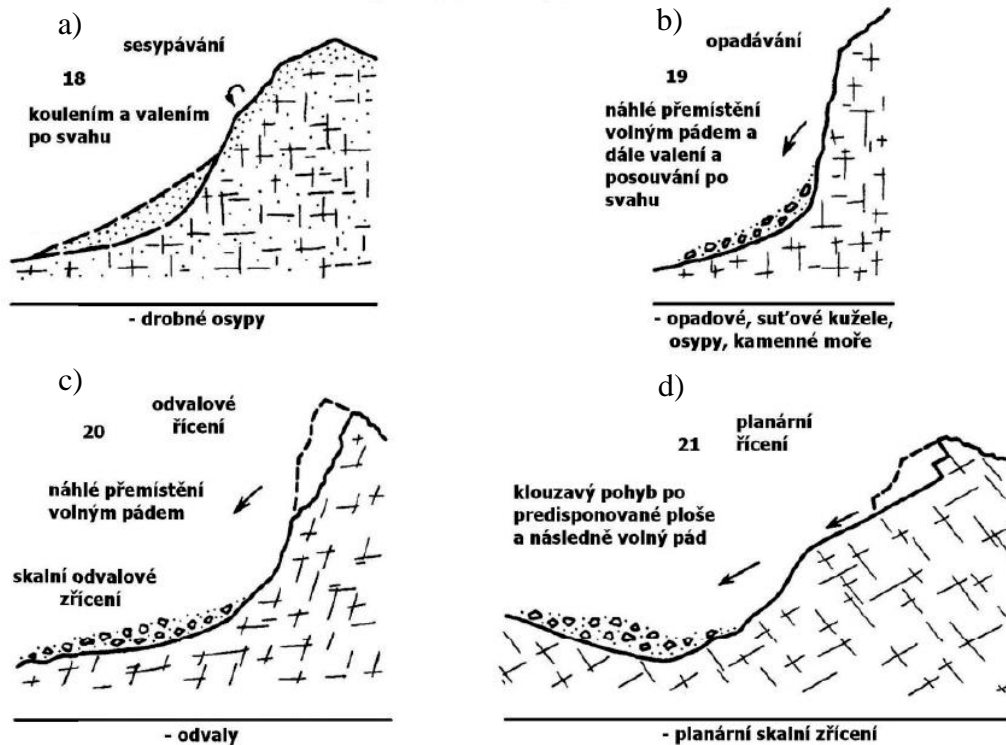
Průmět třecího kužele a líce skalní stěny na spodní polokouli vytváří ohraničenou oblast (Obr.18 šedě). Pokud průsečík oblouků smykových ploch A a B leží v této ploše, je možný pohyb (kinematika) klínu ve směru průsečnice těchto ploch.

Dříve se hojně využívalo průsvitek, dnes je k dispozici řada jednoduchých software jako např. licencovaný Dips (R.E. Goodman) či Spheristat nebo freeware StaTect (J. Rez).

1.4.9 Stanovení trajektorie a účinku pádu

Pokud účinky eroze (tepelné namáhání, mrazové cykly, pákový účinek kořenů, hydrostatický tlak apod.) působí dostatečně dlouho na to, aby byla překonána mez stability stěny či jejích částí, dojde k translačnímu pohybu horninového materiálu do míst s nižší potenciální energií. Během tohoto procesu dojde k nárůstu kinetické energie a její postupné disipaci dynamickým třením (36) a případným přetvořením (fragmentace, náraz). Významným aktivátorem je také indukované seismické zatížení.

Z hlediska charakteru říčení horniny lze vyčlenit tyto případy (Obr.19a,b,c,d):



Obr.19 Typy skalního říčení (upraveno podle Malgota et al. 1992)

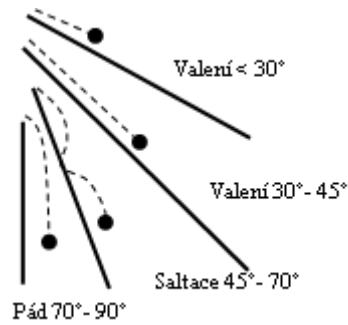
Velikost dynamického tření podle Dorrena (2003) činí:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\mu d} = \operatorname{tg} \varphi_0 + k \cdot d / 2r \quad (36)$$

kde úhel vnitřního tření φ_0 [°] = 20.3 až 33.8, součinitel k [-] = 0.17 až 0.26, d [m] je medián frakce deluvia a r [m] poloměr tělesa. Velikost třecí síly při různých sklonových poměrech je pak:

$$F_t = \operatorname{tg} \varphi_{\mu d} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (37)$$

kde m [kg] je hmotnost tělesa, g [m.s⁻²] gravitační zrychlení a α [°] sklon svahu. Právě generelní sklon svahu má také významný vliv na charakter pohybu horniny (Obr.21). Velice často dochází k fragmentaci tělesa horniny již při prvním dopadu.



Obr.21 Charakter pohybu při změně sklonových poměrů (upraveno podle Dorrena 2003)

V zásadě lze vyčlenit tři kategorie stanovení trajektorie skalního řícení a to empirické, fyzikální a GIS metody.

Empirický přístup obecně není zcela korektní vzhledem k riziku, jaké může nastat. Proto je jeho použití vhodné např. v málo osídlených horských oblastech s dostatkem prostoru v akumulční oblasti a minimem rizika během trajektorie pádu. Jako příklad lze uvést tzv. α - β metodu dosahu skalního řícení (Domaas 1994). Principem je spuštění přímky z místa iniciace řícení pod úhlem α [°] směrem k patě profilu. Průsečík přímky s terénem označí potenciální dosah skalního řícení. Hodnota úhlu se stanoví jako:

$$\alpha = 0.77\beta + 3.9^\circ \quad (38)$$

kde β [°] je generelní sklon svahu s počátkem v prvním místě trvalého snížení sklonu svahu pod 23°.

Moderním přístupem jsou GIS metody, založené na 3-D digitálních modelech terénu (DEM). Jejich využití je předurčeno taktéž pro velká hornatá území. Při zvolení vhodného algoritmu se v jednotlivých rastrových buňkách generuje rychlost tělesa a propaguje se ve směru gradientu DEM. Velké uplatnění tak nachází tato metoda při konstrukci map rizik a zranitelnosti včetně lavinového nebezpečí. Mezi hlavní licencovaný software patří ArcMap, GRASS, ILWISV a RAMMS. V rámci ČR zatím autor DP nemá zpětnou vazbu v projekční praxi s tímto typem simulace.

Fyzikální přístup používá k výpočtu pádové trajektorie metodu CRSP - Colorado Rockfall Simulation Program (Pfeiffer a Bowen 1989) a v základu umožňuje modelovat pády horninových bloků na předem definovaném reliéfu ve 2-D řezu. Modelovanému prostředí jsou v řezu přiřazeny materiálové konstanty, které vyjadřují drsnost a typ povrchu. Pro jednotlivé bloky je možné zadat jejich objemovou tíhu a počáteční rychlost. Jednotlivé parabolické trajektorie jsou následně během modelového nárazu ovlivněny rotací bloku, jeho tíhou a drsností svahu (koeficienty restituce COR). Obecně se hodnota COR pohybuje od 0 (plastické chování s úplnou disipací energie) do 1 (elastické chování bez redukce vstupní rychlosti). Model uvažuje všechny tři možné pohyby bloku (volný pád, odskoky, rotace). Výpočet je možný jak statistickým přístupem, tak deterministicky (pro každý odraz jsou počítány parametry přímo ze zadaných hodnot koeficientů restituce) podle základního kvadratického vztahu průsečíku přímky a paraboly:

$$\left[\frac{1}{2} g \right] t^2 + [V_{y0} - qV_{x0}]t + [Y_0 - Y_1 + q(X_1 - X_0)] = 0 \quad (39)$$

kde q [-] je směrový parametr, t [s] čas, V [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] rychlost a $X;Y$ [m] poloha hmotného bodu. Pro stanovení konkrétních účinků pádu je v drtivé většině používán strojový výpočet pomocí příslušného software (Obr.23), např. RocFall, CRSP, Rockfall, GeoRock 2D/3D atd.

Konkrétní účinky zatížení jsou autorem DP stanovovány výpočtem – silovou metodou podle dopadové rychlosti při 95% hladině významnosti. To umožňuje norma ČSN 73 0037:1991, čl. 23 b) a 25. Při takovém postupu nemusí být (v souladu s čl. 27 normy ČSN 73 0037:1991) v plném rozsahu dodrženo ustanovení bývalé normy ČSN 73 0033:1990 a výsledky řešení je možné vyhodnotit individuálně. Není tedy vhodné použít redukcí vstupních parametrů hornin. Individuálním vyhodnocením je pak myšleno, že metodika mezních stavů musí být zavedena alternativním způsobem nebo musí být použit jiný systém posouzení spolehlivosti konzistentní s výsledky výpočtu (např. dovolená namáhání nebo stupně bezpečnosti).

Návrh energetické účinnosti je autorem DP prováděn podle metodiky ETAG 027 (EOTA 2008) (Tab.11) pro mezní stav přetvoření SEL (provozní zatížení) a mezní stav únosnosti MEL = 3.SEL (extrémní zatížení).

Ve výpočtu jsou všechny vstupní veličiny autorem uvažovány svými normovými hodnotami ve smyslu bývalé ČSN 73 0035:1988 a ČSN 73 0037:1991, respektive charakteristickými hodnotami ve smyslu ČSN EN 1990 a ČSN EN 1997-1. Výsledné účinky zatížení jsou pak individuálním způsobem posouzeny následovně:

- pro dimenzování minimální energetické účinnosti záchytného zařízení (Obr.22) jsou získané účinky zatížení převedeny na výpočtové účinky (ve smyslu ČSN EN 1990) pomocí koeficientů z normy ČSN EN 1997-1, návrhový přístup 2, poznámka 1,
- pro dimenzování minimální záchytné výšky a délky deformační zóny je použito stupně bezpečnosti $\geq 1,5$.



Obr.22 Doubravnický tunel na trati č. 251 Žďár n. S. – Tišnov v km 85,200; modifikovaná galerie doubravnického portálu tvořená dynamickou bariérou výšky 8,0 a 3,0 m (archiv autora)



Obr.23 Doubravnický tunel v km 85,200; kinematická simulace pádu bloku o objemu $1,6 \text{ m}^3$ bítešské ortoruly pomocí RocFall v.4 (archiv autora)

Tab.11 Příklad posouzení účinků pádu podle ETAG 027 (interpretace autora)

Charakt. hodnoty	Výpoč. hodnoty	Koeficienty	Stupeň bezpečn.
d_{maxMEL} [m] 0.31	d_d [m] 0.403	γ_d only test 1.3 verificat. 1.2	
$d_{minslope}$ [m] 0.47	Deformační zóna bariéry		1.52
α [°] 40	h_{dv} [m] 0.61	Bez red. 1 calibrated biblio	
β [°] 0	h_{dt} [m] 0.46	γ_{tr} 1.02 1.07 toposurv low precis	
h_{95} [m] 0.56	d_{fence} [m] 1.5	γ_{dp} 1.01 1.07	
$2 \times r_{block}$ [m] 1			
$d_{fminmel}$ [m] 2.6	Výška bariéry		1.78
v_{95} [m.s ⁻¹] 9.90	v_d [m.s ⁻¹] 9.90	Bez red. 1 calibrated biblio γ_{tr} 1.02 1.07 toposurv low precis	
Vol. [m ³] 1	M_d [m ³] 1	γ_{dp} 1.01 1.07 γ_{tg} 1.1	
W [kg.m ⁻³] 2500	W_d [m ³] 2500	γ_x 1.05 Bez red. 1	
	m_d [kg] 2500		
	E_d [kJ] 165	γ_Q 1.35	
$ekv.F_{max}$ [kN] 458	F_d [kN] 410.4	Tuhost bariéry	1.12
ΣI_{max} [kN.m ⁻¹] 1477.4	I_d [kN.m ⁻¹] 1323.9		
E_{minSEL} [kJ] 165	Energetická úroveň bariéry		1.00
E_{minMEL} [kJ] 496			3.00

Při volbě COR je často výhodné provedení pádové zkoušky. Je však nutné upozornit, že se jedná o vysoce rizikovou zkoušku s absolutním vyloučením pohybu osob a dopravy pod

svahem. Současně je to však jediná efektivní metoda kalibrace pádových křivek, pokud jsme odkázáni pouze na tabulkové hodnoty.



Obr.24 Stanovení odrazivosti a odskoku, přírodní rezervace Prudká (archiv autora)

V Tab.11 je uvedena mj. tuhost bariéry, což je parametr mimo ETAG 027. Jedná se o posouzení pasivního záchytného systému bez brzdných mechanismů. Tímto postupem lze navrhovat takové konstrukce, kde je požadavek na minimalizaci deformační zóny (např. s ohledem na průjezdný profil).

Nevýhodou je podstatné zvýšení dimenzí prvků, především průřezových charakteristik. Lze však dosáhnout ekvivalentní záchytné energie až 500 kJ. Zmíněná charakteristika je však interním postupem autora a není předmětem této DP.

1.4.10 Monitoring pohybů

Analýzou pohybu částí skalního svahu lze stanovit závažnost a iniciaci skalního řícení. Velmi jednoduše lze rozeznat regresivní i progresivní chování pohybů v čase. Pokud dochází ke zplošťování křivky v čase, jedná se o regresivní chování s postupným ustálením pohybů. V případě progresivního chování posuny v čase narůstají nelineárně až do kolapsu. Může se také jednat o přechod mezi těmito stavy. V literatuře (Wyllie a Mah 2014) lze nalézt několik postupů vyšetřování rychlosti pohybů (logaritmická či odmocninová metoda apod.). Podrobnější popis metod monitoringu je uvedený v kap.1.6.1.

Jako příklad z praxe lze uvést monitoring skalního bloku nad koridorovou tratí Všetaty – Děčín v km 415,840. Jedná se o lokalitu, která je součástí přírodní rezervace Kalvárie a je budována v rámci tzv. tektonického okna chloritickými fylity a břidlicemi proterozoika Barrandienu.

V rámci stavby byla na horninovém bloku ve staničení 415,840 instalována tři stanoviště (Obr.25a,b) pro periodické měření potenciálního pohybu skalního bloku. Na jedno stanoviště připadají dva vrty, osazené nerezovými měřicími šrouby \varnothing 10 mm do kotevní

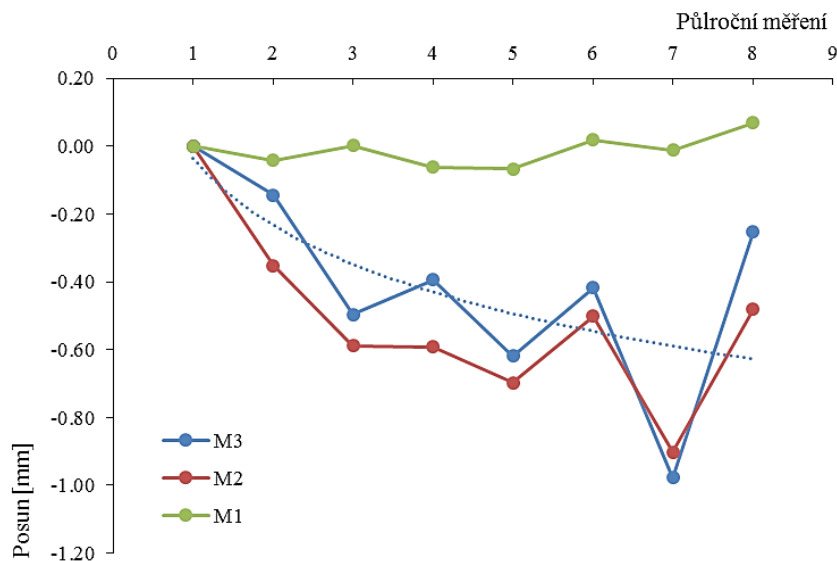
malty. Četnost měření je min. 2x ročně s přesností $0,01 \pm 0,05$ mm. Pro lokalitu jsou stanoveny tyto varovné stavy pohybu bloku:

- < 5 mm ... blok v klidu – klimatické oscilace,
- 5 - 10 mm ... upozornit projektanta – zvýšit četnost sledování,
- > 10 mm ... zastavit dopravu, havarijní zásah (dokotvit, odtěžit).



Obr.25a,b Trať Všetaty – Děčín, stav při osazení bodů s naznačením pohybu (a) a stav těsně po sanaci (b)
(archiv autora)

Na Obr.26 je uveden záznam půročních měření s regresivním chováním. Největší rozkmit je patrný v horní části bloku. Dochází k uzavírání spáry s pevnou patou (Obr.25a).



Obr.26 Trať Všetaty – Děčín, grafický záznam posunů (archiv autora)

Tab.12 Záznam monitoringu (archiv autora)

Etapa č.	Den	Měsíc	Rok	Teplota [°C]	Měřicí bod	Čtení [-]	Oprava z teploty [mm]	Rozteč [mm]	Posun [mm]
0	16	6	2015	19	M1	13,92	-0,02	701,06	0
					M2	10,33	-0,02	704,65	0
					M3	20,41	-0,01	495,58	0
1	29	10	2015	9	M1	13,79	-0,19	701,02	-0,04
					M2	10,51	-0,19	704,3	-0,35
					M3	19,43	-0,14	495,43	-0,14
2	22	4	2016	8	M1	13,73	-0,21	701,06	0
					M2	10,73	-0,21	704,06	-0,59
					M3	19,77	-0,15	495,08	-0,5
3	10	10	2016	9	M1	13,81	-0,19	701	-0,06
					M2	10,75	-0,19	704,06	-0,59
					M3	19,68	-0,14	495,18	-0,39
4	11	4	2017	11	M1	13,85	-0,15	701	-0,07
					M2	10,89	-0,15	703,96	-0,7
					M3	19,93	-0,11	494,96	-0,62
5	25	10	2017	16	M1	13,85	-0,07	701,08	0,02
					M2	10,78	-0,07	704,15	-0,5
					M3	19,79	-0,05	495,16	-0,42
6	3	5	2018	16	M1	13,88	-0,07	701,05	-0,01
					M2	11,18	-0,07	703,75	-0,90
					M3	20,35	-0,05	494,60	-0,98
7	22	10	2018	9	M1	13,68	-0,19	701,13	0,07
					M2	10,64	-0,19	704,17	-0,48
					M3	19,54	-0,14	495,32	-0,25

Vlastní měření je realizováno příložným měřidlem (kap. 1.6.1) s půlroční periodicitou. Změřená rozteč je opravena o chybu z teplotní roztažnosti duralového měřidla (Tab.12).

Důvodem pohybu je postupné postsanační vysychání výplně diskontinuity po vykácení vzrostlých stromů. Během monitoringu došlo k buření akátů, které postupně znovu zakrývají blok (Obr.27). Během dalších cca 4 let dojde k návratu vlhkosti a saturaci výplně.

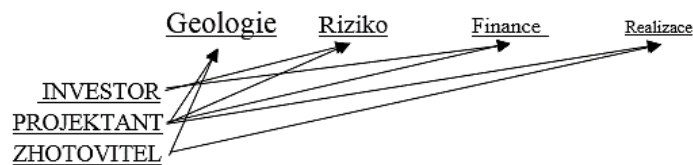


Obr.27 Trať Všetaty – Děčín, vegetační kryt bloku k 10/2018 (archiv autora)

1.5 Geotechnický průzkum

Posouzení typu porušení a charakteru pádu horniny je jedním z významných faktorů a současně úkolů geotechnického průzkumu (GTP), které podmiňují výběr metody zajištění (sanační metody) skalní stěny proti pádu hornin. Důvodem vzniku tohoto typu svahové deformace je především erozní činnost, tedy chemická a mechanická eroze způsobená srážkovou a podzemní vodou, větrem, vegetací a mechanickým namáháním díky tepelné oscilaci horniny.

Jako i mnoho dalších metod v podzemním stavitelství, zakládání staveb apod. se stabilizace či ochrana skalních stěn neobejde bez podrobného GTP. V souvislosti s probíhající debatou profesního aktivu geotechniky (ČKAIT, jaro 2017) ohledně kvality GTP je na místě zmínit zkušenosti s touto problematikou. V české praxi sanace skalních stěn se lze setkat přibližně s tímto schématem subjektů a jejich hledisek v procesu výstavby (Obr.28):



Obr.28 Schéma významnosti hledisek subjektů v procesu výstavby

Ve schématu není zahrnut zhotovitel GTP. Není tam také zhotovitel geodetického zaměření, biologického či dendrologického průzkumu aj. To vše jsou činnosti podpůrné, jejichž náplň a zadání určuje projektant a jejichž výsledky přebírá pro svou činnost. Je to také projektant, který v případě nedostatečného průzkumu (předaného na základě projektantovy objednávky, předaného investorem nebo jiným projektantem) výsledky průzkumu nepřevzme a neprovede rizikový návrh. Oporu co do výběru GT kategorie, návrhového přístupu i potřebného testování může projektant nalézt v ČSN EN1997-1, zejména kap. 1 až 3.

V případě sanace skalních svahů spolupráce projektanta a inženýrského geologa, jak vždy upozorňovali Q. Záruba a V. Mencl (1974), platí dvojnásob. Proto řada geotechniků - projektantů řeší průzkum po vlastní linii, bez nadbytečných doprůzkumů a subdodávek. S trochou humorné nadsázky si lze představit, že:

$$\text{geotechnik} = \int_{\text{narození}}^{\text{smrt}} \left(\int_{\text{geolog}}^{\text{projektant}} \frac{\text{specialista}}{\text{praxe}} d_{\text{praxe}} \right) d_{\text{čas}} \quad (40)$$

Mezi závazné normativy pro GTP, týkající se skalních svahů v ČR, patří ČSN EN ISO 14689-1, ČSN EN 1926 a 1936, ČSN P 73 1005, neplatná ČSN 72 1002:1993, ČSN 73 6133, TP-76 MD ČR a Eurokód 8. Ze zahraničních normativů lze doporučit ASTM D 420-5611. Za nadnárodní standardizaci lze považovat celou publikační sérii ISRM (od r. 1977).

GTP musí (nezávisle na všech normativech):

- Provést *geometrické určení lokality* – zaznamenat prostorový rozsah jevů jako jsou hrana, pata, převis, osypový kužel, vegetace, suťové pole, rokle a rozsedliny, skalní věže, kaverny a police, pukliny vyšších řádů, výrony vody z puklin a ledopády, staré

ochranné prvky, stávající zástavbu, ohrožené objekty (příportálové oblasti, komunikace, budovy, vodní díla, stezky), případně další infrastrukturu,

- Provést *terénní rekognoskaci* – dokumentovat zonaci částí masivu, které vykazují uniformní vlastnosti a jsou odlišeny výraznou změnou (poruchou, typem horniny, typem porušení/řícení), strukturní stavbou. Realizovat terénní náčrt s trasou pochůzky (kilometrů apod.), podrobnou fotodokumentaci,
- Popsat *pokryvné útvary* – parametry jako je mocnost, zatřídění, smykové parametry pevnosti, typ a velikost propustnosti, vlhkost,
- Určit *horninový typ* – s regionálně-geologickým zařazením, petrografickým zařazením, charakterem zvětrání,
- Stanovit *fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin* – objemovou hmotnost, jednoosou tlakovou pevnost, smykové parametry pevnosti diskontinuity/intaktní horniny/masivu podle měřítka nestability (Obr.4) popř. další korelačně odvozené parametry,
- Popsat *diskontinuity* – s měřením orientace strukturních prvků (vrstevních ploch, foliací, lineací, hlavními a vedlejšími systémy diskontinuit), charakterem diskontinuit (ISRM 1977) jako je rozteč, četnost, drsnost, průběžnost, výplň, aktivita, odrazová pevnost (Schmidt nebo podle ČSN EN ISO 14689-1), číselnou klasifikací RQD, GSI, J_v , J_a , J_r , J_d , J_n , J_{cond} , V_b , S (Palmström 1996; 2005) viz kap.1.5.1.

Není předmětem DP suplovat učebnicová data nebo kompilovat pracovní metody. Podrobnost a metody geotechnického průzkumu by však měly odpovídat geotechnické kategorii. U stávajících skalních stěn je obecně vždy lepší získat data měřením in situ než odvozením. Navíc je nezbytné lokalitu osobně prozkoumat, velmi často za pomoci horolezecké techniky. Zároveň je více než vhodné provést minimálně jeden subhorizontální rotační jádrový vrt \varnothing cca 50 mm do hloubky alespoň 3,0 m a sérii kopaných sond s obnažením tahových trhlin příp. kaveren. U plánovaných antropogenních skalních svahů (odřezů, zářezů, lomů a příportálových oblastí) je nezbytný podrobný vrtný průzkum, kompletní laboratoř mechaniky hornin vč. všech popisných charakteristik (viz předchozí odstavce).

Špatným příkladem může být stavební akce II/353 Velký Beranov-obchvat. Investorem byl objednan orientační inženýrsko-geologický průzkum pro stupeň DÚR. V trase je mj. několik mostů a oboustranných zářezů hloubky až 20 m v třebíčských durbachitech. Výsledkem průzkumu byly jádrové vrty (prováděné bez výplachu!) do hl. 10 m s vyčíslením tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] podle již neplatné ČSN 73 1001. Kuriózní bylo, že v přechodové oblasti plánovaného zářezu a mostu se nachází stávající exponovaný skalní výchoz. Je zjevné, že zde došlo k naprostému mrhání veřejných prostředků.

1.5.1 Vybrané geometrické, klasifikační a fyzikálně-mechanické parametry

V rámci podrobného GTP skalních stěn je velký rozdíl, zda je dokumentován líc stěny nebo získaná vrtná jádra. Především v případě sedimentárních hornin jsou jádrové vrty

směrovým 1-D parametrem a pokud jsou voleny konformně s vrstevnatostí, bude geometrický popis diskontinuit diametrálně odlišný od 2-D plochy stěny. V takovém případě lze využít vhodné 3-D korelace (Terzaghi 1965; Palmstrom 2005) viz dále.

V případě skalních ploch je možné stanovit:

- volumetrický počet spar J_v [ks.m⁻³],
- rozteč spar S [m],
- blokovitost V_b [m³],
- váženou hustotu rozpukání wJ_d [ks.m⁻²],
- index RQD [%],
- index GSI [-].

V případě vrtných jader je možné stanovit:

- blokovitost V_b [m³],
- váženou hustotu rozpukání wJ_d [ks.m⁻¹],
- index RQD [%],
- index GSI [-].

Jelikož horninový masiv je často protkán několika nesouběžnými soustavami puklinových systémů, není stanovení těchto parametrů v 1-D a 2-D prostoru vždy korektní (provedení několika jádrových vrtů s různými azimuty a sklony prodražuje GTP a je technicky a časově náročné). Standartně se volumetrický počet spar stanoví jako suma reciprokých hodnot průměrné rozteče S jednotlivých systémů diskontinuit ve tvaru:

$$J_v = S_1^{-1} + S_2^{-1} + S_3^{-1} + \dots + S_n^{-1} \quad (41)$$

který ovšem neuvažuje náhodné pukliny. Ty lze zohlednit pomocí plošné korekce, kdy k rov. (41) přičteme $0.2N_r \cdot A^{-0.5}$ (N_r je počet ks náhodných puklin a A je plocha pozorování v m²). Na základě myšlenky K. Terzaghiho (1965) o převodu počtu spar do 1 m³ horniny vyvinul A. Palmström (2005) parametr $wJ_d \approx J_v$. Principem je měření úhlů δ [°] v průřezu všech diskontinuit s lícem stěny nebo osou vrtu. Pro převod do 3-D pozorování byl zaveden opravný součinitel f_i [-] = $1/\sin \delta_i$, kde i značí příslušnou skupinu (Tab.13). Pak pro 2-D pozorování platí:

$$wJ_d = 1/A^{0.5} \sum n_i \cdot f_i \quad (42)$$

a pro 1-D pozorování:

$$wJ_d = 1/L \sum n_i \cdot f_i \quad (43)$$

kde L [m] je pozorovaná délka vrtného jádra a n_i [ks] počet puklin v příslušné skupině.

Tab.13 Opravný součinitel f_i pro čtyři skupiny úhlu δ (upraveno podle Palmströma 2005)

δ_i [°]	$1/\sin \delta_i$	f_i [-]
> 60	< 1.16	1
30 - 60	1.16 - 1.99	1.5
15 - 30	2 - 3.86	3.5
< 15	> 3.86	6

Dalším důležitým parametrem je blokovitost V_b . Zjednodušeně se stanovuje blokovitost jako $V_b = S_a^3$, kde S_a představuje aritmetický průměr roztečí S všech systémů diskontinuit.

Blokovitost základního elementu je potom:

$$V_{b0} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (44)$$

Tento postup ovšem podává podhodnocené výsledky především u zjevně rozpukanějších hornin s navzájem kosými úhly γ [°] systémů diskontinuit. Při vzájemném úhlu systému diskontinuit $\gamma = 60^\circ$ bude $V_b = 1.5V_{b0}$, při 45° již $2.8V_{b0}$ atd.. Pro tyto případy je vhodnější použít upraveného tvaru:

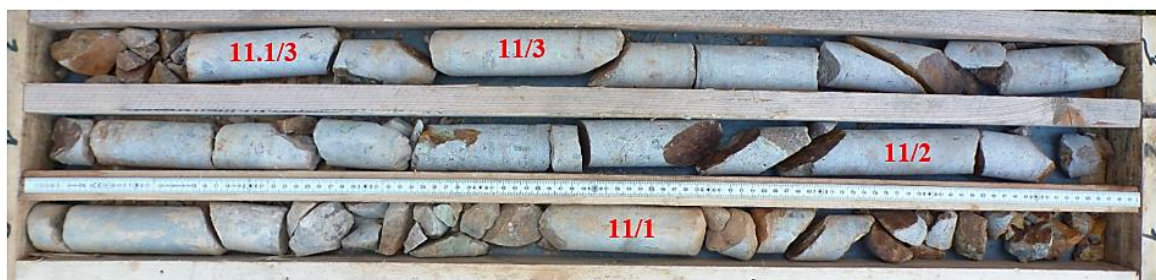
$$V_b = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}{\sin \gamma_1 \cdot \sin \gamma_2 \cdot \sin \gamma_3} \quad (45)$$

Mezi blokovitostí V_b a volumetrickým počtem spar J_v existuje množství korelací, které je možné v rámci GTP také využít. Jednou z nich je použití tvarového faktoru β [-] = 27 až 200 podle tvaru a nepravidelnosti bloku, běžně pak 36. V praxi se autorovi DP osvědčilo jeho stanovení přímo in situ podle Palmströma (1995) vztahem $\beta \approx 20 + 7a_3/a_1$, kde a_1, a_3 [m] představují nejkratší a nejdelší rozměr typického bloku. Výsledná korelace činí $V_b = \beta \cdot J_v^{-3}$.

Jedním ze základních klasifikačních parametrů v rámci GTP je index RQD – Rock Quality Designation (Deer 1966). Je odvozen na základě kvalitativního hodnocení vrtného jádra (Obr.29). Průměr jádra by měl činit 54.7 mm a měl by být vyvrtán pomocí dvojité jádrovky. Jeho číselná hodnota je dána vztahem:

$$\text{RQD} [\%] = \Sigma l_i / 0.01l \quad (46)$$

kde l_i [m] je délka úlomku jádra > 10 cm a l [m] délka hodnocené délky návrtu či metráže. Podmínka 10 cm je však častým úskalím tohoto indexu, s čímž se autor často setkává v praxi. Mnohokrát je možné obdržet RQD = 0, ačkoliv lze ve vzorkovnici nalézt 5, 6 či 7 devíticentimetrových úlomků.



Obr.29 Obchvat Mor. Třebové, vzorkovnice s vrtným jádrem dl. 3x1m (červeně dokumentační vzorek) (archiv autora)

V takovém případě lze vyjít z korelace (Palmström 1995 in Palmström 2005):

$$\text{RQD} = 115 - 3.3J_v \quad (46.1)$$

pro $J_v = 4.5$ až 35, která je vhodná především pro delší a plošší bloky. Pro pravidelnější tvary je vhodnější (Palmström 2005):

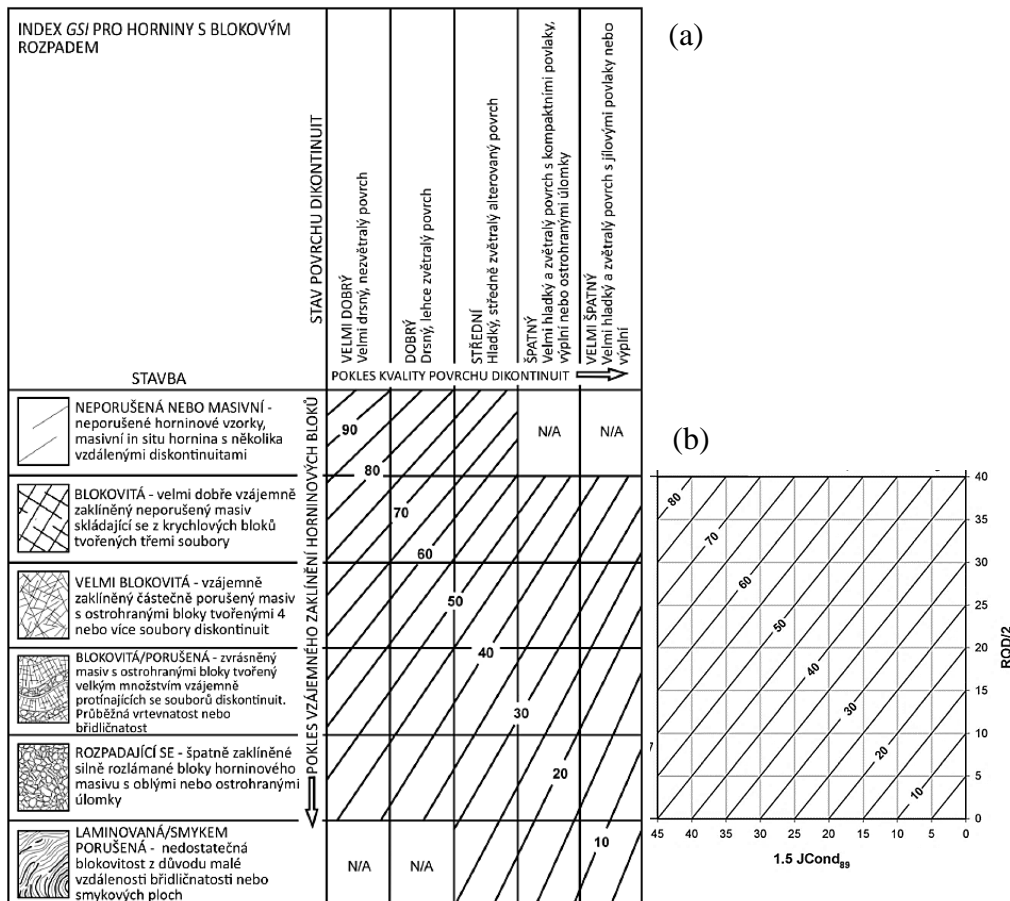
$$\text{RQD} = 110 - 2.5J_v \quad (46.2)$$

pro $J_v = 4$ až 44.

Stejně tak lze tímto postupem stanovit index kvality při dokumentaci líce stěny. V obou případech autor doporučuje stanovit parametr J_v rov. (42) nebo (43). Výsledné hodnocení RQD pomocí jednotlivých tříd viz Tab.4, část B1. Příklad možné aplikace v rámci podrobného GTP viz Příloha 05.

Dalším významným parametrem je GSI - Geological Strength Index. Jde o alternativní metodu stanovení pevnosti a přetvárnosti horninového masivu, kterou vyvinul E. Hoek v roce 1995 jako jeden z parametrů HB podmínky porušení (kap.1.4.7). Aplikace indexu GSI [-] je limitována charakterem rozpuštění a porušení horniny. Za žádných okolností ji nelze použít v případech viz Obr.4a,b a dále u skalních stěn výšky > 20 m.

Možnost stanovení indexu GSI je dvojí. První možností je použití popisného nomogramu pro horniny s blokovitou odlučností (existuje i pro méně časté flyšoidní horniny) viz Obr.30a, v rozsahu 0 až 100 b. Druhou možností, používanou autorem, je jeho explicitní vyjádření. Oběma osám bylo přiřazeno měřítko a byla provedena vzájemná korelace mezi indexem kvality a charakterem povrchu diskontinuit (Obr.30b).



Obr.30a,b Nomogram GSI popisný (a) a explicitní (b) (upraveno podle Hoeka et al. 2013)

Hodnota GSI je pak dána vztahem (Hoek et al. 2013):

$$GSI = 1.5J_{Cond89} + 0.5RQD \quad (47)$$

kde

$$J_{Cond89} = 35J_r/J_a / (1 + J_r/J_a) \quad (47.1)$$

představuje hodnocení stavu diskontinuit (Bieniawski 1989 in Hoek et al. 2013). Dosazením tohoto vztahu do předešlé rovnice dostáváme:

$$GSI = \frac{52 J_r/J_a}{(1 + J_r/J_a)} + RQD/2 \quad (48)$$

kde součinitel (J_r/J_a) představuje drsnost a míru zvětrání stěn puklin (Tab.6). Rozah hodnot je platný pro $GSI = 0$ až 85 b., $RQD = 0$ až 80 % a $J_{Cond89} = 0$ až 30 b.

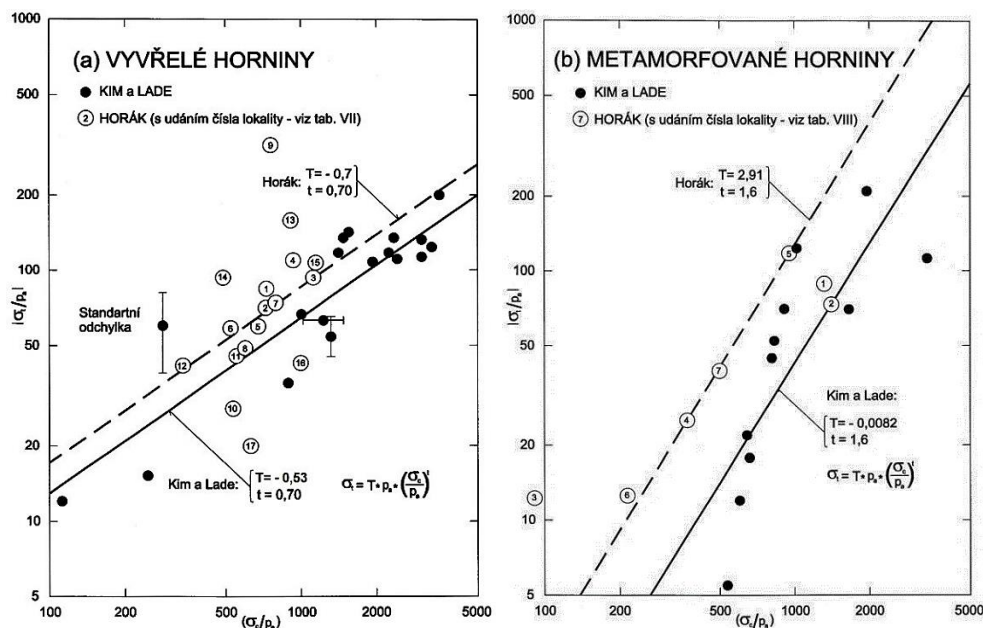
Na pomezí mechanického a klasifikačního parametru leží pevnost v jednoosém tlaku UCS [MPa]. Její stanovení je možné v polních podmínkách (méně časté) a především v laboratoři mechaniky hornin. Testování je prováděno na pravidelných tělískách (nejčastěji válec) pomocí lisu. Štíhlostní poměr by měl odpovídat hodnotě cca 2 až 3. Tato pevnost odpovídá tlakové síle $+F$ [kN], kterou zkušební těleso přenese plochou A ve formě jednoosého tlaku σ_1 při $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$. Výsledná pevnost je pak $UCS = +F / A$. Klasifikace hornin podle pevnosti viz Tab.7.

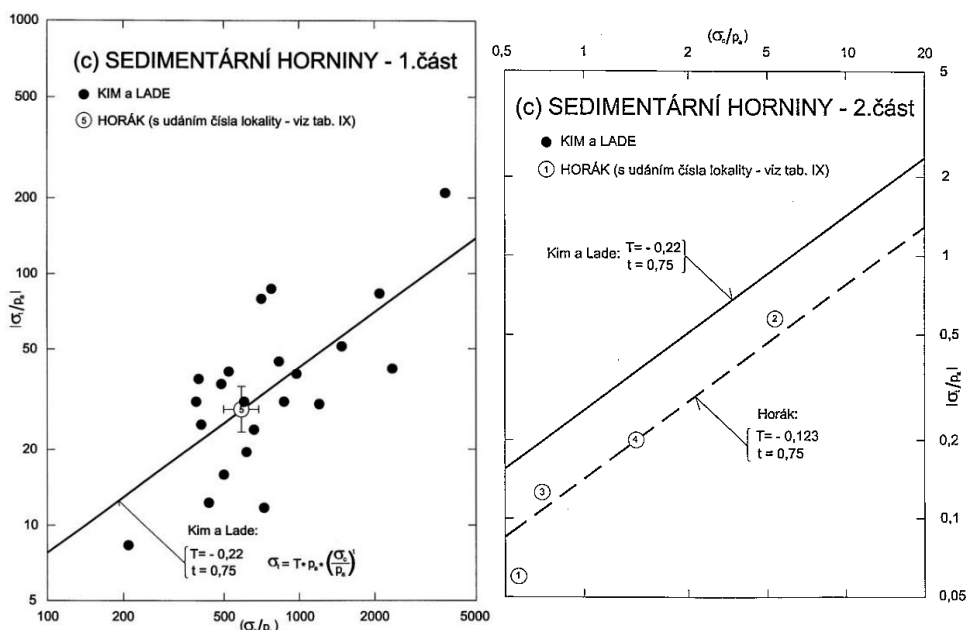
Vzhledem k tomu, že drtivá většina vzorků pochází z jádrových vrtů různých průměrů, navrhli Hoek a Brown (Hoek 2006) měřítkovou korekci na standartní průměr $d = 50$ mm pomocí výrazu:

$$UCS_d = UCS_{50} \left(\frac{50}{d} \right)^{0.18} \quad (49)$$

jelikož byl v praxi prokázán úbytek pevnosti s nárůstem testovaného průměru horninových tělísek.

Méně často je vyžadována pevnost v jednoosém tahu. Na vzorek působí tahová síla $-F$ [kN]. Testovány jsou válečky či hranolky dostatečné délky (minimálně 5ti násobek příčného profilu). Jistým problémem je přenos tahové síly z trhačky na zkoušený vzorek. Temování či zalévání čel vzorků olovem či kamencem je v současnosti nahrazeno lepením. Velmi přísně musí být dodržen způsob namáhání vzorku. Jakákoliv mimostřednost velmi negativně ovlivní toto stanovení; vzorky jsou proto uchyceny do kloubových hlavic.





Obr.32a,b,c Závislost pevnosti v tlaku a tahu podle genetického původu hornin (upraveno podle Horáka 2000)

Autorovi DP je v ČR známo jediné pracoviště, schopné v současnosti provést tuto zkoušku a to Ústav geoniky AV ČR. Právě složitost instrumentace vedla k rozsáhlejšímu testování a korelacím k UCS (σ_c) (Kim a Lade 1984, Horák 2000) viz Obr.32a,b,c.

Dalším z řady pevnostních parametrů je skleroskopická pevnost. Stanovení skleroskopické pevnosti je založeno na pružném odrazu závaží, které dopadá na zkoušené těleso z předepsané výšky (Shoreho skleroskop), nebo kladiva vrženého na těleso energií vyvolanou pružinou zkušebního zařízení (Schmidtovo kladívko). Zaznamenává se rozdíl energie před nárazem a po nárazu kladiva.

Měření skleroskopické pevnosti (vzpruživosti) patří mezi nejvíce propracované indexové zkoušky v mechanice hornin s jasnou korelací na UCS. Mezi nejpoužívanější patří Atkinsonova závislost:

$$UCS = 3.54(Shore - 12) \quad (50)$$

Pro převod odrazového čísla R [%] kladívka typu L na UCS slouží Bieniawského diagram (Obr.8) nebo lze korelovat přímo na laboratorní hodnoty pomocí Broulova vztahu (in Horák 2000):

$$R = 1/(a \cdot UCS^{-1} + b) \quad (51)$$

kde a [MPa] a b [-] jsou korelační parametry. V laboratoři dříve používaný Shoreho, případně Nieberdingův skleroskop byl zcela vytlačen Schmidtovým kladívkem (původně určeným pro zkoušení umělých stavebních hmot - betonů, cihel apod.). Horninové vzorky (krychle, hranoly, válce, desky) jsou v laboratoři testovány obvykle kladívkem typu L o nárazové energii 0,74 J. V terénu je často voleno kladívko typu N o nárazové energii 2,207 J s korekcí na vodorovný směr nárazu.

Posledním vybraným parametrem je hustota ρ_s (ve starší literatuře též nesprávně „specifická hmotnost“ či „měrná hmotnost“) je stanovována pyknometrickou metodou

(pyknometr Gay-Lussac) na vzorku horniny rozmělněném tak, aby částice vzorku již neobsahovaly póry. Z pohledu mechaniky hornin nepatří stanovení hustoty horninové hmoty k nejvýznamnějším (zvláště s ohlednutím ke značné pracnosti); velmi vysoké hustoty (výrazněji přes 3000 kg.m^{-3}) indikují zrudnění, jinak se hodnota běžně pohybuje kolem průměrné hustoty zemské kůry 2700 kg.m^{-3} . Pomineme-li účely rudné prospekce (s nutností ověřit obsahy kovů v analytické laboratoři) může tento ukazatel signalizovat jisté problémy spojené se zrychlením procesu zvětvávání jinak makroskopicky i velmi solidní horniny.

Běžnější je stanovení objemové hmotnosti $\rho = m/V$ se všemi součástmi horniny (tuhými, kapalnými a plynnými). Objemová hmotnost je v mechanice hornin stanovována obvykle pro horninový materiál ve vlhkosti odpovídající okamžitému stavu při dodání do laboratoře, případně pro horninu zcela nasycenou vodou; poměrně zřídka pak pro horninu vysušenou. U běžných skalních hornin se pohybuje přirozená vlhkost v rozsahu několika málo procent, takže její zachování není (vzhledem ke značným potížím, např. při přípravě pravidelných těles) relevantní. Opačný případ však nastává u řady hornin poloskalních (jílovce, slínovce, prachovce apod.), kdy je testování v přirozené vlhkosti nutností.

Stanovení objemové hmotnosti je poměrně jednoduché, přičemž objem vzorku je určen buď proměřením pravidelného zkušebního tělesa (krychle, válec, hranol) či dvojím vážením tělesa nepravidelného (na suchu a ponořeného ve vodě). Nepravidelné těleso je možno podle nutnosti opatřit na ochranu před vodou (nebezpečí nasáknutí a rozpadnutí u hornin poloskalních, či průniku vody do pórů u hornin silně porézních) obalem - obvykle parafinovým. Velmi měkké poloskalní horniny lze testovat i metodami používanými laboratoři mechaniky zemin (odběr vzorku do prstence).

V celé geomechanice je objemová hmotnost velmi ceněnou vlastností používanou pro geotechnické výpočty (napjatost v horninovém masívu, horninové tlaky na konstrukce, stabilitní výpočty apod.). Vedle toho je však objemová hmotnost i významným ukazatelem kvality horniny pro odlišení jejího stavu v rámci jednoho typu a to především stupně navětrání či zvětrání (Tab.14).

Tab.14 Př. hodnot objemové hmotnosti a hustoty granodioritů východní granitoidové zóny brněnského masívu (upraveno podle Horáka 2000)

Typ horniny	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	Hustota [kg.m^{-3}]
granodiorit zvětralý	2460 - 2580	< 2630
granodiorit značně navětralý	2580 - 2620	2630 - 2680
granodiorit středně až mírně navětralý	2620 - 2660	2680 - 2720
granodiorit zdravý	2660 - 2690	2720 - 2780

1.6 Metody zajištění skalních stěn proti pádu horniny

Na rozdělení metod zajištění (dále sanačních metod), používaných v ČR není konkrétní klíč. Z dosavadní praxe autora DP lze na metody nahlížet třemi (často vzájemně se překrývajícími) způsoby a to podle následujících kategorií:

- | | | |
|------------------------------------|-----------|---|
| I. <i>Umístění ve svahu</i> | v oblasti | a) akumulární
b) transportní
c) zdrojové |
| II. <i>Disipace energie</i> | na | d) aktivní
e) pasivní |
| III. <i>Funkce</i> | na | f) monitorovací (observace)
g) akumulární
h) záchytná
i) usměrňovací
j) ochranná
k) stabilizační |

Pro další orientaci je ke každé metodě vedle názvu přiřazena i příslušná kombinace číslice a písmena dané kategorie, pokud je relevantní.

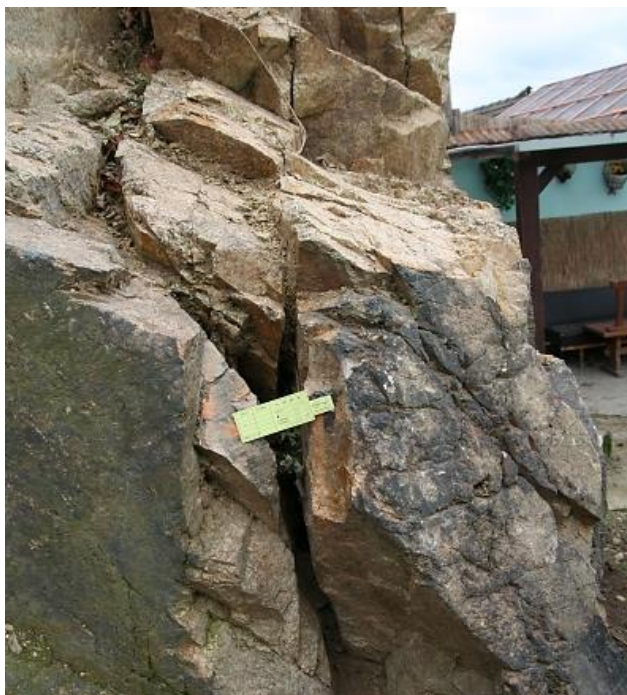
1.6.1 Monitorovací opatření - observace

Princip měření pohybů byl nastíněn v kap.1.4.10. Použití metod měření je celkem široké od primitivního pozorování k mechanickým a elektronickým čidlům až po sofistikované optoelektronické systémy. Vcelku humorné je rčení, že „až zmizí ze stěny i pavouci, je už pozdě“. Něco na tom možná bude, jelikož hmyz je velmi citlivý na vibrace, které mohou vznikat např. při projevech pohybu bloku drhnutím v důsledku rozdílnosti počáteční a mobilizované smykové pevnosti.

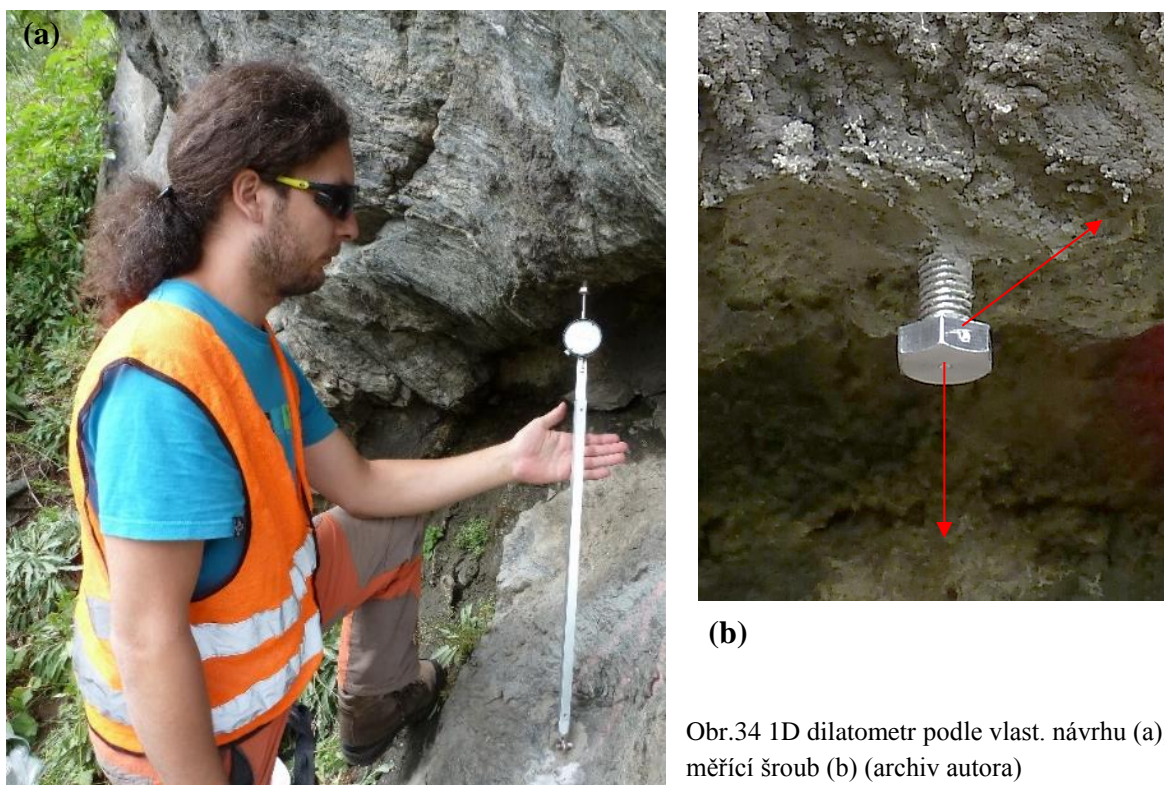
Monitorovací opatření (kat. **III f**) se umísťují do kat. **Ia**, **Ib** i **Ic**. Tím nejzákladnějším je vizuální pozorování. U makroskopicky patrných struktur se může jednat o vyjádření pamětníků.

Další možností je porovnávání fotografické dokumentace v čase. U lokalizovaných poruch se používalo osazení skleněnými destičkami. Je možné se setkat s aplikací sádrových značek. Sofistikovanější je potom přilepení plastové měrky posunů (Obr.33), což je posuvná páska s mm stupnicí. Zde se již dá hovořit o měření.

Obr.33 Havárie Kuřim, posuvná měrka s mm stupnicí (archiv autora)



Pokud jde o přesné měření pohybů, je nutné použít zařízení se setinovou přesností. Tomu odpovídá např. zařízení, zkonstruované na návrh autora DP. Jedná se o sadu kalibrovaných duralových tyčí, kterými lze měřit spáry široké až 2,7 m. Základní nástavec je spojen s mechanickým úchylkoměrem s rozsahem ± 15 mm a přesností měření $0.01 \pm 0.05^\circ$ mm (Obr.34a). Konce jsou opatřeny ocelovými doteky s rádiusem 2,5 mm. Ty se vkládají mezi speciálně upravené nerezové šrouby M10 s vyfrézovanými důlky stejného rádiusu na temeni a boku hlavy (Obr.34b). Měřicí šrouby jsou upnuty cementem nebo chemickou kotvou v definované rozteči (Tab.15). Délka šroubů 12 cm dovoluje jemné doladění vzálenosti během tuhnutí. Výsledné čtení se vyrovnává opravou z teploty pro dural při 20°C. Existuje je i 3-D varianta dilatometru (Obr.35) s příložným měřením, je však dražší a náročnější na instalaci zvláště při visu na laně.



Obr.34 1D dilatometr podle vlast. návrhu (a), měřicí šroub (b) (archiv autora)

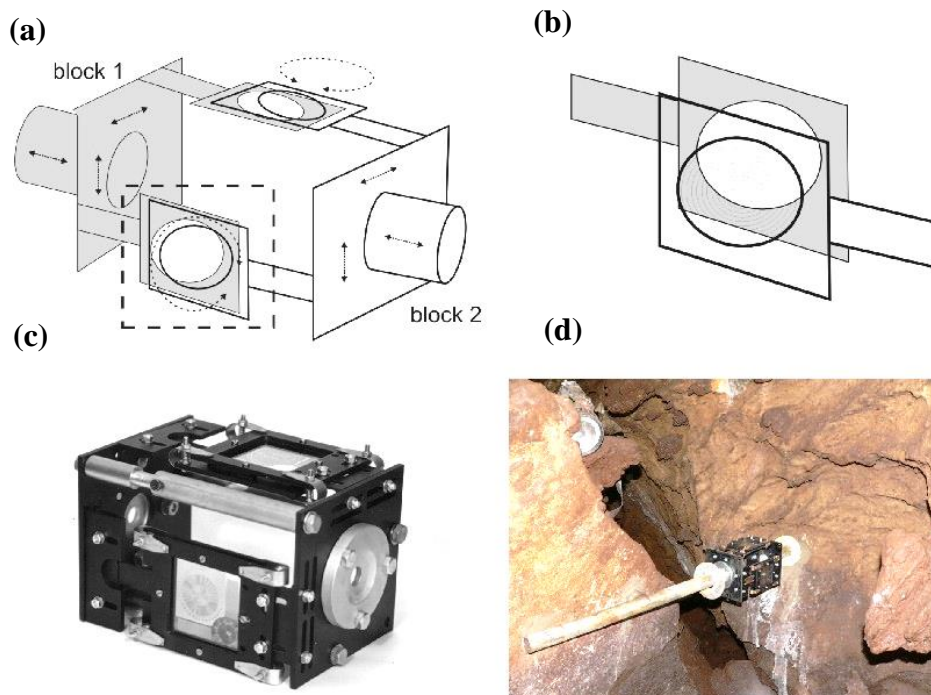
Tab.15 Pracovní rozsah měřidla

Nástavec č.	Rozteč [cm]
5	20
5+1	50
5+2	70
5+3	90
5+1+2	100
5+4	120
5+2+3	140
5+1+4	150
5+2+4	170
5+3+4	190
5+1+2+4	200
5+1+2+3+4	270



Obr.35 3-D dilatometr (zdroj www.huddy.cz)

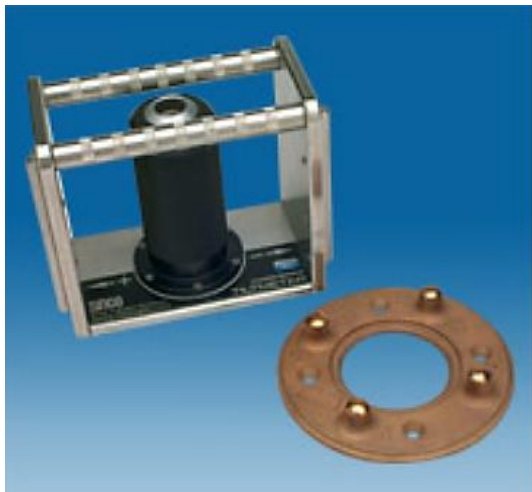
Mezi nejpřesnější mechanické přístroje u nás patří zařízení Ústavu struktury a mechaniky hornin Akademie věd ČR (ÚSMH AV ČR). Zařízení TM-71 (Obr.36) měří s vysokou přesností (0.007 mm, 0.00016 rad) veškeré vzájemné pohyby dvou skalních bloků ve 3-D a to včetně vzájemných rotací. Tento přístroj je velmi robustní, nevyžaduje žádné energetické zdroje a může mnoho let pracovat i ve velmi vlhkém prostředí nebo dokonce pod vodou. Jedná se o specializované měřidlo, zkonstruované Ing. Košťákem v 70. letech 20. století právě pro tyto účely (Obr.36). Přístroj pracuje na principu moiré efektu, kdy dochází k vyrytí dvou jemných spirál do skleněných destiček. Vzájemné posunutí obrazců lze matematicky přepočítat na velikost a směr pohybu. Odečet se provádí zachycením obrazce buď pomocí digitálního fotoaparátu, nebo přímo na samovyvolávací fotopapír, kdy je obrazec prosvícen fotobleskem.



Obr.36 Schematický řez měřidlem (a), detail jednoho páru překrývajících se skel s jemnými spirálami (b), foto přístroje TM-71 vcelku (c), přístroj osazený v poruše (d) (zdroj ÚSMH AV ČR)

Kromě posunů je především v případě významnějších skalních útvarů, jako jsou věže a hroty také důležité měření náklonu. K tomu se užívají náklonmetry – přenosné či pevné, mechanické nebo strunové. Běžný typ přenosného náklonmetru se skládá ze stojanu se zavěšeným závažím, podstavné destičky a odečítací jednotky. Destička bývá vyrobena

z bronzu nebo keramiky, což zaručuje inertnost vůči teplotním změnám (Obr.37 vlevo). Podkladní destička je opatřena drážkami zajišťující stejnou polohu náklonoměru. Destička se zafixuje betonem nebo šrouby na monitorovaný podklad a na ni se v určitých časových intervalech nasazuje samotné měřící zařízení. Tento typ náklonoměru poskytuje diskrétní hodnoty náklonů (Obr.37).



Obr.37 Příložný náklonometr (vlevo), extenzometr s dálkovým odečtem (vpravo)
(zdroj: www.durhamgeo.com)

Skalní svahy je velice výhodné monitorovat geodetickými metodami jako je laserové skenování (nízká přesnost, spíše objemové změny), klasická tachymetrie (detekční schopnost na hranici přesnosti dálkoměru). Vhodný ekvivalent laserovému skenování metoda jednosnímkové letecké fotogrammetrie s použitím optických korelačních systémů. V současnosti nejpropracovanější metodou monitoringu je radarová interferometrie. Pro měření se používá vysoce stabilní koherentní pozemní interferometrický radar např. typ IBIS-S (Obr.38). Radar IBIS-S pracuje v mikrovlnném pásmu se střední frekvencí 17,1 – 17,3 GHz. Dosah měření radarem IBIS je možné podle potřeby zvolit až do maximální hodnoty 4 km. Směrodatná odchylka radarem zaměřených pohybů je podle údajů výrobce v ideálních podmínkách až 0,1 mm. Rozlišovací schopnost jednotlivých sledovaných cílů v radiálním směru, tj. ve směru záměry, je 0,75 m (šířka radiální spádové oblasti). Přesnost měřených posunů, resp. jejich směrodatná odchylka závisí na několika faktorech: vzdálenost bodu na konstrukci od radaru, převýšení mezi bodem na mostě a radarem, použitý odražeč (přirozený/umělý koutový odražeč), atmosférické podmínky a druh konstrukce (Spizzichino et al. 2017).



Obr.38 Aparatura s nucenou centrací (archiv autora)

Při existenci odůvodněného rizika progresivních pohybů se zavádí automatický dálkový monitoring jako tzv. varovný systém – součást měření posunů, jež dálkově reaguje podle zadaných varovných stavů např. zastavením dopravy výstražnou signalizací (Obr.39).

Extenzometr s dálkovým odečtem (Obr.37 vpravo) se skládá z válečku obsahující primární a sekundární vinutí speciální cívky. Váleček má v ose dutinu, do které se zasouvá ferromagnetické jádro. Na jeho poloze je závislá velikost vzájemné indukčnosti mezi primárním a sekundárním vinutím. Při konstantním budícím střídavém napětí se podle polohy jádra mění výstupní napětí na sekundárním vinutí. Váleček s cívkou je fixován na jedné straně trhliny, ferromagnetické jádro je spojeno s mosazným nebo laminátovým táhlem. Četnost a rozsah snímání pohybů lze nastavit prakticky v libovolném rozmezí. Pro bezpečnostní monitoring bývá nastavena četnost měření 1x za minutu (1440 odečtů za den) a rozsah měření v řádu setin mm. extenzometr je vhodné doplnit o teplotní čidlo, určené k eliminaci pohybů způsobené teplotními výkyvy během sledování.

Data získaná snímači jsou zaznamenána pomocí měřicí ústředny, která je umístěna spolu s napájecími akumulátory v uzamykatelné schránce v bezpečné vzdálenosti od monitorovaného masivu. Akumulátory jsou dobíjeny solárním panelem. Data jsou odesílána a přijímána na datový server pomocí převodníku (GSM, modem) automaticky zpravidla 4x denně. V případě potřeby je možno požadované údaje stáhnout odesláním příkazu na telefonní číslo příslušného modemu. Naměřené hodnoty se rovněž automaticky stáhnou při překročení nastavených mezních stavů.



Obr.39 Varovný systém u vranské přehrady (archiv autora)

Na centrálním serveru jsou ukládány do primární databáze a současně jsou zálohovány na externí úložiště. Z primární databáze jsou údaje zpracovány speciální webaplikací

a zobrazeny na webových stránkách. Prezenciaci dat je vhodné provést formou přehledných tabulek a grafů s možností exportu v univerzálním CSV formátu.

V případě překročení varovného stavu GSM modul vyšle varovný signál do datového dispečinku (zahájí stahování aktuálních dat) a zároveň odešle varovné SMS pracovníkům vykonávající bezpečnostní dozor. Po obdržení varovné SMS zprávy provedou pracovníci neprodleně vyhodnocení aktuálních stažených dat na serveru. V případě planého poplachu (technická závada, porušení dat. kabelu, poškození zvířaty či vandaly) vypnou alarm a obnoví provoz automatického monitoringu. V případě ověření havarijního stavu (dojde ke kritickému pohybu skalního masivu) postupují pracovníci podle schváleného havarijního plánu.

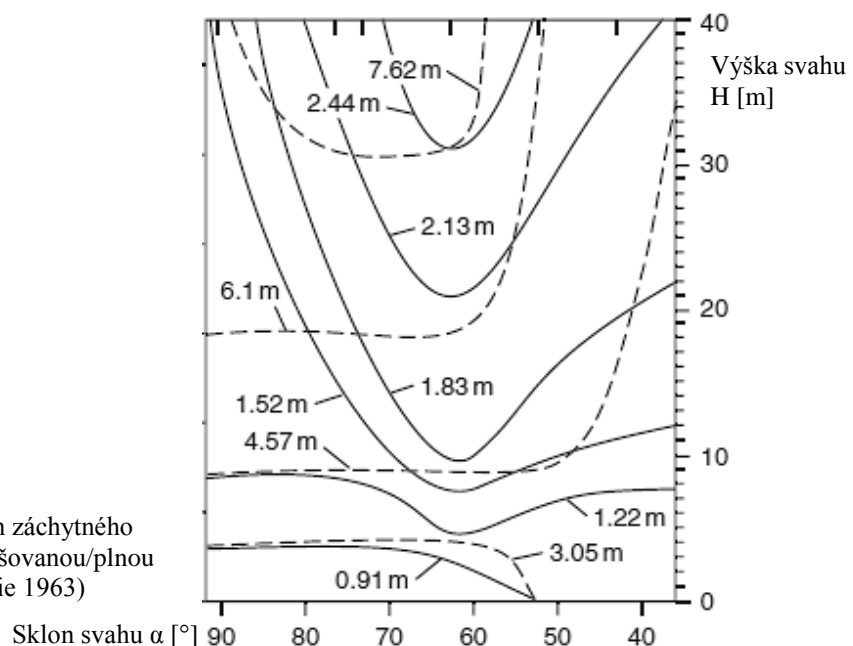
Existuje celá škála dalších prvků monitoringu jako např. hydrostatická nivelace, měření sil v kotvách, inklinometrické vrty apod. Autor DP se však omezil na ty metody, které jsou podle jeho mínění nejčastější při řešení stability skalních svahů.

1.6.2 Akumulační opatření

Jak napovídá název, jedná se o taková opatření, které dovolují ve vymezeném prostoru akumulaci alespoň částečně zpomaleného horninového materiálu. Akumulační schopnost opatření závisí na prostorových možnostech sanované lokality. V prostředí ČR jsou tyto prostory obecně velmi omezené kvůli možným záborům. Často je nutné umístit opatření na pomezí vlastnických hranic, což vede k řešení majetkoprávních

vztahů v případě neexistence digitální verze hranic KN. Akumulační opatření (kat. **IIIg**) se podle polohy umísťují do kat. **Ia**, podle energie do kat. **Ile**.

Pokud to prostorové poměry dovolí zejména v případě liniových staveb, je výhodné provedení záchytných příkopů, které se navrhují podle nomogramů (Ritchie 1963) a pádových simulací viz Obr.23. Rozhodující pro návrh příkopu je generelní sklon svahu α [°] a jeho svislá výška H [m]. Výsledkem je návrh šířky a hloubky příkopu se sklonem stěn 39° (Obr.40).



Obr.40 Nomogram pro návrh záchytného příkopu, šířka/hloubka přerušovanou/plnou čarou (upraveno podle Ritchie 1963)

Jedním z nejrýchleji instalovaných opatření pro vytvoření akumulčního prostoru jsou především u silničních komunikací těžká betonová svodidla (kat. **IIe**). Existují dva nejčastější typy – New Jersey a City Block (nevhodné). Nejběžnější výška je 1100 mm a šířka podstavy od 600 do 800 mm. Na začátku a konci se opatřují náběhovými bloky. Velmi často jsou stávající svodidla (většinou instalovaná investorem pro snížení rizika pádu horniny) použita i během sanačních prací jako dočasná zábrana spolu s vyvěšenými textilními sítěmi. Obecně je však jejich pronájem i nákup poměrně nákladný vůči dočasné ochraně přilehlé komunikace.

Mezi nepoužívanější a zároveň relativně cenově nejvýhodnější patří zachytné ploty (Obr.41), palisády a stěny (kat. **Ib**, **IIe** a částečně **IIIh**). Těžký ochranný plot (TOP) se obecně navrhuje nejčastěji na výšku min. 2 m (Obr.41). Sloupky plotu, které budou umístěny ve skalním svahu, jsou vždy osazeny do vrtů. Jen ve výjimečných případech do základových patek nebo kombinace vrtu a základové patky. Jedná se o místa realizace sloupku v zemním svahu, mělkém kvartérním krytu anebo v místech, kde se předpokládá rychlé zvětrání skalního svahu. Pro výplň jednotlivých polí plotu se používá vysokopevnostní ocelová dvouzákrutová síť s antikorozií úpravou Zn + Al. Pás pletiva se osazuje tak, aby pletivo nebylo plně napnuté. Každý druhý sloupek je kotven směrem do svahu. Plot se opatřuje pěti podélnými lany. Horní a dolní vodící lano se ukotvuje na bočních stranách plotu.

Do provedených vrtů min. Ø 156 mm, hloubky min. 1,1 m se v osové vzdálenosti cca 2 m osadí a vycentrují sloupky. Následně je provedena cementová zálivka c:v = 2,5:1 z cementu CEMII/A-S 42,5 R. V případě realizace základových patek je používán beton třídy min. C25/30 XC2 XF2 (v případě chem. koroze vyšší třída). Rozměr patek max. 0,6 x 0,6 m, hloubka max. 1,1 m. Sloupky plotu jsou nejčastěji z ocelových trubek Ø 72/6 nebo 89/10 mm, délky min. 3 m. V místech se složitější morfologií terénu (deprese, římsy) jsou sloupky prodloužovány tak, aby výška plotu nad terénem byla vždy min. 2 m a hloubka založení min. 1/3 délky sloupku. Horní konce jsou zavařeny a opatřeny oky M12 (i v patě plotu) pro vedení nosného lana. Přes tato oka je pak realizováno i kotvení sloupků. Výplňová lana mají Ø 10 mm a jsou u krajních sloupků kotvena ke skalní stěně pomocí tyčí s kovaným okem z betonářské oceli B500A, min. Ø 25 mm, délky min. 1,2 m. Na takto připravená lana se vyvěsí ocelové dvouzákrutové pletivo s rozměrem oka 60 x 80 mm a průměrem drátu 2,2 mm. Jedná se o pás pletiva šířky min. 2,2 m. V místě spojů se ponechává překryv min. 0,2 m. Jednotlivé pásy se spojují pomocí C-kroužků á 0,1 m. Pletivo je připevněno ke každému druhému sloupku pomocí vázacího drátu Ø 2,2 mm. Pletivo je umístěno vždy za sloupky směrem po svahu. Zadní (zavětrovací) kotvení je stejné jako to boční. Spojování lan pomocí min. 2 ks svorek Bleichert příslušného průměru. Všechny kotevní prvky se opatřují základním a vrchním nátěrem v definovaném odstínu RAL. Běžně požadované parametry materiálů viz Tab.16.

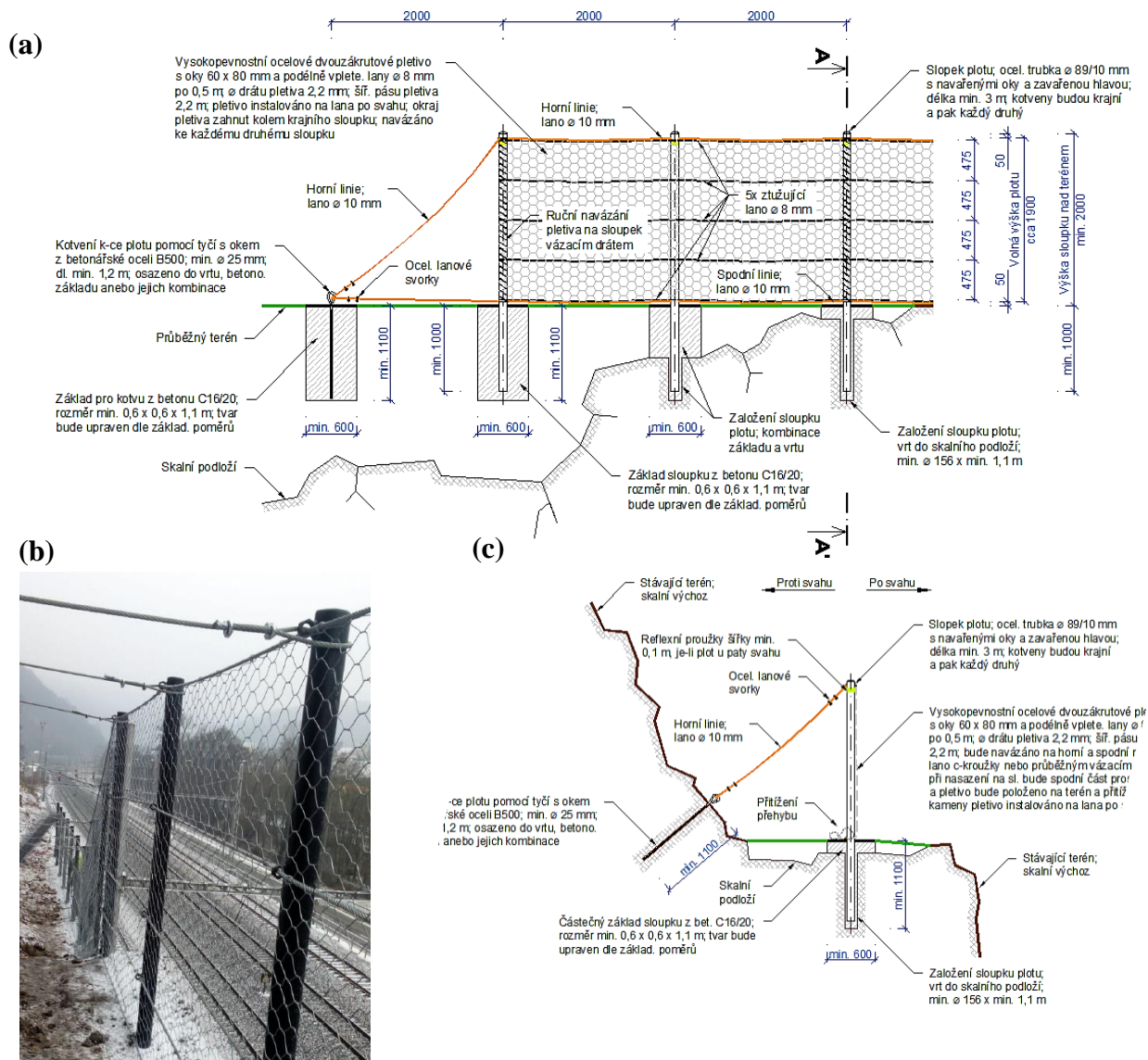
Tab.16 Standardně požadované vlastnosti pletiva, lan a spojovacího materiálu

Pletivo plotů		
Průměr drátu	min. 2,2 mm	max. +/- 0,6 mm
Oko sítě	min. 60 x 80 mm	
Tloušťka pozinkování	min. 35 µm, min. 245 g.m ⁻²	
Tahová pevnost drátu	min. 350 – 550 MPa	

Pokračování na další stránce

Pokračování z předchozí stránky

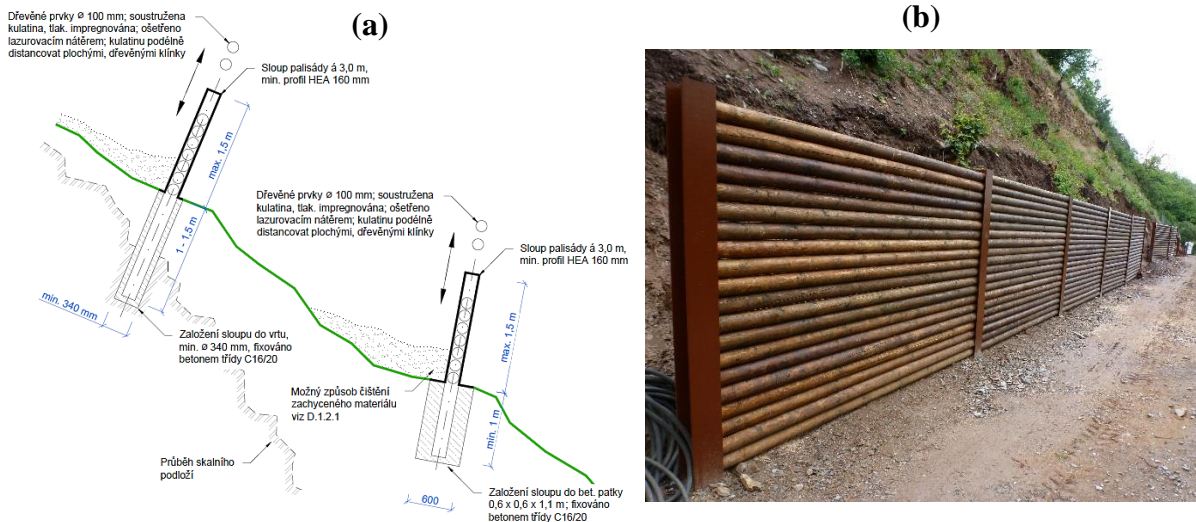
Tažnost	max. 8%	
Tahová pevnost pletiva	min. 50 kN.m ⁻²	
Odolnost proti korozi	min. 350 hod.	
Tahová pevnost pásu sítě	min. 110 kN/m	
Spojovací materiál		
Průměr drátu	min. 3,00 mm	max. +/- 0,2 mm
Tloušťka pozinkování	min. 45 μm, min. 325 g.m ⁻²	
Tahová pevnost drátu	min. 350 – 550 MPa	
Tažnost	max. 8%	
Odolnost proti korozi	min. 350 hod.	
Ocelové lano Ø 8/ 0 mm		
Průměr lana	min. 8/10 mm	max. +/- 8 %
Druh lana	šestipramenné, 114 drátů (6x19)	
Duše	textilní	
Tloušťka pozinkování	min. 45 μm, min. 325 g.m ⁻²	
Tahová pevnost drátů	min. 1770 MPa	
Jmenovitá únosnost lana	min. 39,61/62,91 kN	
Tažnost	max. 8%	
Odolnost proti korozi	min. 350 hod.	



Obr.41 Trať č. 260 Brno – Č. Třebová km 171,330-171,650 - těžký ochranný plot výšky 2 m, (a) pohled, (b) realizace, (c) řez (archiv autora)

Existuje mnoho modifikací TOP, včetně dočasných provedení z betonářských prutů, kotevních tyčí nebo vzepjatých horních horizontů síťovaných ploch. Obecně se plot posuzuje na aktivní zemní tlak nebo dynamickou účinnost do max. 100 kJ.

V poslední době je na vzestupu použití palisád a to především s dřevěnou výplní (Obr.42b). Jejich funkce není jen akumuláční, ale i estetická především v prostředí cyklostezek a lesoparků.



Obr.42 Umístění palisád ve svahu na způsob „tivolí“ (a), realizace Tišnov-Trmačov (b) (archiv autora)

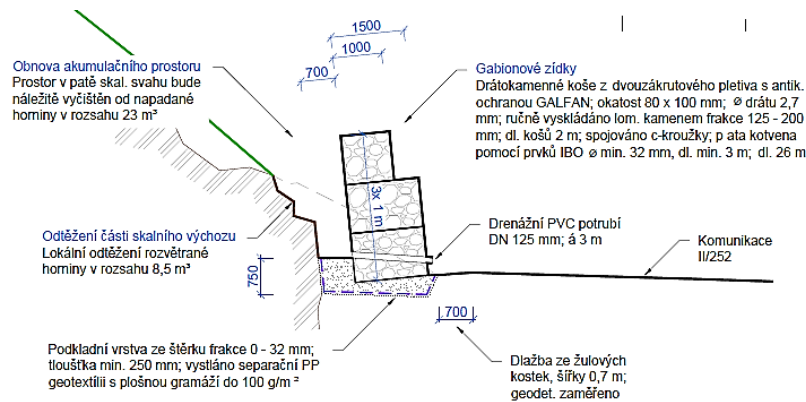
Palisáda s dřevěnou výplní je jednoduchá konstrukce sestávající ze sloupů (zápor) a dřevěných prvků (pažin). Celková výška bývá 1,5 až 2,0 m. Specifickou vlastností této konstrukce je snadná výměna poškozených pažin i čištění prostoru za rubem konstrukce. Nevýhodou je nutnost pravidelné péče o dřevěné prvky.

Sloupy palisády se realizují nejčastěji z ocelových profilů např. HEA 160, délky 2,5 - 3 m z oceli EN 10025-2, válcováním za tepla podle normy DIN 1025-3. Instalují se osově á 3 m do předem připravených otvorů (viz založení TOP). Jako výplň slouží frézovaná Sm kulatina Ø 100 mm, opatřená tlakovou impregnací s následným syntetickým napouštěcím a lazurovacím nátěrem. Je možné i použití dřevěných a betonových prachů (Obr.43).



Obr.43 Realizace výplně palisády z výzisku u trati č. 251 Žďár n. S. – Tišnov v km 85,650 (archiv autora)

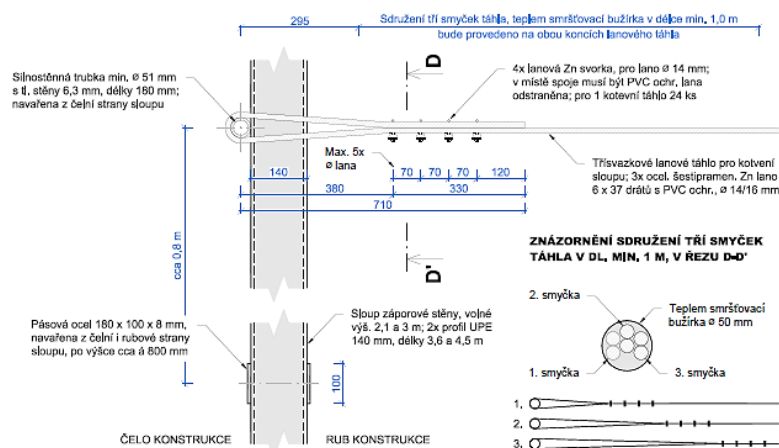
Běžné jsou samostatně stojící stěny, tvořené drátokamennými koši – gabiony (Obr.44). Jedná se o tížné poddajné prvky, propustné a dobře přijímané orgány životního prostředí. Nevýhodou je náchylnost k vnitřní nestabilitě překlopením a problematické provedení tolik potřebného kotvení přes vloženou závlač. Objemová tíha prvku je odrazem řemeslné kvality a měla by činit min. $16,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$. Montáž a parametry gabionů jsou dnes zcela rutinní záležitostmi a proto nebudou v DP podrobněji popisovány.



Obr.44 Zajištění akum. prostoru ve stísněných podmínkách Krkonoš na sil. II/252 (archiv autora)

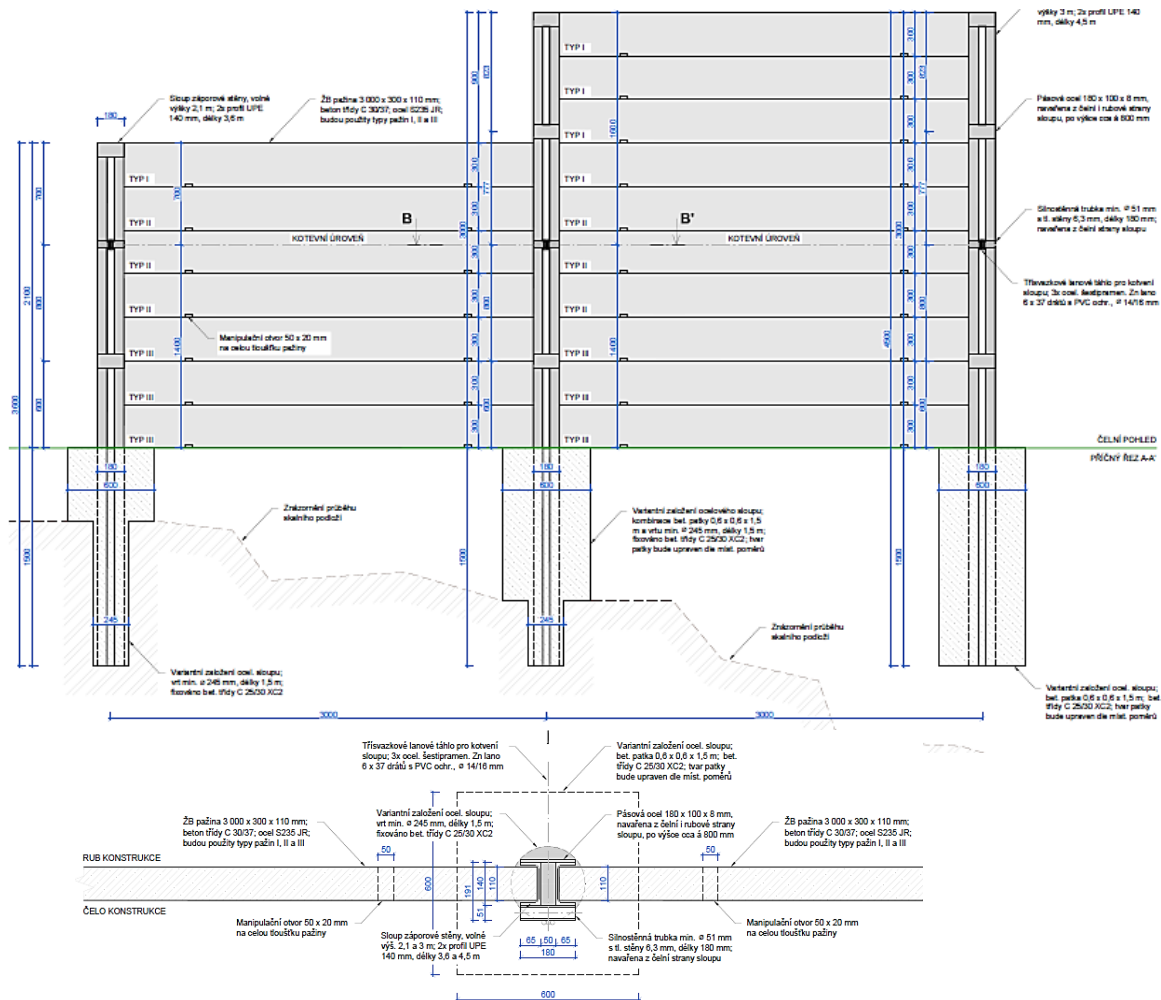
Určitým specifickým jsou volně stojící záporové stěny (pažiny). Očekává se od nich dostatečná tuhost a trvalost. Problematické je kotvení, jelikož do vzniklého akumulačního prostoru dopadají kusy horniny a mohly by poškodit táhlo kotev (volně v prostoru). Určitým řešením je flexibilní lanová kotva (ekviv. pramencové), u které nehrozí ohnutí (Obr.45 a 84).

V závislosti na projektované volné výšce stěny nad terénem se volí celková délka sloupu od cca. 3,5 m do 5,5 m. Statickým posouzením je navržena kotevní úroveň pro zatížení budoucím aktivním zemním tlakem. Každý sloup může být proveden variantně např. z profilů 2xUPE 140 S235 JR, které mohou být po výšce vzájemně ztužené pomocí navařené pásové oceli tl. 8 mm. V kotevní úrovni je místo pásové oceli z čelní strany sloupu (stěny) navařena silnostěnná trubka $\text{Ø } 51/6,3$ délky 180 mm. Ta slouží jako kotevní bod každého sloupu záporové stěny. Založení sloupů je v principu totožné viz TOP, jelikož téměř nikdy nelze postupovat jako v případě speciálního zakládání. Pro výplň jednotlivých polí stěny se používají ŽB prefabrikované pažiny např. 3/0,3/0,11 m (d/v/t). Stupeň vyztužení pažin závisí na uvažovaném tlaku za rubem konstrukce, např. 3 typy na jednu stavbu (Obr.46).



Obr.45 Detail uchycení lanové kotvy (archiv autora)

Flexibilní kotvení stěny je realizováno kolmo ke skalnímu svahu pomocí třísvazkových lanových táhel a lanových Zn kotev \varnothing 14 mm, délky min. 3 m. Lanové kotvy by měly odpovídat standardu EN 10244-2. Třísvazkové lanové táhlo sestává z 3 ocelových šestipramenných Zn lan 6 x 37 drátů s PVC ochranou, \varnothing 14/16 mm. Na každý lanový spoj (smyčku) se použijí 4 ks svorek Bleichert pro příslušný průměr lana \varnothing 14. Sdružení tří smyček táhla poblíž kotevního bodu i na druhém konci se provede smršťovací bužirkou v délce min. 1,0 m. Lanové kotvy v masivu jsou ukončeny nerezovým okem a jsou vkládané do vrtu \varnothing 49 mm, kotvené vzestupně cementovou směsí tlakem do 0,6 MPa.



Obr.46 Volně stojící záporová stěna s prefa pažinami (archiv autora)

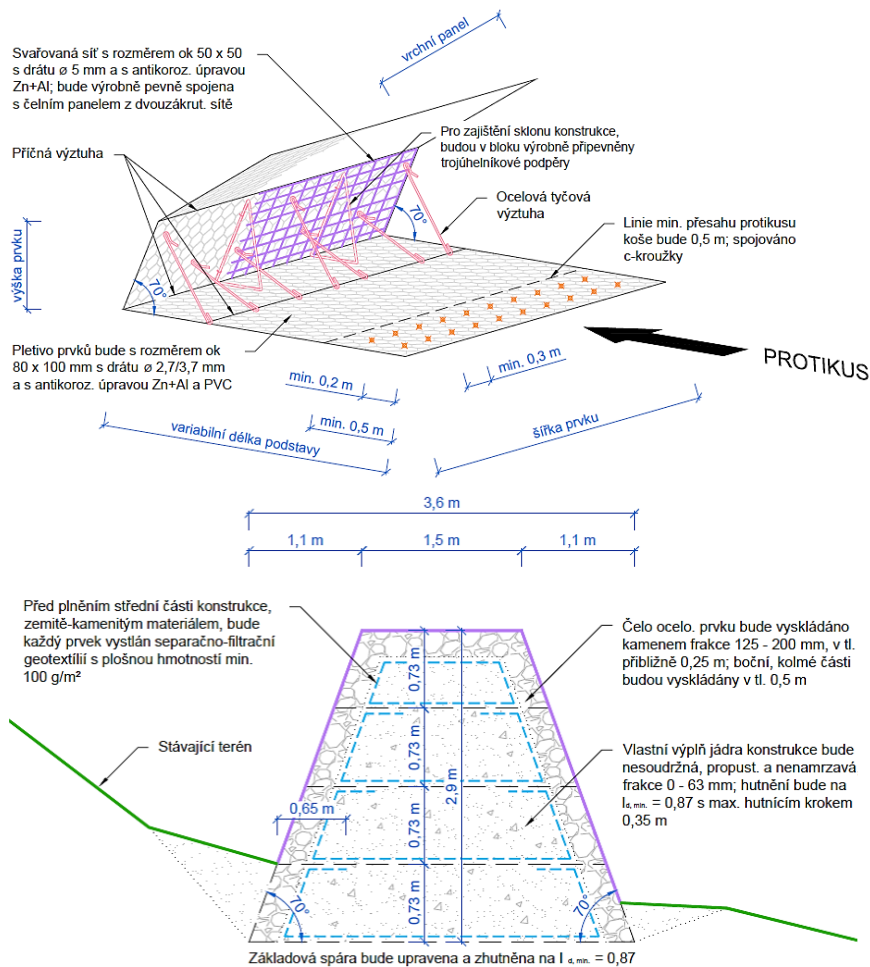
Posledním zástupcem akumulčních opatření jsou zemní valy (také kat. **IIId** a **IIIh**). Může se jednat o prosté hutněné deponie zemního materiálu (obdobně jako přítěžovací lavice u zemních sesuvů), gabionové konstrukce viz str.58 (nevhodné z hlediska nárazu), zemní konstrukce typu MSE nebo terramesh systémy. Hlubšího významu nabývají jednoznačně terramesh systémy, jejichž hlavní předností je vysoká akumulční schopnost, nízký zábor a ohromující energetická kapacita až 30 MJ. Konkrétní parametry valu se navrhuje na základě pádových křivek. Lze si vybrat z typizovaných skladeb pro danou energetickou úroveň nebo použít výpočet např. na základě penetrační hloubky.

Vlastní ocelové prvky zemního valu jsou tvořeny panely z dvouzákrutové šestiúhelníkové sítě (Obr.47) s okem 8x10 cm s \varnothing drátu 2,7/3,7 mm, pomocné svařované

sítě 50/50/ 5 mm s ochranou Zn-10%Al. Pro zajištění tvaru a úhlu čela slouží galvanizovaná ocelová táhla. Sklon čelního panelu může být max. 70°, což odpovídá výšce prvku 0,73 m. Délka horního panelu 0,65 m, délka spodní podstavy (kotvy) je v základu 3 m a šířka celého prvku bude 3 m.

Síť lícových prvků je opatřena ochranou Zn-5%Al + PVC s trvanlivostí 100 let pro třídu C4 podle ČSN EN 10223-3. Musí odolat UV záření, kdy se pevnost v tahu a elongace při narušení PVC ochrany po expozici UV záření po dobu 4000 hodin použitím xenonové lampy (ČSN EN ISO 4892-2) a nebo 2500 hodin QUV-A (ČSN EN ISO 4892-3, Mode 1 expozice) nezmění o více než 25%. Dále síť nesmí vykazovat při zkoušce zrychleného stárnutí v solné mlze podle ČSN EN ISO 9227 po 6000 hodinách expozice více než 5% koroze. Povrchová ochrana ocelové sítě musí odolat minimálně 100 000 cyklům mechanického namáhání při zkoušce odolnosti proti oděru podle ČSN EN 60229.

První řada zemního valu se realizuje na očištěnou, upravenou a zhutněnou základovou spáru s $I_{d,min} = 0,87$ a min. $E_{def,2} = 45$ MPa, poměr $E_{def,2}/E_{def,1} < 2,6$, opatřenou separačně-filtrační netkanou geotextilií. Plnění lícových prvků by mělo být v ideálním případě kamenivem frakce 125-200 mm v čelních částech tl. alespoň 0,5 m. Jádru valu lze realizovat nenamrzavými zeminami nebo jako sendvič v kombinaci se separační geotextilií (Obr.48). Hutnění se provádí pomocí lehkých hutnicích desek. Čelní strany lze opatřit kokosovou rohoží a hydroosevem.



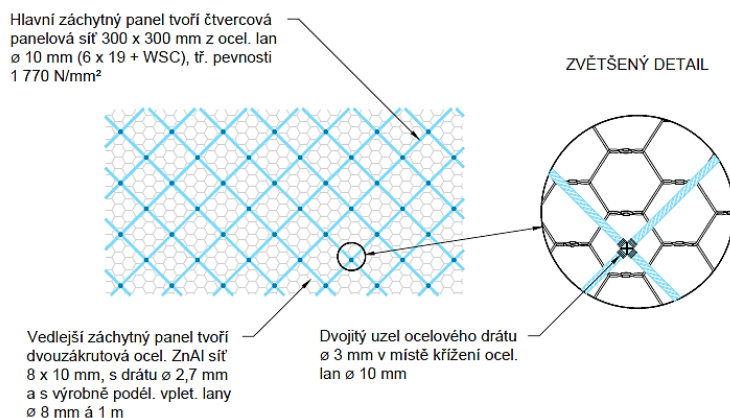
Obr.47 Zemní val (dole) ze systému terramesh (nahore) (archiv autora)



Obr.48 Silnice II/102 v úseku Strnady-Měchenice; vyztužený val – první realizace v ČR (archiv autora)

1.6.3 Záchytná opatření

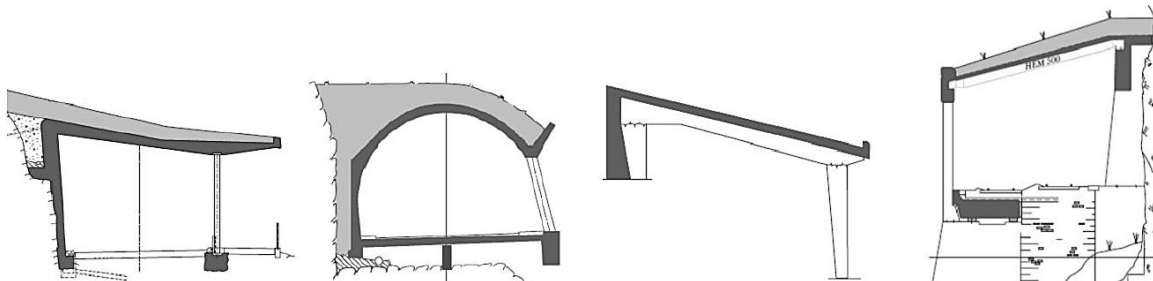
Záchytná opatření (kat. **IIIh**) se umísťují ve svahu do akumulární a transportní oblasti (kat. **Ia** a **Ib**). Mohou být pasivní i aktivní (kat. **IIc** a **IIId**). Principem opatření je snížení rychlosti a amplitudy padajícího břemena až do jeho zastavení. Kinetická energie je absorbována přetvárnou prací materiálů. Patří mezi ně záchytné ploty, palisády a vyztužené valy – technologicky v překryvu s kap.1.6.2 a náleží do kat. **IIc**. Ploty a palisády jsou z hlediska energetické úrovně slabé, nad cca 100 kJ dojde většinou k destrukci. Vhodnou (hybridní) konstrukcí lze ale docílit až 500 kJ (zmíněno na str.38). To je výhodné především v místech s podmínkou minimalizace deformační zóny (např. 0,4 m od krajnice) pod záchytným opatřením. V principu je nutné použít masivní sloupky (např. HEM 160) v kombinaci s lanovými a dvouzákrutovými sítěmi (kap.1.6.5) a vodícími lany (Obr.49).



Obr.49 Charakter výplně jednotlivých polí „hybridního“ záchytného opatření (archiv autora)

Skutečnými zástupci záchytných opatření (myšleno co do energetické a záchytné účinnosti) jsou galerie a dynamické bariéry.

Galerie (kat. **IIe**) jsou typickým opatřením pro příportálové oblasti tunelů nebo rizikové úseky liniiových staveb na povrchu (Obr.50). Jedná se typicky o ŽB konstrukci s odolností až 6 MJ, která je dána především mocností a složením tlumícího zásypu v nadstropí.



Obr.50 Příklad konstrukce ochranných galerií (upraveno podle Vogel et al. 2009)

Vlastní konstrukce se navrhuje na maximální účinek dynamické síly (impulzu) při dopadu bloku horniny do tlumícího zásypu. Velikost síly je závislá především na mocnosti tlumící vrstvy nesoudržného materiálu M_E [m] a kinetické energii bloku E_k [J] = $0.5mv^2$.

Je známo několik způsobů výpočtu konstrukce galerie, z nichž lze uvést např. empirický postup podle Montani-Stoffela (1998) pro P_{max} [N] = $1.765r^{0.2} \cdot M_E^{0.4} \cdot E_k^{0.6}$, kde r [m] je průměr bloku. Je možné také využít zkušeností z ražení báňský děl, kdy se u svislých děl budují ochranné celíky nebo konstrukční povaly se zásypem. Únosnost povalu (pro rychlost před dopadem) je pak dána (upraveno podle Valachoviče a kol. 1977) jako P_c^i [N] = $6m^2 \cdot g \cdot H / (M_E \cdot (m+Q))$, kde H [m] je výška pádu a Q [kg] je hmotnost záchytné konstrukce. Realizace galerií tohoto typu je běžná v alpských zemích, u nás chrání ŽB galerie portály např. choceňského, jakubského, říkovského a novohradského (č. 8/2) tunelu.

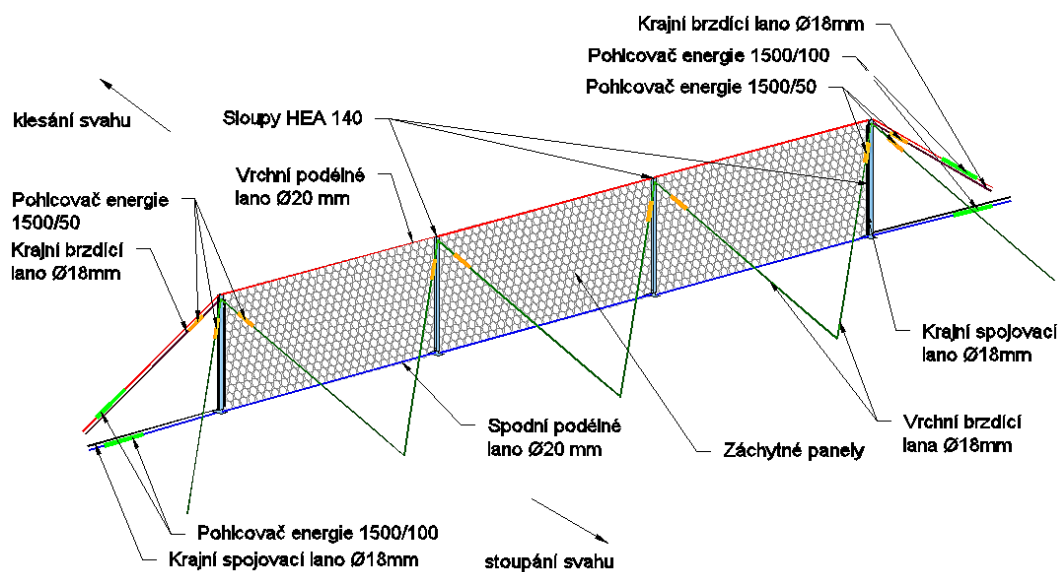
Alternativou ŽB galeriím je tzv. „canopy“ systém se záchytnou energií max. 2 000 kJ (Obr.51). Jedná se o přechod k dynamickým bariérám (viz dále), ovšem se samočisticí schopností. Oproti ŽB galeriím výrazně levnější, ale stále velmi drahé opatření. V ČR byla použita ochrana doubravnického portálu levněji pomocí dvou dynamických bariér (Obr.22).



Obr.51 Příklad konstrukce ochranné galerie (upraveno podle www.geobruigg.com)

Poslední zástupcem záchytných opatření jsou dynamické bariéry (DB). Z hlediska umístění náleží do kat. **Ia** a **Ib**, z hlediska disipace energie do kat. **IId**. V posledních 10 letech u nás dochází k postupnému rozšíření tohoto typu konstrukce. Je to logické, jelikož výrobci jako Maccaferri, Geobrugg nebo Trumer svá řešení intenzivně propagují a testují na velkorozměrových testovacích polygonech. Mezi hlavní výhody nasazení DB patří vysoká energetická účinnost, velký výběr podle rozměrů, relativně snadná montáž a údržba.

Existuje široký výběr energetických úrovní (100 až 8500 kJ) a účinných výšek (3 až 7 m). Typický rozpon sloupů je 8, 10 nebo 12 m (Obr.52). V případě denivelace patek sloupů vyšší než 0,5 m je třeba terén upravit nebo nastavit, lokální deprese doplnit. Pokud je nutné bariéru instalovat půdorysně v konkávním tvaru (směrem do svahu), instalují se navíc deviační kotvy. DB se dodávají jako stavebnice včetně kotevních prvků. Úkolem geotechnika-projektanta je navrhnout energetickou úroveň, výšku, polohu a způsob založení.



Obr.52 Příklad konstrukce 3-polové DB 1500 kJ (archiv autora)

Výplň jednotlivých polí tvoří kruhové (Obr.1 a 2) nebo lanové sítě, při menších energiích pouze dvouzákrutová síť. V zásadě existují dva typy brzdných mechanismů, frikční (Obr.53) a deformační (Obr.54 a 55).

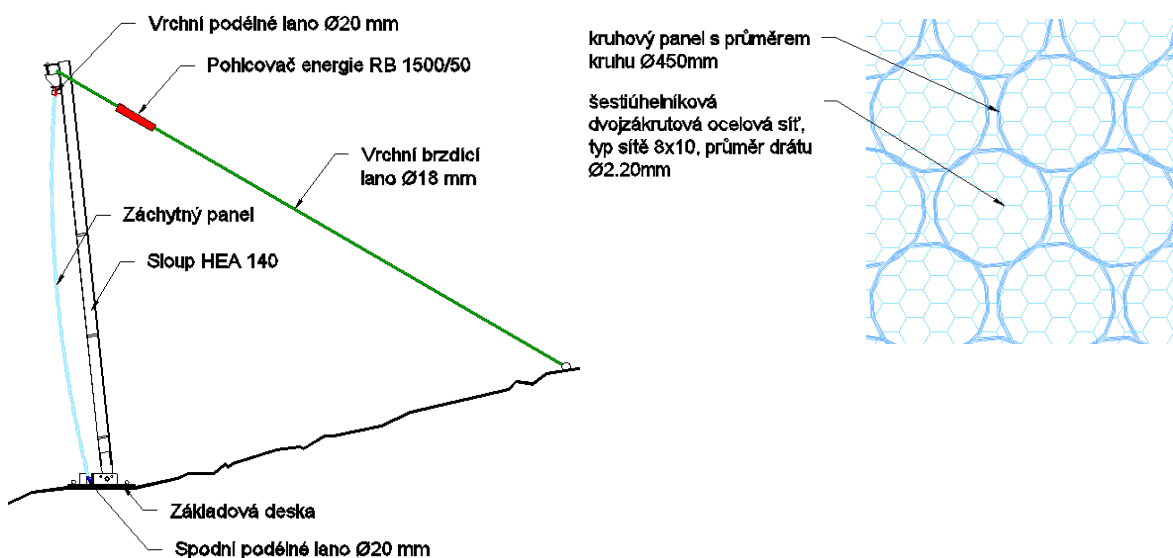


Obr.53 Příklad frikční brzdy, systém Geobrugg (archiv autora)



Obr.54 Příklad deformační brzdy, systém Maccaferri (archiv autora)

Sloupy DB s energetickou úrovní např. 1500 kJ jsou vyrobeny z válcovaných profilů HEA 140, z oceli S275 JR a jsou spojeny s ocelovou patkou pomocí kloubu (čepu) s jedním směrem volnosti (Obr.55). Pro hlavní nosná lana se používá Zn lano min. $\text{Ø} 20$ mm, pro výplň bariéry kruhová síť o průměru 450 mm s jednotlivým drátem min. $\text{Ø} 3$ mm. Jako doplňková síť se používá ocelové dvouzákrutové pletivo s rozměrem oka 80×100 mm, Ø drátu 2,2 mm s antikorozií úpravou Zn+Al.



Obr.55 Příklad deformační brzdy, systém Maccaferri (archiv autora)

V případě založení na skalním/zemním podloží jsou použity min. 4 ks celozávitových kotevních tyčí min. $\text{Ø} 26,5$ mm, délky min. $3/5$ m, osazených do vrtu min. $\text{Ø} 65/80$ mm anebo min. 2 ks mikropilot min. $\text{Ø} 76,1/10$ mm, délky min. $3/5$ m, osazených do vrtu min. $\text{Ø} 100/114$ mm.

Vrty pro kotevní prvky DB jsou běžně prováděny bezjádrovým pneumatickým vrtáním do $\text{Ø} 156$ mm se vzduchovým výplachem. V případě mikropilot je nutné použití mobilní hydraulické vrtací soupravy s odděleným hydraulickým agregátem (například Lumesa SIG Mounty apod.). Injektáž kotev viz ČSN EN 14199.

Instalace DB se provádí podle příložených manuálů. Mnohdy není možné z důvodů morfologie nebo provozuschopnosti (výluky) použití horolezecké techniky. Řešením je

např. nasazení remorkéru a mobilního jeřábu (Obr.56) nebo vrtulníku (Obr.57). Testování i návrh DB se v rámci EU řídí doporučením ETAG 027 (EOTA 2008).



Obr.56 Instalace DB pomocí remorkéru a mobilního jeřábu, Skochovická skála (archiv autora)



Obr.57 Instalace DB pomocí vrtulníku Mi-8, vrch Kalvárie – Libochovany (upraveno podle www.strixchomutov.cz)

1.6.4 Usměrnovací opatření

Tato kategorie (**IIIi**) reprezentuje ochranné clony a závěsy. Svým umístěním náleží do kat. **Ib** a **Ic**. Ochranné clony (kat. **IId**) se podobají plotům (str.56). Jsou ovšem mnohem subtilnější s popuštěnou ocelovou sítí délky cca 4,0 m směrem po svahu (Obr.58). Během vletu úlomků či bloků horniny do prostoru clony dochází k retardaci rychlosti a amplitudy saltace. Je výhodné a většinou i nutné instalovat několik clon sestupně až k akumuláčnímu prostoru. Většinou se jedná o dočasné řešení během sanačních prací, kdy se takto osazené clony obětují svým zničením.

Do připravených vývrtů hl. cca 1 m se osazují pruty z betonářské oceli $\varnothing 25$ mm. Každý prut je zavětrován pomocí lana $\varnothing 8$ mm a tyče s kovaným okem. K průběžnému hornímu vodícímu lanu je pak síť připevněna svorkami Spenax.

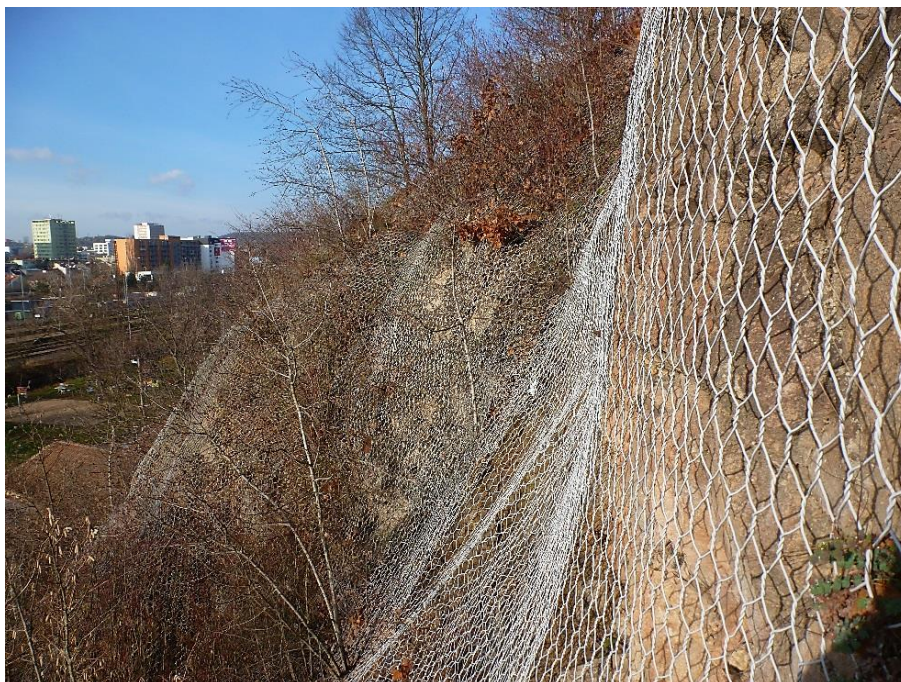


Obr.58 Funkce ochranných clon (archiv autora)

Závěsy (podle umístění kat. **IId** a **IIIg**) představují plošný kryt skalního svahu pomocí odsazené ocelové sítě, kotvené při horní hraně nebo i hraně dolní (Obr.59). Dochází k usměrnění pádu drobnějších úlomků během transportu a k jejich akumulaci v obl. **IIIg**, nebo v ponechané rezervě sítě při patě stěny.

V ČR se nejedná o běžné řešení vzhledem k prostorovým možnostem především silničních a železničních zářezů. Navíc samotná stěna není stabilizována, proto nesmí dojít k uvolnění většího objemu horniny než např. $0,1 \text{ m}^3$. Použití je vhodné především pro „drobící se“ svahy s permanentním odklizem napadávek u paty. Technologicky se toto řešení kryje se sítováním skalních stěn (viz kap.1.6.5). Podstatným rozdílem je ale absence prokotvení stěny a tím i podstatných odlučných ploch.

Nosný systém je umístěn v horní linii stěny, kdy poměrně masivní tyčové kotvy nesou vlastní tíhu sítě, zatížení od akumulovaného materiálu a sněhu. Roznos sil je realizován pomocí lana $\varnothing 16$ mm. Vlastní návrh a posouzení horního kotvení vychází ze zatížení řetězovky a únosnosti tyčí ve smyku.



Obr.59 Brno-Královo Pole v ul. Myslínova; ocelová síť z r. 2006 ve formě závěsu s betonovým závažím, bývalý granodioritový lom (archiv autora)

Jiným příkladem může být použití přirozených bariér v podobě neodkorněných dubových kmenů \varnothing cca 0,5 m a dl. až 8 m. Jejich vhodným umístěním lze usměrňovat pád drobnějšího materiálu. Kmeny lze umísťovat buď za stávající vzrostlé stromy nebo je kotvit pomocí ocelových hřebíků (Obr.60). Manipulace s kulatinou vyžaduje použití horolezecké techniky, popř. řetězových kladek apod. Jedná se o metodu, vděčně přijímanou orgány ochrany přírody a krajiny.



Obr.60 Babiččino údolí, kotvené přirozené bariéry (archiv autora)

1.6.5 Ochranná opatření

Tato opatření (kat. **IIIj**) svým umístěním náleží do kat. **Ia, Ib i Ic**. Patří mezi ně vegetační kryt, očištění a odtěžení částí skalního svahu. V případě vegetačního krytu je důležité rozlišit negativní a pozitivní vliv vegetace. Jedná se zejména o odstranění periodicky zmlazovaného ruderálního sukcesivního porostu (např. *Robinia pseudacacia* aj.) ve formě křovin i solitérních stromů. Ze zkušenosti je výhodné ponechat výmladky až do \varnothing cca 15 cm. Poté během vyřezávek ponechat pahýly výšky cca 1 m. Ke zmlazení již dojde jen omezeně a to bez použití herbicidů.



Obr.61 Babiččino údolí, expanzní účinek kořenového systému (archiv autora)

Negativním vlivem je prokazatelný expanzní účinek kořenového systému v puklinách horniny u strmých svahů (Obr.61), viklavý účinek vzrostlých stromů při poryvech větru (Obr.62) nebo husté zakmenění v případě plošného zajištění např. ocelovými sítěmi.



Obr.62 Svratecká hornatina, viklaví účinek v suťovém poli (archiv autora)

V mnoha případech se jedná naopak o ponechání vegetačního krytu jako významného retardéru skalního řícení a creepu svahovin (Obr.63) především u svahů do sklonu cca 50° (Berger a Dorren 2007), kdy může dojít ke zpomalení a záchytu horninového materiálu s pravděpodobností až 75%. S tím se ztotožňuje i autor DP díky řadě provedených pádových zkoušek na různých zalesněných lokalitách po celé ČR.



Obr.63 Ohrožení trati č. 251 Žďár n. S. – Tišnov, kmeny podstatně snižují riziko dopadu pod svah (archiv autora)

Dalším z řady ochranných opatření je očištění plochy skalní stěny. Jedná se o odstranění přípovrchových částí masivu ručním (pácidla a motyky), ojediněle pneumatickým nářadím (Obr.64).



Obr.64 Tišnov-Trmačov, očištění skalní stěny (archiv autora)

Velice důležité je práce usměrňovat podle přirozeného puklinového systému s odstraněním svahovin, obnažením tahových trhlin vyšších řádů a čištěním puklin stlačeným vzduchem. Provedením očištění dochází k rychlému snížení rizika skalního řízení z povrchové zóny skalní stěny. Velice vhodné je provedení těchto prací v předstihu podrobného GTP. Přítomnost geotechnika během těchto prací je nutností, jelikož může dojít naopak ke zhoršení stabilitních podmínek. Ačkoliv se nejedná o nikterak specializovanou činnost, její účinek je okamžitý a při pravidelných intervalech mnohdy zcela dostačující.

Pokud očištění pomocí ručních nástrojů nestačí, přichází na řadu odtěžení a řízený shoz nestabilních bloků, polic, převisů a věží horniny ve stěně. Vyjíměčně je možné vytvoření laviček s reprofilací svahu. V podmínkách ČR je možné provedení berm převážně u nových zářezů nebo modernizací, pokud to vlastnické poměry vůbec dovolí.

Používají se lehká a středně těžká ruční vrtací kladiva řady VK15, VK17, VK19 nebo VK22, poháněná stlačeným vzduchem (5 až 6 MPa). Pomocí vhodných nástrojů se provádí oslabení či „šramování“ líce skalní stěny či konkrétního bloku. Při rotačně-přiklepném provádění otvorů je vrtná měl vynášena vzduchovým výplachem. Rozvod stlačeného vzduchu je od mobilního kompresoru zajištěn tlakovými hadicemi s rychlospojkami. Pro paralelní nasazení více kladiv se používají rozvodné baterie (vzdušníky).

Pro vyklánění, roztlačování a nadlehčování horninových bloků jsou často využívány tlakové podušky s maximální silou 60 t (Obr.65). Podušky lze založit do spár šíře od cca 2 cm a hloubky min. 0,3 m. Jako plnicí médium slouží tlakové lahve CO₂.



Obr.65 Založení pneumatické podušky (archiv autora)

U zdravých a kompaktních hornin je výhodné nasazení hydraulických trhacích klínů (Obr.66). Jedná se o vysoce účinnou neexplozivní metodu odlomu horniny ve stěně i při sekundárním rozpojování. Do předem připravených vývrtů se vkládají rozpěrné čelisti, mezi něž se zasunuje nožový klín. Lze dosáhnout teoretické trhací síly až 824 t, běžně od 190 do 413 t. Jelikož i tato metoda produkuje vibrace vzhledem k nutnosti vrtání, zajišťují se rozpojované bloky provizorními sítěmi, lany apod.



Obr.66 Hydraulické trhací klíny v sérii s tlakem 350 tun (upraveno podle www.darda.de)

Od trhacích prací je v současnosti téměř upuštěno kvůli nepříznivým doprovodným jevům (rozlet a indukovaná seismicita) a náročnému schvalování. V případě budování nových zářezů je vhodné použití metod řízeného výlomu. Patří mezi ně odstíněné nálože (vertikálně mezerovitá nálož se ve vrtu odstíní např. dřevěnou latkou), presplit - předstípnutí (hustá linie vrtů, osazených např. bleskovicí a pentritovými náložkami, detonuje v předstihu před odhozovými vrty) a hladký výlom (obrysově nálože se zpožděním po jádru). U sekundárního rozpojení lze (spíše výjimečně) použít příložné či kumulativní nálože.

Za zcela ojedinělé lze považovat expanzní cementy (cevamit), termit či vysokotlaký vodní paprsek. Strojní způsob představuje nasazení impaktorů či výložníkových fréz, ale často s nebezpečím „natřesení“ svahu s nadvýlomy a vznikem budoucích nestabilit.

Určitou alternativou trhacích prací je použití pyropatron (např. typ PP-ZGP), jimiž je možné provádění drobných prací a úprav ve stísněných podmínkách. Jejich aplikace se však ustálila podle autora pouze ve speleologii a montanistice.

Relativně účinným řešením se jeví použití neexplozivních expanzních nábojek GBT (bezplamenné trhání). Principem funkce nábojek GBT při rozpojování je výlučně tlakové působení plynů deflagrace (rychlost chemické přeměny při deflagraci nábojek GBT je jen cca $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) na stěny vrtu. Při tomto způsobu rozpojování nevzniká žádná tlaková vlna, seismické působení rozpojování na okolí je až 100x menší a tlakové projevy v místě uložení nábojek GBT jsou až 1000x menší než při použití průmyslových trhavin. Z tohoto důvodu zcela chybí oblast podrcení horniny. Ze stejného důvodu je i pojem „nadměrný rozlet rozpojovaného materiálu“ ve smyslu použití výbušnin při použití nábojek GBT neznámý. Používají se pěchované ucpávky, ale existují i samosvorné kartuše. Úspěšnost zmiňované technologie byla ověřena během havarijního odstranění nestabilního střeovitého převisu Barevné skály o hmotnosti cca 2300 t, budovaného proterozoickým migmatitem (Obr.67).



Obr.67 Havarijní odtěžení a reprofilace části Barevné skály v Českém Krumlově (archiv autora)

1.6.5 Stabilizační opatření

Poslední a zároveň nejširší skupinou jsou stabilizační opatření (kat. **IIIk** a **IIe**, svým umístěním kat. **Ib** a **Ic**). Jejich společným jmenovatelem je taková stabilizace skalní stěny, při které dojde k zamezení nepřipustných deformací a pohybů horniny. Z hlediska technologie jsou nejčastěji využívány tyto systémy:

- podezdívky,
- plomby, spárování, výplňová injektáž, odlehčovací vrty,
- 3D ocelová mřížovina,
- biopásy,
- stříkaný beton,
- železobetonová žebra,
- opěrné konstrukce,
- mikropiloty,
- ocelové sítě,
- kotvení.

Jednou z nejstarších, ale zároveň nejestetičtějších metod jsou kamenné podezdívky. Jedná se o nosné podchycení konvexních nestabilních partií svahu či přímo klíčových bloků. Používá se opracovaný materiál (z odpalu, odseky či tříděný) zpravidla jednostranně lícovaný na maltu (např. CEM II/A-LL 32,5 R s přísadou zvyšující přilnavost) i na sucho nebo jako přiznané bednění se zalitím betonem (např. C25/30 XC2 XF2). Původ materiálu může být in situ, ovšem v drtivé většině musí být dovezen, aby splnil projektované parametry (Tab.17).

Tab.17 Příklad standardně požadovaných vlastností
zdiva v prostředí sedimentárních hornin

Parametry zdiva	
Objemová hmotnost	min. 2 200 kg/m ³
Nasákavost	max. 5,30 % hmotnosti
Pevnost v tlaku	min. 60,0 MPa
Pevnost v ohybu	min. 2,9 MPa
Obrusnost	max. 4,40 mm
Koef. mrazuvzdornosti	min. 0,75

Založení podezdívek je realizováno na upravené spáře, vysekané pneumatickými kladivy nebo na místě betonovaném prahu. Vhodné je spřažení s masivem prostřednictvím trnů z betonářské oceli Ø 8 mm. Pro omezení hydrostatického tlaku za rubem zdi je nutností provést drenážní prostupy buď pomocí PVC trubek (nevzhledné), zpětnými průvrtvy diamantovými korunkami (drahé) nebo vynechanými mezerami až k příslušné puklině (ideální).

Podezdění je vysoce efektivní také ve formě kotvených patních opěrných pilířků. Zvláště u sedimentárních hornin lze docílit kvalitním řemeslným zpracováním původní vrstevnatosti a přirozeného vzhledu (Obr.68 a 69). Důležitým faktorem je poměr výsledné pevnosti podezdívky a části podezdívaného masivu. Je totiž mnohdy ekonomičtější nestabilní pasáž zcela odstranit.



Obr.68 Babiččino údolí, podezdění rozměrného převisu potštejským pískovcem (archiv autora)

Dalším z řady systémů je skupina opatření (často použitých ve vzájemné kombinaci), zahrnující plomby, spárování, výplňovou injektáž a odlehčovací vrty. Materiál plomb je totožný jako u podezdívek, ale primárně bez nosné funkce. Hlavním úkolem je omezení pronikání vody a mrazu do dutin - sklípků, krasových jevů, mrazových kaveren či širokých tahových spár.



Obr.69 Krnsko - sanace skalní stěny v zadním traktu obytného domu, kombinace podezdívek, plomb a kotvení v kalliánosových vápnatých pískovcích (archiv autora)

Spárování se provádí (obdobně jako u jiných staveb) z důvodu omezení pronikání povrchové vody do subhorizontálních a vertikálních obnažených puklin (Obr.70). U koutových hran lavic se vytvarovává náběh. Používá se cementová malta nebo gletovaný beton do hl. cca 10 cm.



Obr.70 Subvertikální vyspárování pukliny v liberecké žule, ul. Dr. M. Horákové (archiv autora)

Provedení injektáže má svůj význam u značně rozpukaných masivů, kdy má funkci výplňovou a zpevňovací. Používá se injektáž nízkotlaká do 0,6 MPa nebo gravitační, cementovými suspenzemi. V případě skalních svahů má smysl injektiovat pukliny od 0,1 do cca 100 mm. Vlasové trhliny vyžadují cementy s nižší zrnitostí (6 až 10 μm) nebo drahé

chemické směsi a gely. Často je na stavbě používána kotevní injekční směs, což je zcela zbytečné vzhledem k její pevnosti. Ideální složení 1 m³ směsi je aktivovaný bentonit, cement CEM II/A a záměsová voda v poměru 5:1:10,5. Hustota injekční směsi na výplachových vahách by se měla pohybovat kolem 1300 kg.m⁻³, viskozita podle Marshova kužele s otvorem 4,75 mm by měla odpovídat 35 až 38 s, odstoj vody v odměrném válci o průměru 60 mm a objemu 1000 ml nesmí překročit 1% po 3 hod a pevnost v prostém tlaku 2 sad po 3 válcových tělískách by měla dosahovat 0,4 MPa/7 dní a 1,0 MPa/28 dní. Jelikož stěny vrtu bývají vcelku stabilní i během injektáže, nevyužívá se manžetová trubka, ale pouze průchodka ústím vrtu s dotěsněním PUR pěnou apod.

V plochách skalních stěn se velmi často vyskytují výrony podzemních a povrchových vod, sledujících systém puklin. V zimním období lze pozorovat ledopády, po zbytek roku periodické či trvalé zamokření s vodomilnou vegetací. Především v horninách České křídové tabule se autorovi osvědčily odlehčovací vrty (do Ø 156 mm). Realizují se v řadách subhorizontálně a dovrchně (do 5%) v místech výronů puklinové vody pro redukci hydrostatického tlaku (např. za podezdívkami) nebo soustřednou protierozní drenáž vod mimo svah (Obr.71).



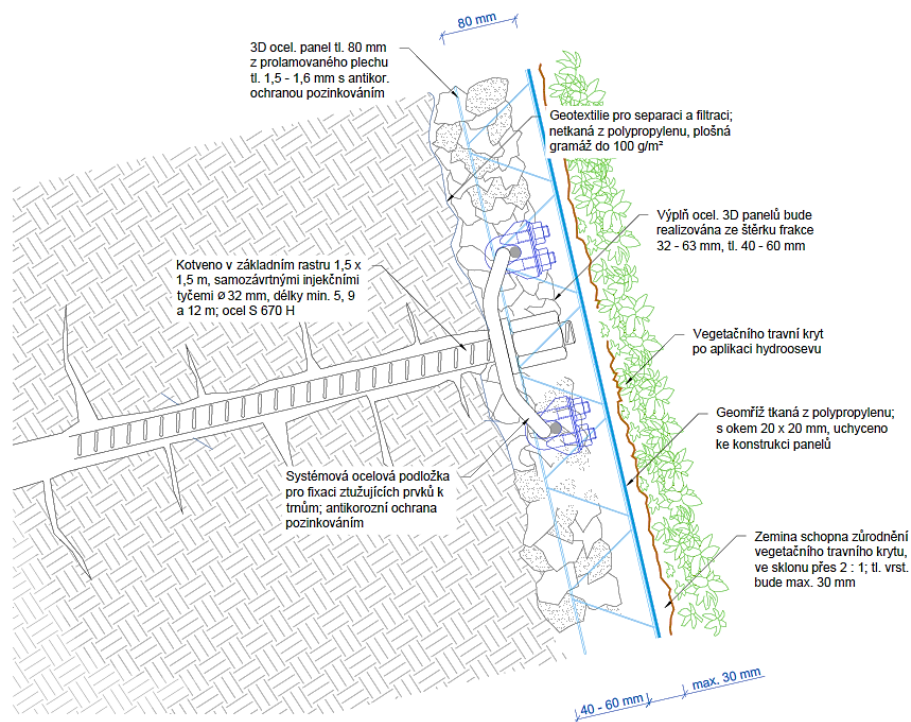
Obr.71 Soustředná drenáž, trať Jaroměř - Liberec (archiv autora)

Aplikace stříkaného betonu (SB) je v prostředí skalních svahů v současnosti na ústupu. Může za to především potřeba zbudování skutečně účinné drenáže rubu stěny, náchylnost k promrzání a vzhled. Rovněž musí být vrstva SB vyztužená a kotvená, aby nedošlo k jejímu postupnému „odskočení a zřícení“. Převažuje mokrá směs tloušťky do 100 mm, s výztužnými ocelovými mřížemi a hřebíky. Vlastní hřebíkování se technologicky shoduje s dalšími odstavci. Pro vyšší statickou účinnost je možné použití drátkobetonu, ale vyčnívající drátky v lící stěny snadno podléhají korozi. U svahů menších ploch s výrazně

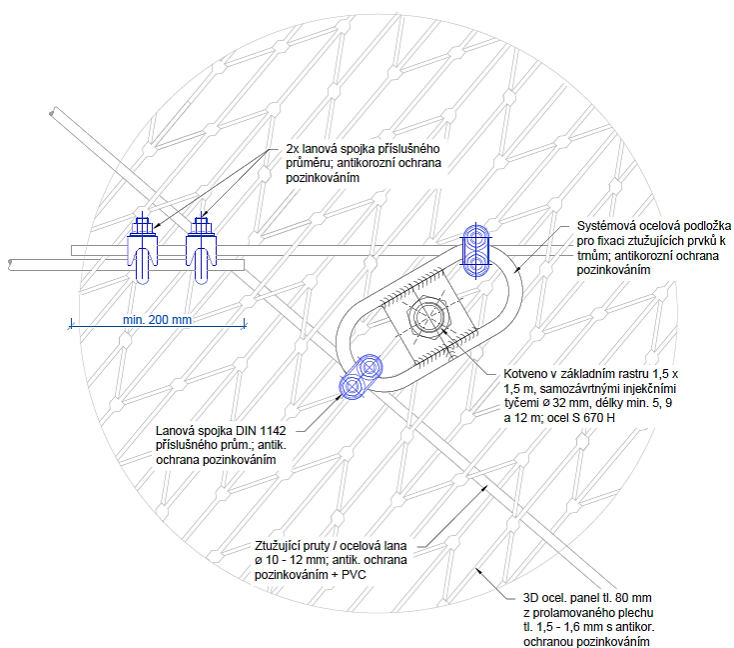
desintegrovanou matečnou horninou (např. jako součást vestavby budov a hal) je to stále jedna z efektivních bezúdržbových metod.

Jednou z možností náhrady SB je použití 3-D ocelové mřížoviny (Obr.72). Jedná se o panely z příhradově prolamovaného plechu tl. 1,5 mm (velmi vzdáleně lze připodobnit k výztužím Bretex či Arcus). Rozměr panelu je 300x100 cm, výška 80 mm s plošnou hmotností cca 3 kg.m⁻². Mřížovina je kotvena hřebíky a diagonálními pruty, vyplněna štěrkem a opatřena stříkaným betonem nebo plastovou PP mříží s hydroosevem. Typické parametry panelu viz Tab.18.

(a)



(b)



Obr.72 Kotvení systému (a) a detail ztužení (b) podle patentu 3D Krismer System® (archiv autora)

Tab.18 Příklad standardně požadovaných vlastností 3D panelů

Parametr	Kritérium
Tloušťka plechu	min. 1,5 - 1,6 mm
Šířka panelu	min. 1,1 - 1,2 m
Délka panelu	min. 2,85 - 3,20 m
Tloušťka panelu	min. 80 mm
Plošná hmotnost	min. 3,00 - 3,33 kg.m ⁻²
Tloušťka pozinkování	min. 35 μm, min. 275 g.m ⁻²
Odolnost proti korozi	min. 350 hod.
Rovnoměrné zatížení	min. 30 kN.m ⁻²
Tahová pevnost panelu	min. 70 kN.m

Ztužení konstrukce je realizováno systémem horizontálních a diagonálních ocelových prutů Ø 10 mm, které jsou uchyceny přes příslušné spojky k systémovým podložkám kotevních prvků (Obr.72b). Ke skalnímu svahu jsou panely kotveny samozávrtnými injekčními zinkovanými tyčemi Ø 32 mm (Obr.72a), délky podle static. posouzení v navrženém rastru zpravidla 1,5 x 1,5 m, často v diamantovém vzoru (pootočení o 45°). Jedná se o kotvy trvalé (povrchová úprava žárovým zinkováním + rezerva průřezu na korozní úbytek např. 75 let). Vrty pro kotevní prvky jsou většinou Ø 51 mm, nad dl. cca 3 m prováděné sáňovými pneumatickými kladivky. Vrtané kotvy mohou být také nahrazeny zaráženými hřebíky se speciální T-hlavou, a to v prostředí zemních svahů, koryt a jiných protierozních opatření.

Výplň ocelových 3-D panelů je realizována pomocí štěrku frakce 32 - 63 mm v mocnosti 40 - 60 mm. Samotné plnění se většinou provádí alespoň z části strojně a ve strmých partiích skalního svahu ručně. Po vyplnění jsou panely opatřeny PP geomříží okatosti 20 x 20 mm. Na čelní plochu se aplikuje stříkaný beton nebo hydrooesev z travní parkové (rekreační) směsi vydatnosti cca 250 - 300 kg.ha⁻¹.

Jde o velice efektivní metodu nejen ve skalních, ale i zemních svazích. (Obr.75). Maximální dosažitelný sklon je limitovaný pouze směrem tíže, běžně do sklonu 90° (Obr.73). V ČR je provedeno autorem DP několik návrhů, zatím bez realizace.

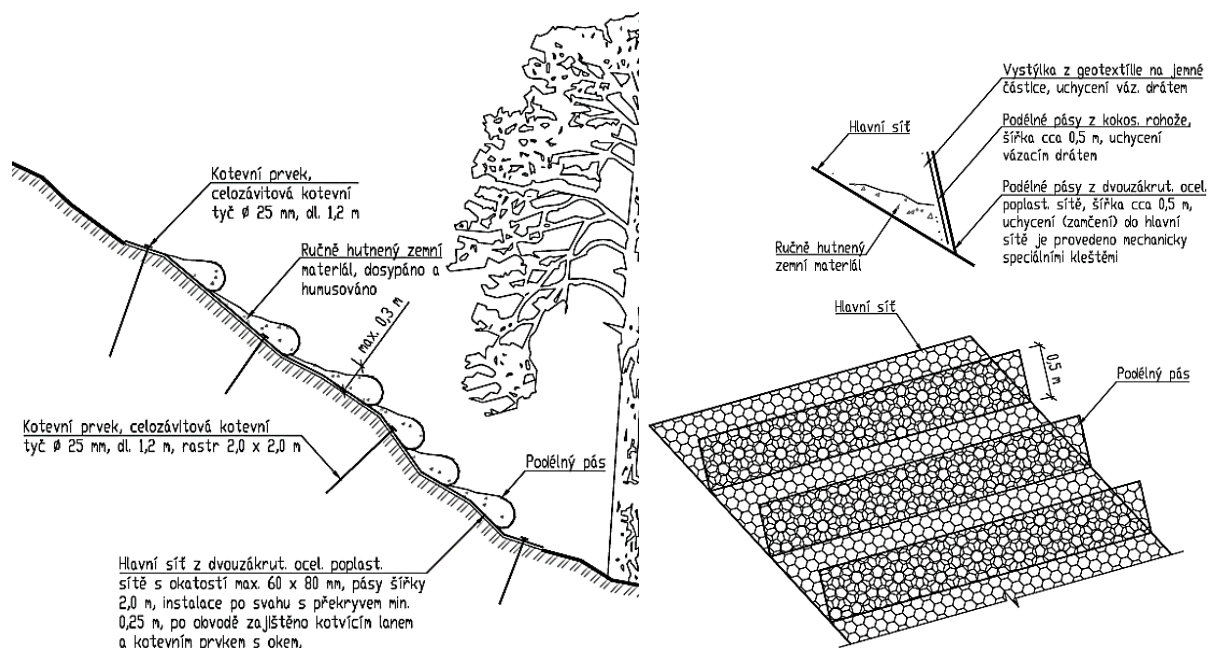


Obr.73 Detail možné aplikace na kolmou zárubní zeď (foto poskytl R. Krismer)



Obr.74 Silnice mezi Štýrskem a Sv. Valentýnem v Rakousku - sanace skalního svahu s použitím 3-D prvků (foto poskytl R. Krismer)

Mezi stále oblíbenější metody patří biopásy. Jsou tvořeny pásy z ocelové dvouzákrutové sítě s okem 60x80 mm, opatřené kokosovou rohoží a separační geotextilií. Vzniklé kapsy jsou plněné úrodnou zemínou v množství cca 0,4 m³/bm². Pokládka se provádí diagonálně ve svazích o sklonu max. 70°. Pásy se kotví v horním horizontu ocelovými hřebíky a v ploše pomocí kotviček tvaru U či T z betonářské oceli. Stabilizují přípovrchové pásmo rozvolněné sutě v poloskaných svazích do hloubky max. 1,5 m či na bázi skalního masivu (Obr.75 a 76).

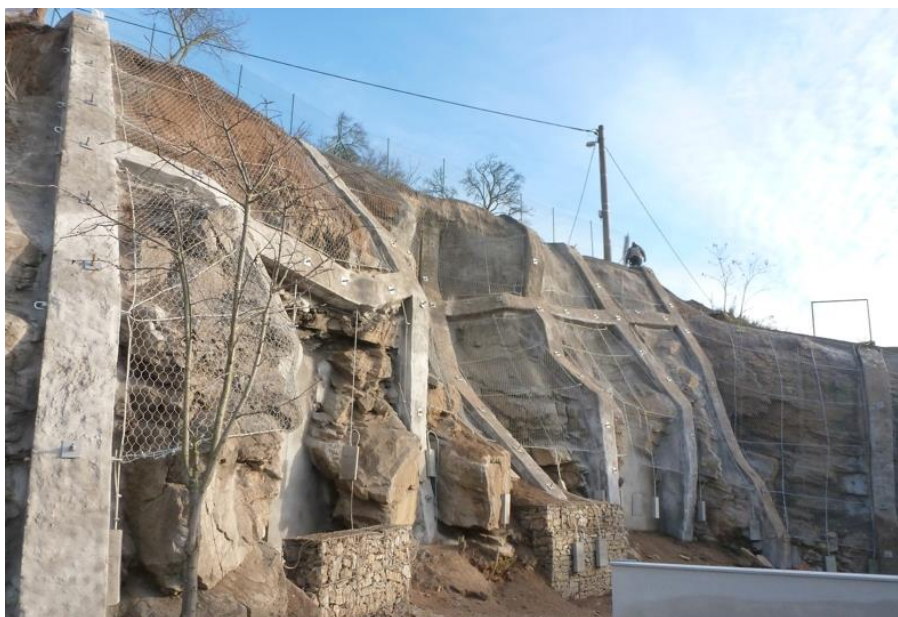


Obr.75 Detail skladby biopásů podle patentu EP0386492 Biotec Vegetation Strips® (archiv autora)



Obr.76 Chorvatsko - sanace poloskalního svahu (foto poskytl M. Šubic)

Naopak mezi méně frekventované metody patří železobetonová žebra. Principiálně jde o kotvenou ŽB stěnu, tvořenou roštem svislých a horizontálních převážkových trámců. Prostory vzniklé v kotevním rastru se opatřují stříkaným betonem s pohledovým obkladem (v podstatě pilířová zeď) nebo ochrannými ocelovými sítěmi. V ČR se jedná o ojedinělé případy jako např. Jakubský tunel, zářez před brněnským portálem tunelu č.7 (Adamov), zámek Orlick (Záruba a Mencl 1969) nebo Tišnov v ul. Klášterská (ing. Švanda, Obr.77). Mnohem častěji se s nimi lze setkat v alpských zemích a dále při významných stavbách jako jsou přehrady (např. Vaiont) či dálniční zářezy. Návrh kotvení a stupně vyztužení trámců vychází z účinků zatížení, vyvolaných nestabilitami horniny v ploše stěny. V prostředí s mírnými klimatickými vlivy či v místech bez významných změn napjatosti (např. kolísáním hladiny) jde podle autora DP o konzervativní přístup.



Obr.77 Tišnov, ul. Klášterská - sanace skalní stěny v zadním traktu obytného domu; ŽB žebra a aplikace SB se zavěšenými ocel. sítěmi v devonských vápencích (archiv autora)

Široké uplatnění mají opěrné konstrukce (OPK) a to buď tížné nebo kotvené, které převažují. Právě kotvení dovoluje snížit dimenze zdi a udržet za rubem konstrukce tlak v klidu. Nadměrné předpětí, vnesené do masivu, je nevhodné stejně tak, jako přídatný hydrostatický tlak při nedostatečně provedené drenáži rubu stěny. Funkce OK je opěrná (v případě zářezů nazývaná jako zárubní zeď viz Obr.78) či obkladní (povrchová ochrana masivu bez podstatné statické funkce). Vlastní konstrukce využívá pohledový železobeton, drátokamenné prvky, zemní konstrukce, ztracené bednění s obkladem, systémové tvarovky, cyklopské zdivo apod. Vzhledem k všeobecné známosti použití a navrhování opěrných konstrukcí není předmětem této DP je kompilovat.



Obr.78 Železniční trať č.260 Brno - Česká Třebová, zárubní zeď v ŽSt Adamov (archiv autora)

Jednou z nejvíce frekventovaných metod v ČR i ve světě je aplikace ocelových sítí. Existuje velký výběr materiálu i výrobců (Maccaferri, Geobrugg, Trumer aj.). Ocelové sítě se instalují jako nekotvené (viz kap.1.6.4) nebo kotvené (Obr.80). Instalací kotvených ocelových sítí dochází ke stabilizaci rozvolněného pásma skalního svahu definované mocnosti pomocí svorníků a zabránění vývalů horniny mezi svorníky pomocí membránového účinku ocelové sítě, často doplněné křížnými lany. Statické schéma je založeno na stabilitní analýze planárních poruch (Kliche 1999). Základní informace byla podána v kap.1.4.7. Po zavedení odporu a dilatance na smykové ploše od kotevní síly R [kN] jednotlivých svorníků, fixujících sít, je stupeň stability F_s [-] dán obecným vztahem:

$$F_s = F_{pas}/F_{akt} \cong \frac{W \cos \psi_p \tan \varphi + R}{W \sin \psi_p} > 1 \quad (52)$$

kde parametry ψ_p a W viz rov. (33). Základní tvar je nutno rozšířit o parametry Barton & Bandisova modelu porušení (kap.1.4.6), seismických účinků a redukčních součinitelů podle příslušné ČSN EN 1997-1 a 1998-1. Je potřeba navrhnout typ a průhyb sítě, optimální kotevní rastr, typ a dimenze kotvení (průměry, délky, úhly). Zde se již jedná o řešitelskou interpretaci, kdy parametry sítí si každý výrobce stanovuje polními testy a poskytuje

projektantům příslušné korelace. Podrobný postup návrhu a posouzení kotvených sítí není předmětem této DP, ale měl by kromě typu sítě také obsahovat údaje o svahu, diskontinuitách a účincích zatížení (Tab.19).

Tab.19 Příklad výpočtových a návrhových parametrů kotvené sítě (archiv autora)

Parametr	Jednotka	Hodnota
Generelní sklon svahu	[°]	44,00
Pásmo rozvolnění	[m]	1,80
Koeficient morfologie	[-]	1,10
Seismický koeficient	[-]	0,04
Objemová hmotnost horniny	[kN.m ⁻³]	26,20
Koeficient zatížení	[-]	1,35
Sklon nejnebezpečnější smykové plochy	[°]	39,00
Pevnost stěny diskontinuity JCS	[MPa]	15,00
Koeficient drsnosti diskontinuity JRC	[-]	8,00
Horizontální rastr svorníků	[m]	3,00
Vertikální rastr svorníků	[m]	3,00
Sklon vrtu od vodorovné	[°]	46,00
Průměr svorníku	[mm]	32,00
Mez kluzu oceli	[N.mm ⁻²]	6,7.10 ⁶
Redukční součinitel	[-]	1,15
Soudržnost zálivka/hornina	[MPa]	0,6
Redukční součinitel soudržnosti	[-]	1,80
Stupeň bezpečnosti na vytržení	[-]	1,50
Redukční součinitel únosnosti sítě	[-]	1,15
Výpočtová deflektce sítě	[m]	0,05
Množství rozvolněné horniny na 1 svorník	[m ³]	16,20
Tíha horniny na 1 svorník	[kN]	421,20
Výpočtová kotevní síla - tah	[kN]	0,35
Výpočtová kotevní síla - smyk	[kN]	98,05
Stupeň stability	[-]	1,02
Objem horniny zachycený 1 bm sítě	[m ³ .m ⁻¹]	0,31
Tahové namáhání 1 bm sítě	[kN.m ⁻¹]	3,29
Stupeň stability	[-]	9,72
Nominální průměr vrtu	[mm]	47,00
Minimální délka svorníku	[m]	2,45

Používají se hexagonální sítě typicky s okem 6x8 cm (v rolích) s dvojitým zákrutem drátu (porucha se nešíří) či jednoduché ortogonální sítě s vyšší pevností drátu (min. však 380 N.mm⁻²) s tahovou pevností pásu 80 až 180 kN.m⁻¹ (Obr.79).



Obr.79 Hexagonální síť s dvojitým zákrutem (vlevo) a ortogonální síť (vpravo) (archiv autora)

V současnosti dominují sítě s okem 8x10 cm s továrně vpleteným podélným lanem \varnothing 8 mm (rozteč 0,3/0,5/1,0 m) nebo lanové sítě (panely) s většími oky, únosnosti 140 až 250 kN.m⁻¹, tvořené lany \varnothing až 16 mm. Jejich povrchovou úpravu představuje pokovení slitinou 5% Zn-Al nebo dvojitá ochrana s PVC povlakem. Typické parametry panelu viz Tab.20.

Tab.20 Příklad standardně požadovaných vlastností ocelové sítě

Parametr	Kritérium
Průměr drátu	min. 2,7 mm
Okno sítě	min. 80x100 mm
Tahová pevnost drátu	min. 380 MPa
Tažnost	max. 9%
Tahová pevnost pletiva	min. 50 kN.m ⁻²
Tloušťka pozinkování	min. 35 μ m, min. 245 g.m ⁻²
Tahová pevnost pásu sítě	min. 240 kN
Tuhost pásu sítě	min. 119 kN.m ⁻¹ (při ref. hodnotě 50 kN)
Mezní tuhost	min. 186 kN.m ⁻¹ (při ref. hodnotě 85 kN)
Odolnost proti korozi	min. 350 hod.
Továrně vplet. lano \varnothing 8 mm	min. 40,7 kN



Obr.80 Tunel č. 8/1 - sanace skalní stěny u brněnského portálu, granodiorit typu Blansko (archiv autora)

Aby byla zaručena účinnost sítí, musí být provedeno precizní očištění skalního masivu a síť musí být co nejvíce natvarována (prokopírována) na povrch stěny. Spolu s prokotvením tak dojde k povrchovému zpevnění nestabilní zóny (běžně do hl. 3,0 m). Výrazné morfologické útvary se řeší individuálně např. lanovými panely (Obr.81).

Pro nasazení metody síťování lze zmínit několik kladných hledisek a to:

- efektivní i u značné fragmentace horniny – možnost zachytu i drobných úlomků od vel. 8 cm,

- pro zvýšení pevnosti lze aplikovat diagonální lana,
- relativně rychlá instalace sítě,
- cenově i skladově dostupné řešení,
- není třeba provádět odtěžování horniny – není nutná změna tvaru masivu (Obr.81),
- možnost kdykoliv síť rozpojit, vyčistit či nahradit,
- životnost až 75 let,
- tvarově kopíruje masiv,
- dovoluje volný pohyb živočichů a hmyzu a prorůstání vegetace,
- nemění tepelné ani osvitové podmínky ve stěně,
- dovoluje vizuální kontrolu stavu masivu po celou dobu životnosti.

Negativně pak mohou působit tato hlediska:

- metalizovaný povrch drátu – po cca 1 roce však dojde k patinaci a zešednutí,
- jasná viditelnost – příznání sanace (Obr.81),
- pobídka pro vandalismus či „sběrače“ kovů.



Obr.81 Zajištění skalní vyhlídky pod Znojemským hradem lanovými sítěmi, dyjský masiv (archiv autora)

V rámci sanace skalních svahů se v odůvodněných případech využívají také prvky speciálního zakládání a to mikropiloty (MP) viz Obr.82. Používají se jak pro tlakové, tak pro tahové namáhání s trubkovou nebo košovou výztuží (Obr.82). Realizují se např. při založení jednotlivých sloupů dynamických bariér (kat. **IIIh**) pomocí trubek \varnothing 76,1 mm a tl. 6,3/8/8,8 a 10 mm. Časté je také použití v rámci základových spár opatření kat. **IIIg** a **IIIj**, kde se běžně využívají typické průměry výztužných silnostěnných trubek \varnothing 70/12 a 89/10 mm s injekčními otvory, krytými manžetou. Lze použít i na místě zhotovované armokošové MP z podélných prutů \varnothing 20 až 28 mm s vnitřní manžetovou trubicí. Injektáž a další provádění se řídí podle ČSN EN 14199. Vzhledem k všeobecnému rozšíření a výrobnímu programu

širokého spektra dodavatelů by byl další popis pouze kompilací, což není předmětem této DP.



Obr.82 Tišnov – prutová výztuž MP (vlevo); Dolní Žleb – trubková výztuž MP (vpravo) (archiv autora)

Jednou z nejpodstatnějších metod zajištění skalních svahů je kotvení. Definice některých prvků byla vysvětlena v kap.1.2. Jedná se o prvky pramencové, lanové a tyčové z hlediska konstrukce vlastního stvolu kotvy. Tyčové prvky jsou vyráběné z oceli nebo sklolaminátu. V případě skalního řízení se jedná v drtivé většině o svorníky, hřebíky, tyčové a lanové kotvy upínané cementovou maltou nebo syntetickými pryskyřicemi. Existují i jiné systémy upínání a to mechanické pomocí rozpěrných klínů či kuželů (ekvivalent hmoždinek), frikční pomocí zářezcích trubek nebo hydraulické pomocí expanze podélně prolisované trubky. Použití těchto systémů v ČR nabývá významu především v prostředí podzemních a speciálních staveb a proto nebudou dále zmiňovány.

Z hlediska životnosti lze kotevní prvky podle ČSN EN 1537 rozdělit na dočasné a trvalé. Zde nastává rozpor. Aby byla zaručena trvalost podle zmiňované ČSN, vyžadovaly by všechny prvky dvojitou antikorozi ochranu jednak příslušným krytím cementovou maltou a ideálně vyinjektováním mezikruží pod navlečenou pružnoplastickou bužírkou. V praxi se ale tento způsob neosvědčil. Jako ideální se ustálilo (v případě ocelových prvků) řešení pomocí žárového zinkování a započtení korozního úbytku průřezu podle předpokládané životnosti a agresivity prostředí. Druhou možností je použití sklolaminátových tyčí či extrémně nerezové oceli. Tímto způsobem se podle autora dá nazvat hřebík či svorník (pasivní prvky) jako trvalý. Pokud je realizováno předpětí (aktivní prvky), platí jasně návrh a provádění podle ČSN EN 1537.

Typické \varnothing ocelových tyčových prvků se pohybují od 20 do 32 mm s únosností až 440 kN (ocel ST 500 S), ale i 850 kN (ocel Y 1050). Méně časté jsou kompozitní svorníky \varnothing 20 až 25 mm, limitované pevností závitu 80 až 180 kN, což je také jejich hlavní nevýhoda na úkor průřezu jádra tyče. Běžně používané jsou celozávitové plnoprofilové kotevní tyče

(CKT) a injektovatelné tyče se ztracenou korunkou (R tyč, IBO, SDA apod.), jejichž četnost použití je na vzestupu (Obr.83). Důvodem použití R-tyčí je možnost jejich napojování pomocí spojníku (mufny) k prvním vrtnému kusu a tudíž není nutné zpětné vytažení. Jinak totiž vzniká častý problém se zablokovanou poměrně drahou vrtnou tyčí (šestihránná vrtáková ocel s úderníkem), kvůli uzavírání vrtu v porušených horninách. Z hlediska ceny a únosnosti je a nejspíše i zůstane výhodnější celozávitová tyč. Také se často stává, že při použití R-tyčí je nutné volit vyšší průměry (typicky 32/18,5 mm) než projektované a to z důvodu jejich častého prasknutí během zavrtávání. Výrobci (Minova, Ischebeck) proto stále zdokonalují materiálové vlastnosti samozávrtných tyčí (např. typ TITAN) i jako ekvivalent klasickým mikropilotám.



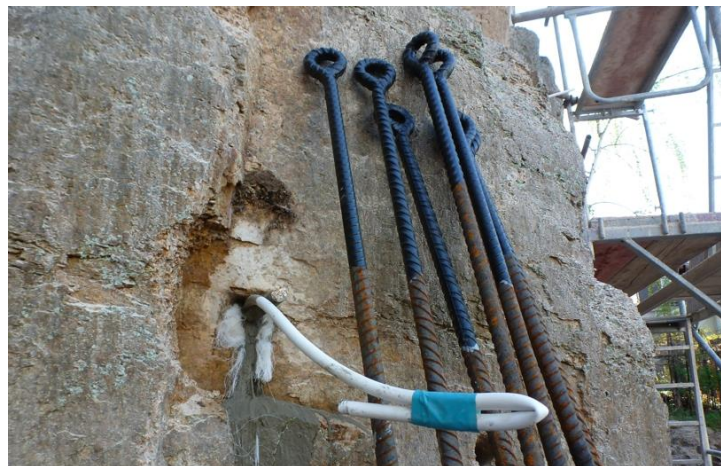
Obr.83 Injektovatelná tyč R 32 N (vlevo), zavrtávání tyče ve stěně (vpravo) (archiv autora)

Lanové kotvy (Obr.84) jsou časté v případech opásání samostatných skalních objektů např. lanovými sítěmi a při instalaci dynamických bariér. Hlavní výhodou spočívá v konstrukci hlavy tvořené flexibilní nerezovou očnicí s temováním. Díky tomu není nutné vrtat ve směru tahu. Využívá se také pro jednoduchost napojování brzdných mechanismů bariér přímo na montážní oko kotvy. Nejčastěji jsou používány lana \varnothing 10 až 24 mm s obvyklou únosností kotvy 170 až 780 kN.



Obr.84 Dvoupramenná lanová kotva (vlevo), detail hlavy (vpravo) (archiv autora)

Jako pomocné kotevní prvky jsou hojně využívány tyče z betonářské oceli Ø 25 mm s kovaným okem (Obr.85) (vyjímečně závitová tyč s okem šroubovým), které tvoří podélné horizonty pro vodící lana, upínané nejčastěji syntetickým vícesložkovým tmelem (např. Lokset, Geoflex) pro svůj rychlý nástup pevnosti. Provádí se pomocí dvousložkových ampulí (tzv. „jitrnic“) (Obr.86) či kartuší s tvrdidlem a syntetickou pryskyřicí PE, PUR apod.



Obr.85 Tyč s kovaným okem (archiv autora)

Jejich zasunutím v potřebném množství do kořenové části vrtu a zaražením nebo rotací kotevní tyče dojde k promíchání a aktivaci. Dochází k rychlému náběhu pevnosti (do 3 min). Minimální únosnost kořene se pohybuje kolem 50 kN/m.



Obr.86 Lepicí ampule LOKSET (archiv autora)

Velmi důležitá je volba způsobu zainjektování kotevních prvků, s čímž souvisí i volba typu svorníku. V současnosti se používá závlivka samotíží (gravitační, beztlaká) nebo nízkotlaká do 0,6 MPa. Vyššího tlaku není obvykle třeba vzhledem k množství a prostupnosti diskontinuit na většině lokalit (projeví se snadno při výplachu realizačních vrtů mnohdy i u paty svahu výronem vrtného prachu z puklin). Vhodné jsou reinjektáže pro omezení spotřeby směsi s časovým odstupem alespoň 6 hodin.

Klasická závlivka se provádí stejně jako u mikropilot pomocí cementové suspenze ve složení c:v = 2,5:1 při použití cementu CEM II/A-S (tř. 32,5). Ideální složení 1 m³ směsi je 1385 kg cementu a 554 l záměsové vody. Hustota injekční směsi na výplachových vahách by se měla pohybovat kolem 1900 kg.m⁻³, odstoj vody v odměrném válci o průměru 60 mm a objemu 1000 ml nesmí překročit 1% po 1 hod a pevnost v prostém tlaku 2 sad po 3 válcových tělískách by měla dosahovat 20 MPa/7 dní a 27 MPa/28 dní.

V současnosti je na vzestupu také použití sklolaminátových kotevních tyčí např. typu Rockbolt nebo Durglass (Obr.87). Sklolaminátové plné a injekční kotevní tyče jsou

vyrobeny ze skelných vláken navzájem spojených polyesterovou, pro speciální použití vinylesterovou nebo epoxidovou pryskyřicí. Kombinací těchto dvou syntetických materiálů je dosaženo výborných mechanických vlastností, které nedegradují v čase, mají zvýšenou odolnost vůči chemickým vlivům a nepodléhají korozi. Mezi výhody nasazení tohoto typu tyčí patří vysoká až velmi vysoká tahová pevnost skelných vláken (až 1000 MPa), nízká hodnota prodloužení při tahovém namáhání (deformace na mezi pevnosti tyčí max. 2 až 2,5%) a 3,5x nižší objemová hmotnost ($2200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) než u oceli. \emptyset tyčí se pohybují typicky od 20 do 38 mm s únosností 200 až 750 kN. Limitujícím faktorem je ovšem únosnost závitů, která je přibližně poloviční.



Obr.87 Doubravnický tunel, trať č. 251 Žďár n. S. v km 85,200 - kotvení obezdívky boračského portálu sklolaminátovými svorníky (archiv autora)

Funkcí kotevních prvků (svorníků) je stabilizace horninového prostředí z hlediska zamezení pohybů a nerovnováhy sil a dále kotvení geotechnických konstrukcí. Podstatou stabilizace je jednak samotné vyztužení ocelovými prvky, které přebírají tahová, popř. i část smykových napětí, ale také sevření (stlačení) horniny předpětím zakotvených svorníků, které mobilizuje tolik potřebné tření na plochách existujících diskontinuit.

Návrh a posouzení horninových kotev (svorníků) vyžaduje stanovení několika parametrů. Hlavním z nich je odpor proti vytažení kořenové části těchto prvků. Pokud je kořenová část provedena po celé délce svorníku, je to především stříhová pevnost v rovině protínané diskontinuity a až po určité deformaci lze hovořit o tahovém účinku svorníku. Vlastní odpor proti vytažení je dán pevností horniny ve smyku či tahu, dále pak délkou zakotvení a \emptyset kořene. Tahová pevnost se uplatní především u zdravých, málo porušených hornin. Smyková pevnost u hornin s vyšší četností diskontinuit. S tím souvisí např. hodnocení kvality horniny indexem RQD, charakter diskontinuit apod.

Dalším parametrem, důležitým pro návrh a posouzení kotevního prvku je vlastní velikost plášťového tření jednak na rozhraní 1) ocel x kořen a dále 2) kořen x hornina, kdy lze uvažovat již desítky let ověřené hodnoty plášťového tření. Je důležité posoudit oba stavy a jim přizpůsobit dimenze kotvení. Plášťové tření je dostupné jako tabelizované hodnoty, ovšem s širokými intervaly pro horniny neznámé kvality. Proto se autor DP v rámci výzkumného projektu FR-TI4/329 zaměřil na oblast 2) kořen x hornina (viz kap.2).

Staré pořekadlo praví, že
výsledky nezávisí na dokonalosti vybavení,
ale na jejich pravdivém podání.

K. Terzaghi

2. Experimentální část

Tato část DP shrnuje experimentální výsledky autora v rámci výzkumného projektu FR-TI4/329 Výzkum a Vývoj - tvorba aplikačního systému pro návrh a posouzení zemních a horninových kotev včetně vývoje monitorovacích prvků. Část tohoto projektu (horninové kotvy – svorníky a hřebíky), byla aplikačně zaměřena na jeden z návrhových parametrů při posuzování těchto prvků – plášťové tření mezi kotevním tmelem svorníku a horninovým prostředím. Jedná se o jeden z nejvýznamnějších parametrů optimalizace kotevních prvků.

Testy byly provedeny na 12 lokalitách s různými typy hornin Českého masivu. Pro realizaci zkoušek byl zkonstruován zatěžovací stend. Provedeno celkem 201 kusů zkoušek s délkou svorníků od 0,5 do 2,5 m a \varnothing 22 až 32 mm. Jednalo se o ocelové závitové tyče (C), ocelové samozávrtné tyče (I) a sklolaminátové tyče (R). Svorníky byly upínány do cementové (E) zálivky a pryskyřice ($L \approx G$). Zkoušky se realizovaly vždy až do porušení materiálu tyče nebo překročení smykové únosnosti mezi kotevní hmotou a tyčí/horninou. Na lokalitě proběhl základní geotechnický průzkum vrtanými sondami \varnothing 50 mm v délce 3,0 m s detailním popisem vrtných jader in situ a provedením zkoušek mechaniky hornin.

Po sestavení výsledků byla provedena analýza vlastností hornin ve vztahu k plášťovému tření (ekvivalent smykového napětí) τ_b [MPa] na rozhraní kotevního tmelu a horniny. Podrobný rozsah a popis zatěžovacích zkoušek publikoval Holý (2017).

2.1 Realizace tahových zkoušek in situ

Pro tahové zkoušky byl použit hydraulický systém ENERPAC 600 (Obr.88), kalibrován Českým metrologickým institutem. Hydraulický systém se skládá z dutého válce RCH 603, hydraulického čerpadla, tlakoměru indukujícího zatížení, termoplastické hydraulické hadice, přesného úchylkoměru a magnetického stojanu. Zařízení je schopno vyvinout maximální tahovou sílu 600 kN. Jako inovativní součást sestavy byl autorem navržen zatěžovací stend (Obr.88).

Ramena byla vyrobena z válcovaných profilů HEA, spojena horním a dolním styčником. Každý z nich byl pro zvýšení tuhosti vysokopevnostně přivařen k centrální silnostěnné trubce. Na koncích byla ramena opatřena závitovými tyčemi jako aretace vzhledem k ose svorníku. Zařízení se vzhledem k vyšší hmotnosti při manipulaci vyvážovalo dočasným horním kotvením. Důvod, proč bylo takovéto zařízení navrženo, spočívá v přenosu tlakových sil do pevné skalní horniny mimo hypotetickou kuželovou výtrž a to ve vzdálenosti $l_{min} = 15d_{vrt}$. Díky tomu nebylo okolí svorníku tlakově ovlivněno, což je ve shodě s doporučeními ISRM (1981) a závěry Hobsta a Zajíce (1972).

Před zkouškou došlo k předtížení na 0,5 kN kvůli dosednutí a odečtena nulová hodnota posunutí. Další zatěžování bylo prováděno v 5 až 7 stupních, aby se dosáhlo maximální pevnosti na mezi porušení rozhraní zálivka/hornina nebo meze kluzu oceli či pevnosti (stržení) závitů. Časová prodleva mezi zatěžovacími stupněmi byla dvacet minut nebo do ustálení posunů. Hodnoty posunu v jednotlivých úrovních zatížení byly odečteny digitálním snímačem a zaznamenány do protokolů pro další zpracování.



Obr.88 ENERPAC 600 a zatěžovací stend, vpravo detail (archiv autora)

Z provedených 201 ks tahových zkoušek bylo pro další hodnocení použito 87 ks, tedy cca 43%. Interpretace výsledků (viz kap.3) se nezaměřovala na deformační parametry, ale byl sledován vývoj postupného zatěžování vs. posun svorníku. Z průběhů zkoušek proběhlo hodnocení meze vzniku plné mobilizace plášťového tření a to před mezí kluzu oceli (v případě svorníků typu CKT a IBO) nebo mezí pevnosti kompozitního závitů (v případě svorníků typu Rockbolt) - Tab.22. Všechny zatěžovací křivky byly uspořádány do grafů vždy podle daného typu svorníku, kotevního tmelu nebo délky (Příloha 01). Od ukončení projektu v r. 2016 a publikování výsledků (Holý 2017) došlo ke kritické revizi dat a hledání širších vztahů především směrem k charakteru diskontinuit hornin všech 12 lokalit (Tab.21). Navíc bylo doplněno dalších 6 lokalit, kde autor prováděl obdobný geotechnický průzkum v rámci pracovních zakázek (Obr.89).

Tab.21 Rozpis tahových zkoušek

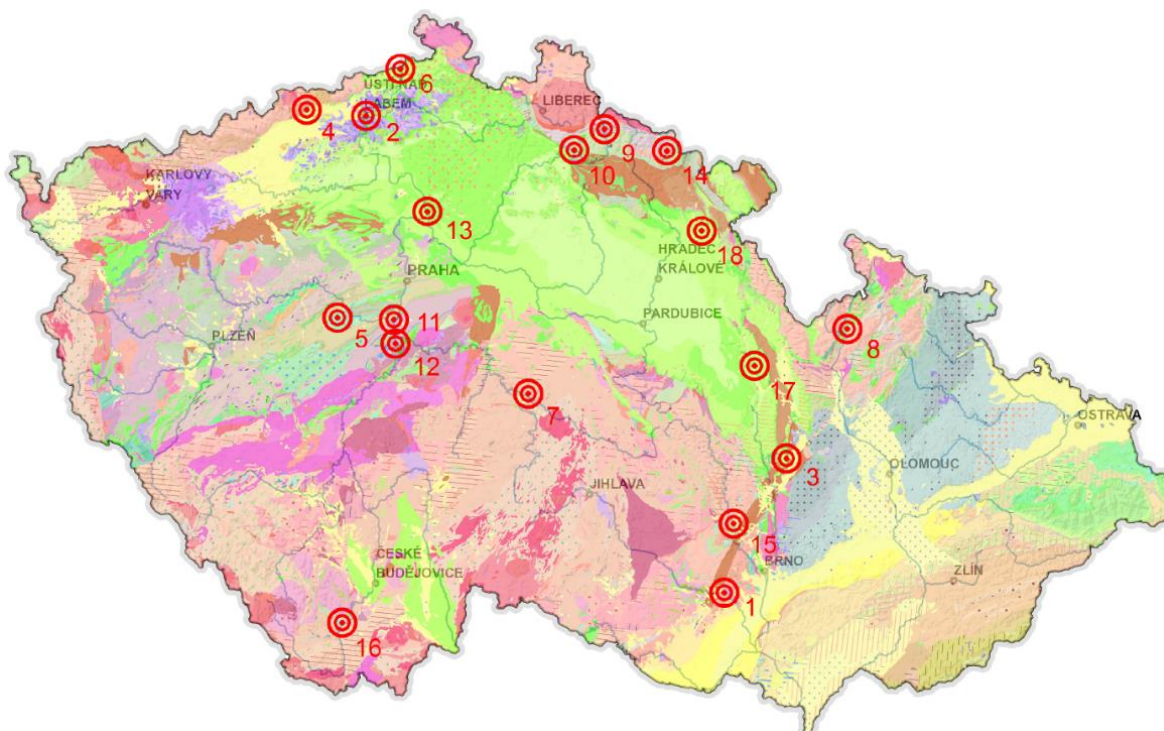
Číslo lokality	Lokalita	Typ horniny	Počet zkoušek [ks]	Typ svorníku [ks]				Typ zálivky [ks]			Délka [m] svorníků [ks]					
				C	R	I	RI	E	L	G	0.5	0.75	1	1.5	2	2.5
1	Dolní Kounice	Granodiorit, typ Tetčice	20	8	8	4	-	12	8	-	-	-	5	5	5	5
2	Ústí n. L., Mar. skála	Trachyt	16	6	6	4	-	6	10	-	-	-	5	5	6	-
3	Velké Opatovice	Písčité slínovce	22	8	8	3	3	12	6	4	-	-	11	6	5	-
4	Hrob	Pararula dvojslídňá	17	8	5	4	-	7	10	-	-	-	5	4	5	3
5	Čertovy Schody	Vápenec mikritický	12	6	6	-	-	6	6	-	-	-	4	4	4	-
6	Dolní Žleb	Křemenný pískovec	15	6	6	3	-	9	6	-	-	-	5	5	5	-

Pokračování na další stránce

Pokračování z předchozí stránky																	
7	Vlastějovice	Ortorula, skarn	17	7	7	0	3	9	8	-	-	5	5	5	2		
8	Hanušovice	Amfibolit	20	8	8	4	-	12	8	-	-	4	4	4	4		
9	Vilémov	Fylit až kvarcit	12	6	6	-	-	6	6	-	4	4	4	-	-		
10	Železný Brod	Fylit dvojslídny	15	6	6	3	-	9	6	-	5	5	5	-	-		
11	Vrané nad Vltavou	Tufit	17	6	6	3	2	17	0	-	6	5	6	-	-		
12	Štěchovice	Břidlice	18	6	6	3	3	12	6	-	6	6	6	-	-		
			Σ	201	81	78	31	11	117	80	4	21	20	65	38	39	14

Výběr lokalit byl podřízen několika faktorům tak, aby:

- reprezentoval co nejširší petrografické typy,
- obsahoval spíše méně kvalitní rozpukané horniny,
- prostorově a administrativně umožňoval provedení souboru tahových zkoušek,
- byl ekonomicky únosný.



Obr.89 Situování testovaných (č.1-12) a doplňkových (č.13-18) lokalit v mapě regionálně-geologického členění ČR 1 : 500 000 (zdroj www.geology.cz)

Výběr kotevního materiálu reflektoval běžné dimenze a typy tyčí na stavbách (Tab.22). Vlastní tyče byly upínané komerčními směsmi osvědčeného výrobce (Tab.23).

Tab.22 Parametry použitých kotevních tyčí

Označení	C	I	R	RI
Typ tyče	CKT 22	IBO R 32 L	K60-25	Spinmax
Materiál	Ocel S 670 H	Ocel ST 500 S	Sklolaminát	Sklolaminát
Průměr tyče r_r [mm]	22	32/20.6	25	32/15
Únosnost tyče na mezi kluzu $F_{y0,2}$ [kN]	250	160	-	-
Únosnost tyče na mezi pevnosti F_m [kN]	300	210	350	365
Únosnost závitů F_{th} [kN]	-	-	180	120
Spojník [mm]	-	42/145	-	42/190
Hmotnost tyče [kg.m ⁻¹]	2.98	2.75	0.9	0.95

Tab.23 Parametry použitých kotevních směsí

Označení	E	L	G
Typ směsi	Ekoment Rapid	Lokset HS Slow	Geoflex
Materiál	Cement	Polyester	Pryskyřice
Pevnost v tlaku/tahu f_{ck}/f_{th} [MPa]	28.5/6.5	80/-	39/6.2
Pevnost ve smyku f_s [MPa]	-	30	-
Ampule [mm]	-	28/600	-

2.3 Realizace průzkumných prací

Součástí výzkumného projektu byla realizace vrtů \varnothing 51 mm, délky 3 m rotačním jádrovým vrtáním s vodním výplachem soupravou Hilti DD500 (Obr.90). Hornina v podobě vrtných jader byla deponována v připravených vzorkovnicích. Současně s odběrem vzorků byl prováděn popis a hodnocení: diskontinuit pomocí parametrů J_r/J_a [-]; indexu kvality horniny RQD [%] a indexu GSI [-] dopočtem podle rov. (48).



Obr.90 Lokalita č.12 u silnice I/102 Zbraslav – Štěchovice, jádrové vrtání \varnothing 50 mm (archiv autora)

Následoval převoz vzorkovnic do laboratoře mechaniky hornin v rámci Centra AdMaS k vyvzorkování a naplánovanému testování. Shrnutí terénního popisu viz Tab.24, podrobnější laboratorní výsledky jsou uvedeny v Příloze 02 a 03.

Tab.24 Shrnutí in situ hodnocení

Č. lokality	Lokalita	Petrografický typ	RQDmean [%]	GSI* [-]
1	Dolní Kounice	Granodiorit, typ Tetčice	41	52
2	Ústí n. Labem – Mariánská skála	Trachyt	51**	65.9
3	Velké Opatovice	Písčítý slínovec	76	56
4	Hrob	Dvojslídna pararula	13**	32.8
5	Velkolom Čertovy Schody	Mikritický vápenec	68	64
6	Dolní Žleb	Křeměnný pískovec	73	59.9
7	Lom Vlastějovice	Ortorula, skarn	24	41.1
8	Hanušovice	Amfibolit	39	48.6

9	Vilémov	Fylit až kvarcit	52	57.5
10	Železný Brod	Dvojslídny fylit	21**	28
11	Vrané nad Vltavou	Tufit	83	70.6
12	Štěchovice	Břidlice	68	67
13#	Mělník – Na Polabí	Vápnitý slínovec	57	39
14#	Pomezní Boudy	Rula	71	-
15#	Tišnov - Trmačov	Arkóza	58	-
16#	Český Krumlov J1	Krystalický vápenec	100	-
17#	Český Krumlov J2	Krystalický vápenec	65	-
18#	Český Krumlov J3	Krystalický vápenec	100	-
19#	Český Krumlov J4	Krystalický vápenec	53	-
20#	Český Krumlov J5	Krystalický vápenec	80	-
21#	Dlouhá Třebová V1	Vápnitý slínovec	50	-
22#	Dlouhá Třebová V2	Vápnitý slínovec	54	-
23#	Česká Skalice 1	Vápnitý slínovec	76	-
24#	Česká Skalice 2	Vápnitý slínovec	50	-

Pozn.: * podle rov. (48); ** podle Palmströma (2005); # doplňkové lokality

2.2 Realizace laboratorních zkoušek

Dílčí výsledky laboratorních zkoušek byly publikovány v recenzovaném časopise (Zavacký 2017; Holý 2017). Ze vzorkovnic byly po stanovení indexu RQD vyjmuty vhodné úlomky vrtného jádra, ze kterých byla diamantovou pilou nařezána pravidelná horninová tělíska – válečky. S ohledem na potřebné množství vzorků (5 ks v sadě) byla volena výška válečků (při \varnothing cca 45 mm) cca 75 mm, tzn. štíhlostní poměr cca 1,67.

Stanovení objemové hmotnosti horninového materiálu bylo provedeno přesným proměřením připravených horninových vzorků/nařezaných válečků s dopočtem jejich objemu a zvážením. Tato zkouška byla realizována pro horninu v tzv. „okamžitém“ stavu – tzn. ve vlhkosti odpovídající okolnímu prostředí laboratoře. Geometrické parametry vzorků a výsledky stanovení objemové hmotnosti jsou detailně uvedeny v Příloze 03.

Stanovení skleroskopické tvrdosti horninového materiálu bylo provedeno v několika málo odůvodněných případech (absence pravidelných tělísek) pomocí Schmidtova kladívka typu L (výrobce Proceq) standardní metodikou na nepravidelných vzorcích (úlomky vrtného jádra). Nepravidelná horninová tělíska byla testována kolmo na osu vrtného jádra. Zkouška byla realizována pro horninu v tzv. „okamžitém“ stavu – tzn. ve vlhkosti odpovídající okolnímu prostředí laboratoře. Korelace na pevnost v jednoosém tlaku UCS [MPa] byla provedena pomocí grafického převodu s použitím Bieniawského diagramu (Obr.8).

Pevnost v jednoosém tlaku UCS (σ_c) [MPa] byla provedena standardním postupem, kdy zkušební tělíska (válečky) známých parametrů (Příloha 03) byla upínána do čelistí zkušební lisu (Controls) a zatěžována rychlostí cca 0,3 MPa.sec⁻¹ až do porušení. Vlastní jednoosá tlaková pevnost byla posléze dopočítána z maximální dosažené zatěžující síly a počáteční příčné průřezové plochy vzorku. Zkouška byla realizována pro horninu v tzv. „okamžitém“ stavu – tzn. ve vlhkosti odpovídající okolnímu prostředí laboratoře. Detailní výsledky stanovení pevnosti v jednoosém tlaku σ_c horninového materiálu viz (Příloha 03).

Stanovení pevnosti v jednoosém tahu UTS (σ_t) [MPa] bylo provedeno korelací (Obr.32a,b,c) z pevnosti v jednoosém tlaku UCS, a to podle Kima a Lade (1984) a podle Horáka (2000).

Teorie budou nahrazeny lepšími, ale výsledky pozorování získané v terénu zůstanou trvalými a neocenitelnými hodnotami pro praxi.

K. Terzaghi

3. Interpretační část

Interpretace zatěžovacích diagramů (Příloha 01) je založena na pozorování chování svorníku ve dvou fázích A a B (Nicholson 2016). Ve fázi A je pozorována lineární pružná deformace volného konce svorníku, která přechází do fáze B poklesem tahové síly (tím i tuhosti) a zplastizováním. Pokud došlo k odklonu od lineární části křivky před mezí kluzu tyče nebo mezí pevnosti závitu (Tab.22), mobilizovalo se právě v daném bodě plášťové tření porušením soudržnosti na pomezí zálivky/svorníku nebo zálivky/stěny vrtu. Tento jev byl vždy po provedení zkoušky vizuálně ověřen.



Obr.91 Ukázka porušení na mezi pevnosti tyče I (a), tyče C (c), porušení na mezi pevnosti závitu tyče R (b) a porušení na rozhraní zálivka/hornina (d)

Je vhodné dodat, že v mnoha případech byla mez kluzu i mez vrcholové pevnosti prvků překračována oproti údajům výrobce (Obr.91). Tyto výsledky a také zkoušky s porušením na rozhraní svorník/zálivka nebyly dále hodnoceny (viz kap.3.2). Postupy a výsledky v následujících kap. 3.1 až 3.3 shrnuje Holý (2018).

3.1 Přístup k řešení rozsáhlého souboru dat

Vybrané zatěžovací křivky byly proloženy polynomem vyššího řádu a pomocí tečny (derivate) hledán bod „odlepení“ od lineární části křivky. Často bylo možné použít bilineární průběh s průsečíkem v bodě, kde došlo k hledanému poklesu sil.

Pro aplikaci vlivu diskontinuit a základních fyzikálně-mechanických vlastností vybraných hornin na dosažené plášťové tření byly nalezeny dvě relativně silné závislosti (Obr.92) parametrů RQD [%] a GSI [-]. Data byla rozdělena do tří skupin a to podle typu a technologie provedení kotevního tmelu/svorníku.

Linearizací a letným návrhem analytického řešení délky upnutí s celkem 5 koeficienty bylo pomocí metody nejmenšího spádu zjištěno, že 3 z 5 koeficientů se nemění a 2 koeficienty se iteračním procesem téměř ztotožňují se střední hodnotou objemové hmotnosti a pevnosti v testovaném souboru dat. Zůstali tak 4 konstanty (z nichž jedna se rovná nule) a jeden koeficient, zohledňující změnu kotevního tmelu a příslušného typu svorníku.

Jako konvergenční podmínka byla zvolena minimální hodnota reziduí (suma kvadrátů rozdílů) dosažených a vypočtených velikostí plášťových tření. Přesnost dosahovala nejhůře absolutní hodnoty rozdílu 0,03 MPa. Délka upnutí pak byla modelována pomocí metody Monte Carlo pro náhodné proměnné (dvě různá rozdělení) při dané kotevní síle. Jako dostatečně reprezentativní bylo zvoleno 1500 opakování (kap.3.4).

3.2 Základní a heuristický model plášťového tření

Smykové napětí τ [Pa] je obecně složka napětí rovnoběžná s materiální plochou A' [m.m] a je tvořena složkou vektoru síly F [N] rovnoběžného s tímto průřezem. Základní model plášťového tření v ploše upnutí je dán vztahem:

$$\tau_b \text{ [MPa]} = F_b/A' \quad (53)$$

kde F_b [kN] představuje mezní sílu při plné mobilizaci τ_b a

$$A' \text{ [m}^2\text{]} = 0.002\pi r_b d_b \quad (54)$$

představuje plochu pláště kořene o poloměru r_b [m] a délky d_b [m]. Hodnotu plášťového tření lze získat kromě zatěžovacích zkoušek také empiricky podle Littlejohna a Bruce (1977) jako:

$$\tau_b = \text{UCS}/30, \text{ kde } \text{UCS} > 20 \text{ MPa}, \tau_b \leq 1,40 \text{ MPa a } SF_b = 3,0 \quad (55)$$

nebo pomocí tabulkových údajů viz Tab.25, 26 a 27. Příslušné plášťové tření podle Tab.25 je možné po interpolační úpravě a aproximaci (podrobněji viz kap.4.2.1) zapsat jako:

$$\tau_b \approx \text{UCS}^{2/3}/22 \quad (56)$$

Tab.25 Příslušné plášťové tření v cementem upínaných kotvách (upraveno podle Wyllie a Mah 2014)

<i>Popis horniny</i>	<i>Rozsah UCS [MPa]</i>	<i>Příslušné plášťové tření [MPa]</i>
Pevné horniny	> 100	1.05-1.40
Středně pevné hor.	50-100	0.7-1.05
Měkké horniny	20-50	0.35-0.7
<i>Horninový typ</i>		
Žula, čedič		0.55-1.0
Dolomitic. vápenec		0.45-0.70
Měkký vápenec		0.35-0.50
Břidlice, prachovec		0.30-0.45
Zvětralý prachovec		0.05-0.30
Pískovec		0.30-0.60
Beton		0.45-0.90

Tab.26 Příslušné plášťové tření v cementem upínaných kotvách (upraveno podle Hoek 2006)

<i>Popis horniny</i>	<i>Příslušné plášťové tření [MPa]</i>
Bazalt	3.0-3.5
Granit	4.0-5.0
Zvětralý granit	1.5-2.5
Serpentinit	1.0-2.0
Vápenec	1.7-2.5
Dolomit	1.4-2.0
Zdravý slínovec	0.8-1.0
Porušený slínovec	0.2-0.4
Prachovec	0.7-0.9
Jílovitá břidlice	0.25-0.45
Pískovec	0.8-1.7
Jemnozrnná suť	0.2-0.5
Hrubozrnná suť	0.4-0.6
Porušená laminovaná břidlice	0.25-0.5
Pevná laminovaná břidlice	0.8-1.7

Tab.27 Příslušné plášťové tření v cementem upínaných hřebcích (upraveno podle Elias a Juran 1991)

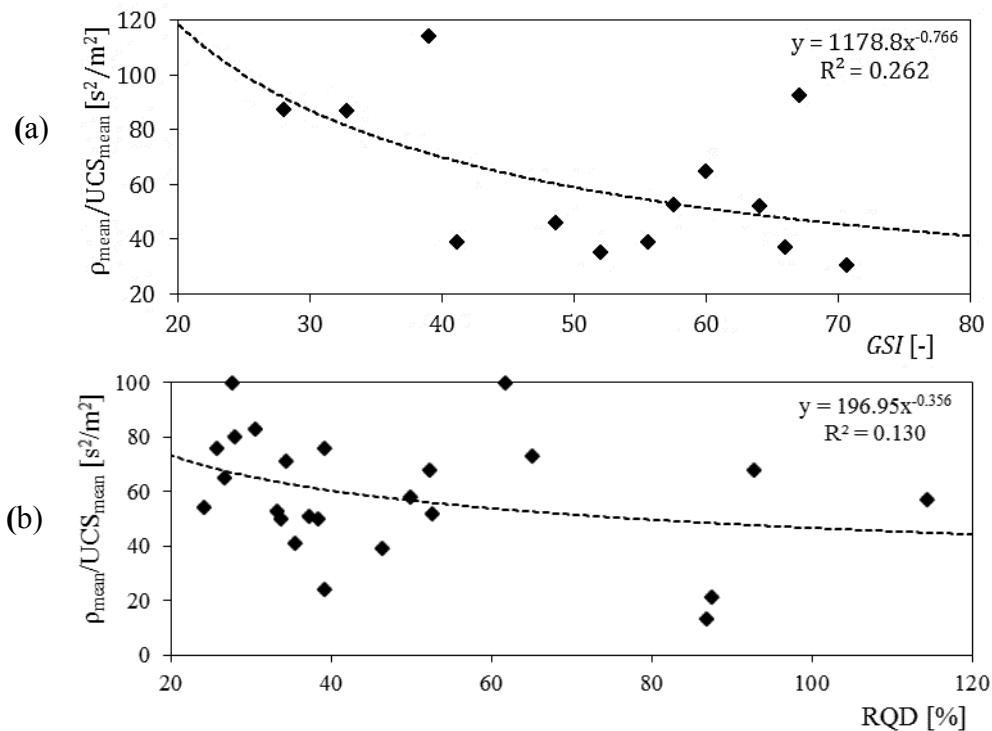
<i>Popis horniny</i>	<i>Příslušné plášťové tření [MPa]</i>
Vápenec	0.3-0.4
Fylit	0.1-0.3
Slínovec	0.5-0.6
Měkký dolomit	0.4-0.6
Porušený dolomit	0.6-1.0
Zvětralý pískovec	0.3-0.3
Zvětralý jílovec	0.1-0.15
Zvětralý mramor	0.1-0.18
Bazalt	0.5-0.6
Břidlice/pevný jílovec	0.3-0.4

V dalším textu je plášťové tření uvažováno jako průměrné a uniformní podél délky zakotvení tak, jak bylo získáno z provedených zatěžovacích zkoušek. Skutečný průběh napětí při detailní instrumentaci zatěžovacích zkoušek dokázal Li a Stillborg (1999).

Heuristický model zde představuje hledání takového přibližného řešení, kde $\tau_b = f(d_b, F_b, \rho_v, UCS, RQD, GSI)$ pro 3 typy technologie upínání. Byl potlačen vliv tří genetických typů hornin (magmatické, sedimentární a metamorfní) a naopak byly vzaty v úvahu parametry diskontinuit horninového masivu. Verifikace modelu měla dosáhnout ideálně přesnosti $\pm (\tau_{approx} - \tau_{experim}) \rightarrow 0$. V prvním kroku byl proveden výpočet určité "masivnosti" testovaných hornin (viz Tab.28) parametrem

$$Q_{rate} = \rho_{vmean} / UCS_{mean} \quad (57)$$

a jeho funkční zobrazení vůči RQD_{mean} a GSI (Obr.92a,b.).



Obr. 92 Závislost mezi kvocientem Q_{rate} (osa y), GSI (a) a RQD_{mean} (osa x) (b)

I když získaná aproximace není příliš silná, byla použita jako dostačující pro další proces. V souladu s Obr.92a,b provedeme substituci jako:

$$Q_{rate} = 196.95 RQD_{mean}^{-0.356} \xrightarrow{\text{subst.}} q = f(RQD_{mean}) \quad (58)$$

a

$$Q_{rate} = 1178.79 GSI^{-0.766} \xrightarrow{\text{subst.}} q' = f(GSI) \quad (59)$$

kde q a q' reprezentují korelační funkce. Ve druhém kroku byla provedena samostatná analýza dat pro každý zatěžovací test (Tab.29).

Tab.28 Shrnutí lokalit a jejich základní charakteristika

Č. lokality	Lokalita	Petrografický typ	UCSmean [MPa]	$\rho_{y,mean}$ [kg.m ⁻³]	Korelovaná UTS## [MPa]	RQDmean [%]	GSI [-]	Qrate [m ² .s ⁻²]
1	Dolní Kounice	Granodiorit,typ Tetčice	74	2618	7.2	41	52	35.4
2	Ústí n. Labem – Mariánská skála	Trachyt	65	2423	6.5	51***	65.9	37.3
3	Velké Opatovice	Písčité slínovec	55	2152	1.4	76	56	39.1
4	Hrob	Dvojslídna pararula	29*	2519*	1.7*	13***	32.8	86.7
5	Velkolom Čertovy Schody	Mikritický vápenec	51	2669	1.3	68	64	52.3
6	Dolní Žleb	Křemenný pískovec	31	2016	0.9	73	59.9	65
7	Lom Vlastějovice	Ortorula, skarn	66	2579	6.1	24	41.1	39.1
8	Hanušovice	Amfibolit	62	2869	5.6	39	48.6	46.3
9	Vilémov	Fylit až kvarcit	50	2628	3.9	52	57.5	52.6
10	Železný Brod	Dvojslídny fylit	29**	2535**	0.1**	21***	28	87.4
11	Vrané nad Vltavou	Tufit	86	2627	2	83	70.6	30.5
12	Štěchovice	Břidlice	29	2690	0.9	68	67	92.8
13#	Mělník – Na Polabí	Vápnitý slínovec	20	2288	0.7	57	39	114.4
14#	Pomezní Boudy	Rula	77	2642	7.8	71	-	34.3
15#	Tišnov - Trmačov	Arkóza	53	2641	1.4	58	-	49.8
16#	Český Krumlov J1	Krystalický vápenec	46	2838	3.4	100	-	61.7
17#	Český Krumlov J2	Krystalický vápenec	106	2822	13.1	65	-	26.6
18#	Český Krumlov J3	Krystalický vápenec	103	2841	12.5	100	-	27.6
19#	Český Krumlov J4	Krystalický vápenec	86	2851	9.3	53	-	33.2
20#	Český Krumlov J5	Krystalický vápenec	102	2851	12.3	80	-	28
21#	Dlouhá Třebová V1	Vápnitý slínovec	66	2531	1.6	50	-	38.3
22#	Dlouhá Třebová V2	Vápnitý slínovec	101	2427	2.2	54	-	24
23#	Česká Skalice 1	Vápnitý slínovec	100	2569	2.2	76	-	25.7
24#	Česká Skalice 2	Vápnitý slínovec	74	2495	1.7	50	-	33.7

Pozn.: *) 2 vzorky, **) 1 vzorek Schmidtovo kladivo z metráže 2 m, ***) podle Palmströma (2005), #) doplňkové lokality (archiv autora), ##) podle Kima a Lade (1984), Qrate: poměr $\rho_{y,mean}$ a UCSmean; RQDmean podle Deera (1966)

Hodnota GSI je dána vztahem (48). Nově byl definován index RQD_w jako vážená hodnota podle délky upnutí v běžném metru vrtného jádra, kde $RQD_1 \cdot d_b$ platí pro $d_b \leq 1,0$ m, $(RQD_1 + RQD_2 \cdot (d_b - 1)) / d_b$ platí pro $1,0$ m $< d_b \leq 2,0$ m a $(RQD_1 + RQD_2 + RQD_3 \cdot (d_b - 2)) / d_b$ platí pro $2,0$ m $< d_b \leq 3,0$ m.

Tab.29 Databáze vstupních parametrů

Číslo zatěž. zkoušky	$2r_b$ [mm]	d_b [m]	Typ tyče	Typ upnutí	$2rr$ [mm]	RQDw [%]	τ_b [MPa]	F_b [kN]	ε [%]	J_r [-]	J_a [-]	J_{Cond89} [-]	GSI [-]	Objektivní funkce			
														q	p	q'	p'
L10-S10	36	1	C	E	22	44	0.50	56	0.02	2	4	11.7	39.5	51.20	56.01	70.54	0.007
L10-S11	36	0.8	C	E	22	33	0.44	37	0.01	2	4	11.7	34.0	56.72	49.34	79.13	0.006
L4-S13	36	2	C	E	22	9	0.34	76	0.02	2	2	17.5	30.8	90.08	38.00	85.46	0.004
L4-S17	51	1	C	E	22	11	0.36	57	0.02	2	2	17.5	31.8	83.87	57.00	83.39	0.004
L7-S5	36	1.5	C	E	22	32	0.32	54	0.02	2.5	2	19.4	45.2	57.35	36.01	63.66	0.005
L8-S16	36	1	C	E	22	36	0.92	104	0.03	2.5	2	19.4	47.2	54.99	104.02	61.58	0.015
L9-S9	36	0.5	C	E	22	38	1.10	62	0.02	3	3	17.5	45.3	53.95	124.02	63.57	0.017
L10-S13	51	1	I	E	32	44	0.92	148	0.02	2	4	11.7	39.5	51.20	148.02	70.54	0.013
L10-S14	51	0.8	I	E	32	33	0.54	65	0.01	2	4	11.7	34.0	56.72	86.68	79.13	0.007
L10-S15	51	0.5	I	E	32	22	0.95	76	0.01	2	4	11.7	28.5	65.53	152.01	90.58	0.010
L8-S19	51	1.5	I	E	32	43	0.50	119	0.02	2.5	2	19.4	50.7	51.62	79.34	58.29	0.008
L8-S20	51	1	I	E	32	36	0.34	54	0.01	2.5	2	19.4	47.2	54.99	54.01	61.58	0.005
L10-S4	36	1	R	E	25	44	0.67	76	0.08	2	4	11.7	39.5	51.20	76.01	70.54	0.010
L4-S7	36	1.5	R	E	25	9	0.36	61	0.06	2	2	17.5	30.8	90.08	40.67	85.46	0.004
L4-S9	36	1	R	E	25	11	1.09	123	0.13	2	2	17.5	31.8	83.87	123.01	83.39	0.013
L7-S11	36	2	R	E	25	30	0.52	117	0.12	2.5	2	19.4	44.2	58.68	58.51	64.76	0.008

VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky
Řešení některých problémů stability horniny ve svazích a stěnách s optimalizací kotevních prvků

L7-S12	36	1.5	R	E	25	32	0.68	116	0.12	2.5	2	19.4	45.2	57.35	77.35	63.66	0.011
L7-S13	36	1	R	E	25	36	0.98	111	0.11	2.5	2	19.4	47.2	54.99	111.02	61.58	0.016
L8-S10	36	2	R	E	25	47	0.50	113	0.12	2.5	2	19.4	52.7	50.01	56.51	56.59	0.009
L8-S11	36	1.5	R	E	25	43	0.67	114	0.12	2.5	2	19.4	50.7	51.62	76.01	58.29	0.012
L9-S4	36	1	R	E	25	75	0.94	106	0.11	3	2	21.0	69.0	42.35	106.02	46.01	0.020
L9-S6	36	0.5	R	E	25	38	2.09	118	0.12	3	2	21.0	50.5	53.95	236.04	58.44	0.036
L7-S2	51	1.5	RI	E	32	32	0.19	46	0.03	2.5	2	19.4	45.2	57.35	30.67	63.66	0.003
L7-S3	51	1	RI	E	32	36	0.37	60	0.04	2.5	2	19.4	47.2	54.99	60.01	61.58	0.006
L10-S2	36	0.8	R	L	25	33	1.33	113	0.12	2	4	11.7	34.0	56.72	150.69	79.13	0.017
L10-S3	36	0.5	R	L	25	22	0.12	7	0.01	2	4	11.7	28.5	65.53	14.00	90.58	0.001
L10-S7	36	1	C	L	22	44	1.09	123	0.04	2	4	11.7	39.5	51.20	123.02	70.54	0.015
L10-S8	36	0.8	C	L	22	33	0.06	5	0.00	2	4	11.7	34.0	56.72	6.67	79.13	0.001
L10-S9	36	0.5	C	L	22	22	0.14	8	0.00	2	4	11.7	28.5	65.53	16.00	90.58	0.002
L4-S10	36	2.5	C	L	22	11	0.42	119	0.04	2	2	17.5	31.8	83.87	47.61	83.39	0.005
L4-S14	36	1.5	C	L	22	9	0.43	73	0.02	2	2	17.5	30.8	90.08	48.67	85.46	0.005
L4-S2	51	2	I	L	32	9	0.35	112	0.02	2	2	17.5	30.8	90.08	56.01	85.46	0.004
L4-S3	51	1.5	I	L	32	9	0.47	112	0.02	2	2	17.5	30.8	90.08	74.67	85.46	0.005
L4-S6	36	2	R	L	25	9	0.69	157	0.16	2	2	17.5	30.8	90.08	78.51	85.46	0.008
L4-S8	36	1	R	L	25	11	0.58	65	0.07	2	2	17.5	31.8	83.87	65.01	83.39	0.007
L7-S10	36	1	C	L	25	36	1.01	114	0.03	2.5	2	19.4	47.2	54.99	114.02	61.58	0.016
L7-S14	36	2.5	R	L	25	26	0.39	111	0.11	2.5	2	19.4	42.2	61.75	44.41	67.10	0.006
L7-S15	36	2	R	L	25	30	0.54	123	0.13	2.5	2	19.4	44.2	58.68	61.51	64.76	0.008
L7-S17	36	1	R	L	25	36	1.11	126	0.13	2.5	2	19.4	47.2	54.99	126.02	61.58	0.018
L7-S8	36	2	C	L	22	30	0.47	106	0.03	2.5	2	19.4	44.2	58.68	53.01	64.76	0.007
L9-S10	36	1	C	L	22	75	1.42	161	0.05	3	2	21.0	69.0	42.35	161.03	46.01	0.031
L9-S11	36	0.8	C	L	22	56	1.88	159	0.05	3	2	21.0	59.5	46.99	212.04	51.54	0.036
L9-S12	36	0.5	C	L	22	38	1.04	59	0.02	3	2	21.0	50.5	53.95	118.02	58.44	0.018
L9-S3	36	0.5	R	L	25	38	2.02	114	0.12	3	2	21.0	50.5	53.95	228.04	58.44	0.035
L11-S11	51	0.5	RI	E	32	29	1.35	108	0.07	2.5	2	19.4	43.7	59.39	216.02	65.33	0.021
L11-S14	36	1	C	E	22	58	0.96	109	0.03	2.5	2	19.4	58.2	46.41	109.02	52.44	0.018
L11-S15	36	0.5	R	E	25	29	2.14	121	0.12	2.5	2	19.4	43.7	59.39	242.04	65.33	0.033
L11-S16	36	0.8	R	E	25	44	1.88	159	0.16	2.5	2	19.4	51.2	51.20	212.04	57.86	0.032
L11-S17	36	1	R	E	25	58	1.00	113	0.12	2.5	2	19.4	58.2	46.41	113.02	52.44	0.019
L11-S8	36	0.8	R	E	25	44	1.13	96	0.10	2.5	2	19.4	51.2	51.20	128.02	57.86	0.020
L11-S9	36	0.5	R	E	25	29	2.02	114	0.12	2.5	2	19.4	43.7	59.39	228.03	65.33	0.031
L12-S10	36	1	C	E	22	44	1.88	213	0.07	2	1	23.3	57.0	51.20	213.04	53.26	0.035
L12-S11	36	0.8	C	E	22	33	1.31	111	0.03	2	1	23.3	51.5	56.72	148.02	57.57	0.023
L12-S12	36	0.5	C	E	22	22	1.08	61	0.02	2	1	23.3	46.0	65.53	122.02	62.77	0.017
L12-S7	36	0.5	R	E	25	22	1.26	71	0.07	2	1	23.3	46.0	65.53	142.02	62.77	0.020
L12-S8	36	0.8	R	E	25	33	1.62	137	0.14	2	1	23.3	51.5	56.72	182.70	57.57	0.028
L3-S11	36	1	C	E	22	60	1.03	116	0.04	1.5	3	11.7	47.5	45.85	116.02	61.25	0.017
L3-S12	36	1	C	E	22	60	1.53	173	0.05	1.5	3	11.7	47.5	45.85	173.03	61.25	0.025
L3-S15	51	1	I	E	32	60	0.69	111	0.02	1.5	3	11.7	47.5	45.85	111.02	61.25	0.011
L3-S7	36	2	R	E	25	71	0.39	89	0.09	1.5	3	11.7	53.0	43.18	44.51	56.32	0.007
L3-S8	36	1.5	R	E	25	67	1.04	177	0.18	1.5	3	11.7	51.0	44.08	118.02	58.00	0.018
L3-S9	36	1.5	C	E	22	67	0.67	114	0.04	1.5	3	11.7	51.0	44.08	76.02	58.00	0.012
L5-S2	36	1	C	E	22	56	1.10	124	0.04	2	2	20.0	58.0	46.99	124.02	52.56	0.021
L5-S3	36	1.5	C	E	22	62	0.73	123	0.04	2	2	20.0	61.0	45.32	82.02	50.57	0.014
L6-S11	36	1	R	E	25	88	1.43	162	0.17	2	3	15.6	67.3	40.01	162.04	46.88	0.031
L6-S14	51	1.5	I	E	32	81	0.63	151	0.02	2	3	15.6	63.8	41.20	100.68	48.84	0.013
L6-S9	36	1.5	R	E	25	81	0.35	59	0.06	2	3	15.6	63.8	41.20	39.34	48.84	0.007
L12-S13	36	0.5	C	L	22	22	0.12	7	0.00	2	1	23.3	46.0	65.53	14.00	62.77	0.002
L12-S14	36	0.8	C	L	22	33	0.59	50	0.02	2	1	23.3	51.5	56.72	66.68	57.57	0.010
L12-S15	36	1	C	L	22	44	0.64	72	0.02	2	1	23.3	57.0	51.20	72.01	53.26	0.012
L12-S16	36	1	R	L	25	44	1.00	113	0.12	2	1	23.3	57.0	51.20	113.02	53.26	0.019
L12-S17	36	0.8	R	L	25	33	1.18	100	0.10	2	1	23.3	51.5	56.72	133.35	57.57	0.020
L12-S18	36	0.5	R	L	25	22	0.46	26	0.03	2	1	23.3	46.0	65.53	52.01	62.77	0.007
L3-S19	36	1	C	G	22	60	0.44	50	0.02	1.5	3	11.7	47.5	45.85	50.01	61.25	0.007
L3-S2	36	2	C	L	22	71	0.53	119	0.04	1.5	3	11.7	53.0	43.18	59.51	56.32	0.009
L3-S20	36	1	R	G	25	60	0.60	68	0.07	1.5	3	11.7	47.5	45.85	68.01	61.25	0.010
L3-S21	36	1	C	G	22	60	1.07	121	0.04	1.5	3	11.7	47.5	45.85	121.02	61.25	0.017
L3-S22	36	1	R	G	25	60	1.03	116	0.12	1.5	3	11.7	47.5	45.85	116.02	61.25	0.017

L3-S4	36	1.5	C	L	22	67	1.11	189	0.06	1.5	3	11.7	51.0	44.08	126.03	58.00	0.019
L3-S5	36	1	R	L	25	60	0.69	78	0.08	1.5	3	11.7	47.5	45.85	78.02	61.25	0.011
L3-S6	36	1	C	L	22	60	1.04	118	0.04	1.5	3	11.7	47.5	45.85	118.02	61.25	0.017
L5-S1	36	2	R	L	25	66	0.51	116	0.12	2	2	20.0	63.0	44.32	58.01	49.33	0.010
L5-S10	36	2	C	L	22	66	0.50	112	0.04	2	2	20.0	63.0	44.32	56.01	49.33	0.010
L6-S3	36	1.5	R	L	25	81	0.72	122	0.12	2	3	15.6	63.8	41.20	81.35	48.84	0.015
L6-S6	36	1	C	L	22	88	1.65	186	0.06	2	3	15.6	67.3	40.01	186.04	46.88	0.035
L1-S1	51	2.5	I	E	32	42	0.54	216	0.03	3	2	21.0	52.5	52.06	86.41	56.73	0.010
L1-S11	36	1	C	E	22	22	1.26	142	0.04	3	2	21.0	42.5	65.53	142.02	66.69	0.019
L1-S3	51	1.5	I	E	32	36	0.25	61	0.01	3	2	21.0	49.5	54.99	40.67	59.34	0.004
L1-S4	51	1	I	E	32	22	0.92	147	0.02	3	2	21.0	42.5	65.53	147.01	66.69	0.014
L1-S8	36	2	C	E	22	43	0.97	219	0.07	3	2	21.0	53.0	51.62	109.52	56.32	0.017
L2-S11	36	1.5	R	E	25	29	0.40	68	0.02	2.5	1	26.9	54.9	59.39	45.34	54.83	0.007
L2-S7	36	1	C	E	22	34	1.89	214	0.07	2.5	1	26.9	57.4	56.12	214.03	52.99	0.036
L1-S15	36	1.5	R	L	25	36	0.95	161	0.04	3	2	21.0	49.5	118.35	107.34	52.42	0.018
L2-S1	36	1	C	L	22	34	0.61	69	0.02	2.5	1	26.9	57.4	138.97	69.00	49.80	0.012
L2-S14	51	1	I	L	32	34	0.51	81	0.01	2.5	1	26.9	57.4	138.97	81.00	49.80	0.010
L2-S16	51	2	I	L	32	27	0.23	73	0.01	2.5	1	26.9	53.9	265.54	36.50	50.90	0.004
L2-S2	36	1.5	C	L	22	29	0.57	96	0.03	2.5	1	26.9	54.9	217.25	64.00	50.57	0.011

Pozn.: r_b : průměr vrtu [mm], r_r : průměr tyče [mm], RQDw: vážené RQD1...n podle d_b , Jr: index drsnosti, Ja: index zvětrání, JCond89: hodnocení stavu diskontinuit, q a q' : regresní funkce, p a p' : objektivní funkce, ϵ : přetvoření tyče

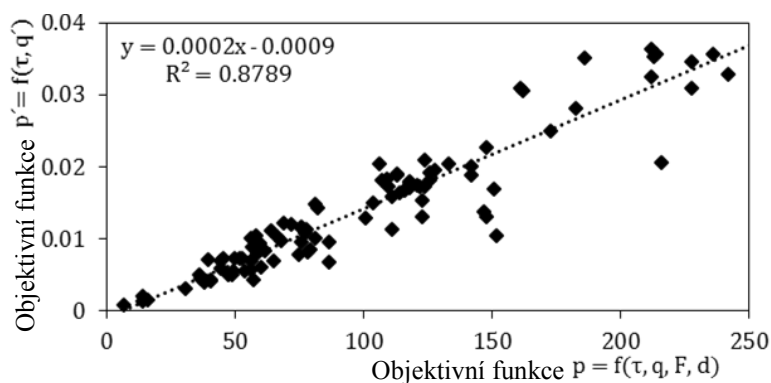
Třetím krokem byla linearizace dat pomocí objektivních funkcí p a p' ve tvaru:

$$p = \tau_b/q + F_b/d_b \quad (60)$$

a

$$p' = \tau_b/q' \quad (61)$$

kde funkce q , q' jsou popsány rov. (58) a (59).



Obr.93 Linearizace pomocí objektivních funkcí p (osa x) a p' (osa y)

Objektivní funkce (60) a (61) byly aproximovány pomocí lineární křivky (Obr.93) ve tvaru:

$$10^4 p' = 2p - 9 \quad (62)$$

Nyní bylo možné substituovat p' z rovnice (61) a q' z rovnice (59), což vede k:

$$\tau_b = \frac{2947(2p - 9)}{25000 \text{ GSI}^{0.77}} \quad (63)$$

Substitucí p z rov. (60)

$$\tau_b = \frac{2947q(9d_b - 2F_b)}{2d_b(2947 - 12500q \text{ GSI}^{77/100})} \quad (64)$$

a q z rov. (58)

$$\tau_b = \frac{580559(9d_b - 2F_b)}{2d_b(2947RQD^{9/25} - 2462500GSI^{77/100})} \quad (65)$$

dostáváme po zjednodušení základní řešení ve tvaru:

$$\tau_b = \frac{k_1(4.5d_b - F_b)}{d_b(k_2RQD_w^{k_3} - k_4GSI^{k_5})} \quad (66)$$

kde členy $k_{1...5}$ [-] reprezentují vstupní iterační koeficienty pro citlivostní analýzu. Hodnota GSI je dána rov. (48) nebo přímým zadáním.

3.3 Citlivostní analýza plášťového tření a technologie

Po sestavení základního řešení bylo nutné provést analýzu citlivosti. Pro tento účel byla použita metoda sdružených gradientů (CG) s lineárním vyhledáváním. Jako určující funkce byla zvolena suma kvadrátů rozdílů (SSD) přibližného a experimentálního plášťového tření jako:

$$SSD = \min_{\tau > 0} \sum_{i=1}^n (\tau_{approx_i} - \tau_{exp_i})^2 \quad (67)$$

s konvergenčním kritériem $\xi = \|SSD^{(k+1)} - SSD^{(k)}\| < 10^{-9}$. Pro možnost rozlišení vlivu technologie upnutí byla data rozdělena do 3 skupin, řešených separátně. Počáteční podmínky byly převzaty z rovnice (66). Dosažené počáteční výsledky viz levá polovina Tab.30.

Tab.30 Výsledky citlivostní analýzy plášťového tření a typu upnutí

Faktor	Vstupy →				→ Prvotní výsledky				Vstupy →				→ Konečné výsledky			
	**Prvotní řešení	Upnutí typ E c.zálivkou	Upnutí typ E c. injektáží	Upnutí typ L pryskyřicí	**Konečné řešení	Tmel typu E zalitím	Tmel typu E injektáží	Tmel typu L rozmixováním	**Konečné řešení	Tmel typu E zalitím	Tmel typu E injektáží	Tmel typu L rozmixováním	**Konečné řešení	Tmel typu E zalitím	Tmel typu E injektáží	Tmel typu L rozmixováním
k_1	580559	76405.56	49351.14	81248.68	*1000UCS _{mean}	57000 const.	51000 const.	44000 const.								
k_2	2947	2953.59	2944.36	2936.59	* ρ_{mean}	2539 const.	2550 const.	2474 const.								
k_3	9/25	0.363	0.360	0.358	1/2		konst.									
k_4	2462500	8390779.58	7635379.64	8138386.27	initial k_4	1695651.30 [#]	2289071.07 [#]	1292695.52 [#]								
k_5	77/100	0	0	0.022	1/3		konst.									
SSD	17.71	0.012	0.002	0.015	-	0.105	0.036	0.117								

Pozn.: SSD: suma kvadrátů rozdílů, k : iterační koeficient, (*) průměrná hodnota pro příslušný soubor dat, **) z rov. (65), (***) do rov. (68), #) do rov. (73)

Výsledky ukazují, že faktor k_5 je snížen na nulu, což by znamenalo ztrátu hodnoty GSI. Navíc, během linearizace rov. (62) byly ztraceny hodnoty ρ_{vmean} a UCS_{mean} , což nebylo původně zamýšleno. Z dosažených iniciálních hodnot faktorů k_1 a k_2 je ale zřejmé, že se velmi přibližují průměrným hodnotám ρ_{vmean} a UCS_{mean} celého souboru dat. Proto byly v dalším cyklu nastaveny jako konstanty. Faktor k_5 byl nastaven na hodnotu 1/3, aby nedošlo ke ztrátě parametru GSI pro další analýzu. Faktor k_3 byl pro jednoduchost zaokrouhlen na 1/2. Jako proměnná byla proto v konečném řešení řešena jediná složka k_4 , která představuje vliv technologie upnutí.

Dosažené konečné výsledky viz pravá polovina Tab.30. Během jednotlivých iterací byla vedle dosažené přesnosti sledována také konvergence jednotlivých faktorů (Tab.31a,b,c).

Tab.3.1 a,b,c Záznam iteračních kroků pro typ E zálivkou (a), typ E injektáží (b) a typ L rozmixováním (c)

(a)

n	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	SSD	ζ
0	580559	2947	9/25	2462500	77/100	4.471	0
1	567311.7650	2946.98510	0.35999765	2518701.30	0.82227675	0.57048330	3.90096010
2	382532.1108	2946.49442	0.35999053	3425390.00	0.63510640	0.36630865	0.20417465
3	320229.2889	2946.34212	0.35998845	3692623.25	0.57649150	0.28918842	0.07712023
4	296785.9782	2946.29543	0.35999502	3833691.31	0.55022163	0.27693891	0.01224951
5	235166.5779	2946.27465	0.36009029	4531512.58	0.44950559	0.20685161	0.07008730
6	174376.3513	2946.40950	0.36028451	5579158.40	0.31618941	0.09908243	0.10776918
7	169596.5969	2946.49703	0.36033569	5740074.92	0.29836909	0.08866505	0.01041737
8	138657.1049	2946.69868	0.36048248	6314082.42	0.22691575	0.06160145	0.02706360
9	124843.5073	2947.31077	0.36074933	6762601.69	0.17740563	0.04375500	0.01784645
10	111426.9841	2947.61321	0.36089564	7093329.45	0.13890563	0.02826794	0.01548705
11	106915.6845	2947.75320	0.36095808	7212805.12	0.12520935	0.02644701	0.00182093
12	99080.1427	2948.37394	0.36119252	7460443.02	0.09787115	0.02293162	0.00351539
13	80945.0756	2951.55067	0.36230822	8189889.42	0.02086495	0.01233274	0.01059888
14	80468.7731	2951.62509	0.36233418	8207461.25	0.01898232	0.01230261	0.00003013
15	76305.8266	2952.75392	0.36271224	8389953.36	0.00000000	0.01206149	0.00024112
16	76408.7790	2952.83433	0.36273659	8390832.76	0.00000000	0.01197802	0.00008347
17	76407.9749	2952.90017	0.36275571	8390823.64	0.00000000	0.01197801	0.00000000
18	76405.5643	2953.59050	0.36295619	8390779.58	0.00000000	0.01197798	0.00000003

(b)

n	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	SSD	ζ
0	580559	2947	9/25	2462500	77/100	8.266	0
1	539141.1737	2946.94773	0.35999218	2638220.58	0.92400000	0.26551295	8.00086103
2	488749.0600	2946.97303	0.36000095	2727900.29	0.90589711	0.23630922	0.02920372
3	372637.2600	2946.69320	0.35997828	3219984.82	0.79485062	0.19471074	0.04159848
4	286866.7056	2946.38200	0.35994993	3724786.86	0.68787399	0.16137616	0.03333458
5	144663.2205	2945.42826	0.35985657	5214701.60	0.40241125	0.05871995	0.10265621
6	149517.7343	2945.41126	0.35985462	5237721.61	0.39993107	0.04968304	0.00903691
7	109237.0516	2945.05307	0.35982257	5823039.63	0.29390863	0.03346553	0.01621751
8	106938.8935	2944.98570	0.35981987	5955655.70	0.27280367	0.02556368	0.00790184
9	88801.2469	2944.78617	0.35980542	6305664.83	0.21192501	0.01738864	0.00817504
10	82638.0649	2944.71410	0.35980156	6442446.57	0.18863859	0.01586546	0.00152318
11	67925.5291	2944.52614	0.35980151	6870902.55	0.11867341	0.00940044	0.00646501
12	67163.9490	2944.51231	0.35980811	6950487.04	0.10706297	0.00660506	0.00279538
13	57863.1903	2944.40432	0.35981530	7252452.84	0.05864846	0.00430948	0.00229558
14	48919.3545	2944.32853	0.35984193	7632136.61	0.00000000	0.00266309	0.00164639
15	49352.9566	2944.33739	0.35984476	7635405.54	0.00000000	0.00221263	0.00045046
16	49351.6092	2944.34160	0.35984594	7635393.05	0.00000000	0.00221263	0.00000000
17	49351.5000	2944.34347	0.35984646	7635391.18	0.00000000	0.00221263	0.00000000
18	49351.3516	2944.34832	0.35984782	7635387.31	0.00000000	0.00221263	0.00000000
19	49351.1389	2944.35904	0.35985081	7635379.64	0.00000000	0.00221263	0.00000000

(c)

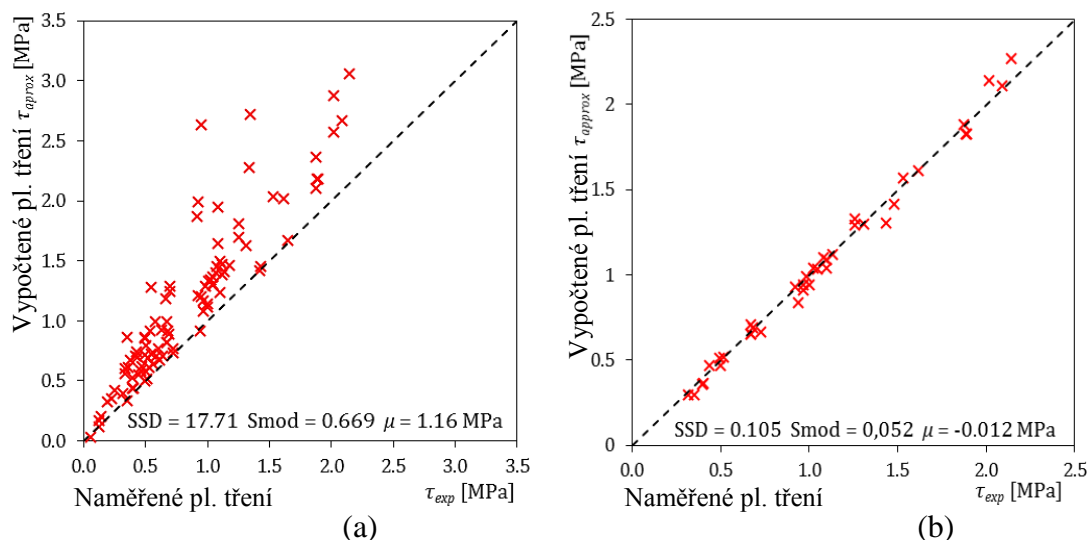
n	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	SSD	ζ
0	580559	2947	9/25	2462500	77/100	2.629	0
1	567954.4482	2946.98431	0.35999743	2515975.96	0.81901509	0.70338141	1.92525861
2	337957.6289	2946.13770	0.35991009	3549010.80	0.60212306	0.39698326	0.30639815
3	210401.2751	2945.28813	0.35983356	4968615.12	0.38735090	0.15582934	0.24115392
4	200598.3010	2945.24123	0.35982988	5044247.02	0.37459182	0.14860649	0.00722286
5	169350.7140	2945.06656	0.35983506	5482617.94	0.31287400	0.11557698	0.03302950
6	137165.0486	2944.91073	0.35988639	6106050.23	0.23181343	0.07188230	0.04369468
7	133778.9071	2944.92292	0.35992782	6279776.55	0.21241975	0.05334744	0.01853486
8	113252.3590	2944.91611	0.36000433	6724599.87	0.15620639	0.03585719	0.01749025
9	104016.3569	2944.98584	0.36007346	6967181.69	0.12677962	0.03133175	0.00452544
10	74387.6237	2945.93798	0.36063762	8083472.85	0.00000000	0.01642110	0.01491065
11	74381.7907	2945.93741	0.36063743	8083425.84	0.00145337	0.01534177	0.00107933
12	75474.3658	2944.47066	0.36022237	8092170.35	0.00447831	0.01527408	0.00006768
13	78198.1986	2940.82266	0.35918988	8113994.13	0.01313219	0.01499137	0.00028271
14	79408.6588	2939.18871	0.35872752	8123684.04	0.01681997	0.01495500	0.00003637
15	81255.2171	2936.59233	0.35799332	8138389.06	0.02195074	0.01490812	0.00004688
16	81255.2171	2936.59233	0.35799332	8138389.06	0.02195074	0.01490812	0.00000000
17	81253.0489	2936.59231	0.35799332	8138389.40	0.02195176	0.01490809	0.00000003
18	81248.6755	2936.59145	0.35799308	8138386.27	0.02193833	0.01490809	0.00000000

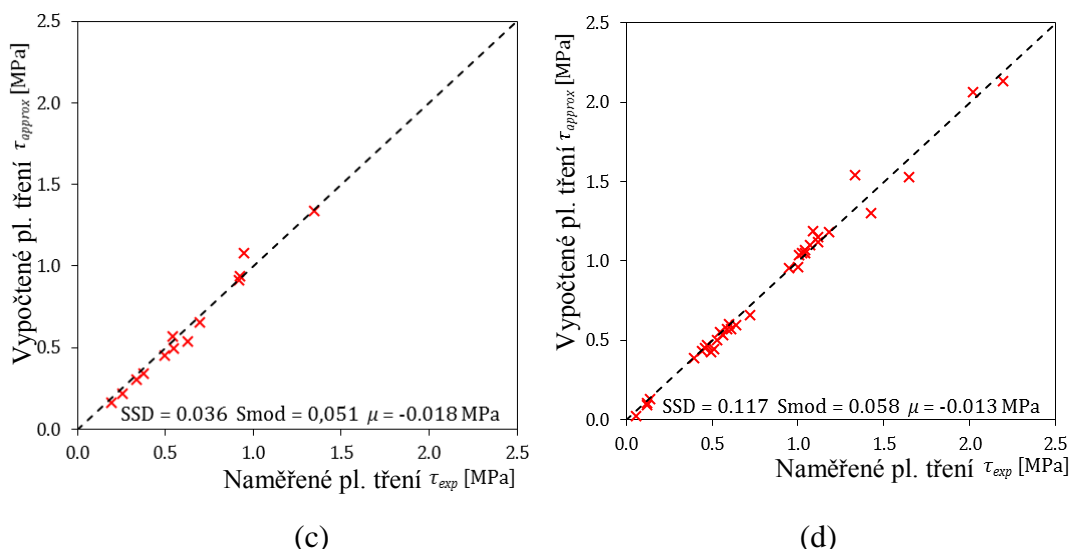
Po dosazení faktorů $k_1 \dots k_5$ do rovnice (11) dostaneme:

$$\tau_b = \text{UCS}_{\text{mean}} \frac{F_b - 4.5d_b}{d_b(k_4^3 \sqrt{\text{GSI}} - \rho_{\text{mean}} \sqrt{\text{RQD}_w})} \quad (68)$$

kde UCS_{mean} pro je pro zjednodušení dosazena v kPa. Pro další aplikace byl faktor k_4 zaokrouhlen v řádu 10^5 , hodnota SSD se téměř nezměnila.

Přehled výsledků je vyjádřen pomocí rozptylových diagramů. Počáteční stav (Obr.94a) ukazuje významnou nerovnováhu mezi experimentálně a numericky dosaženými hodnotami plášťového tření. To je stav pro celou sadu měření pro $n = 87$. Optimalizované výsledky (Obr.94b,c,d) byly získány řešením proměnné k_4 . Přesnost výsledků dosáhla hodnot od 0.01 do 0.02 MPa průměrné absolutní odchylky.



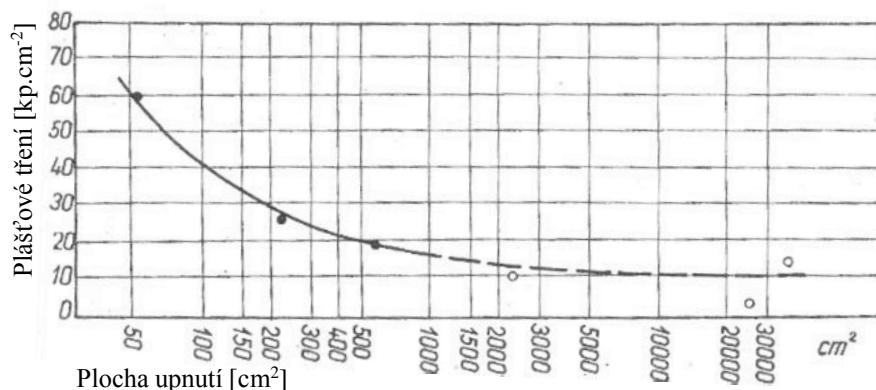


Obr.94a,b,c,d Rozptylové diagramy vypočteného (osa y) a naměřeného (osa x) plášťového tření: (a) kompletní soubor dat při prvotním řešení; finální řešení (b) cem. zálivka, (c) cem. injektáž, (d) chemická ampule

3.4 Citlivostní analýza kotevní délky

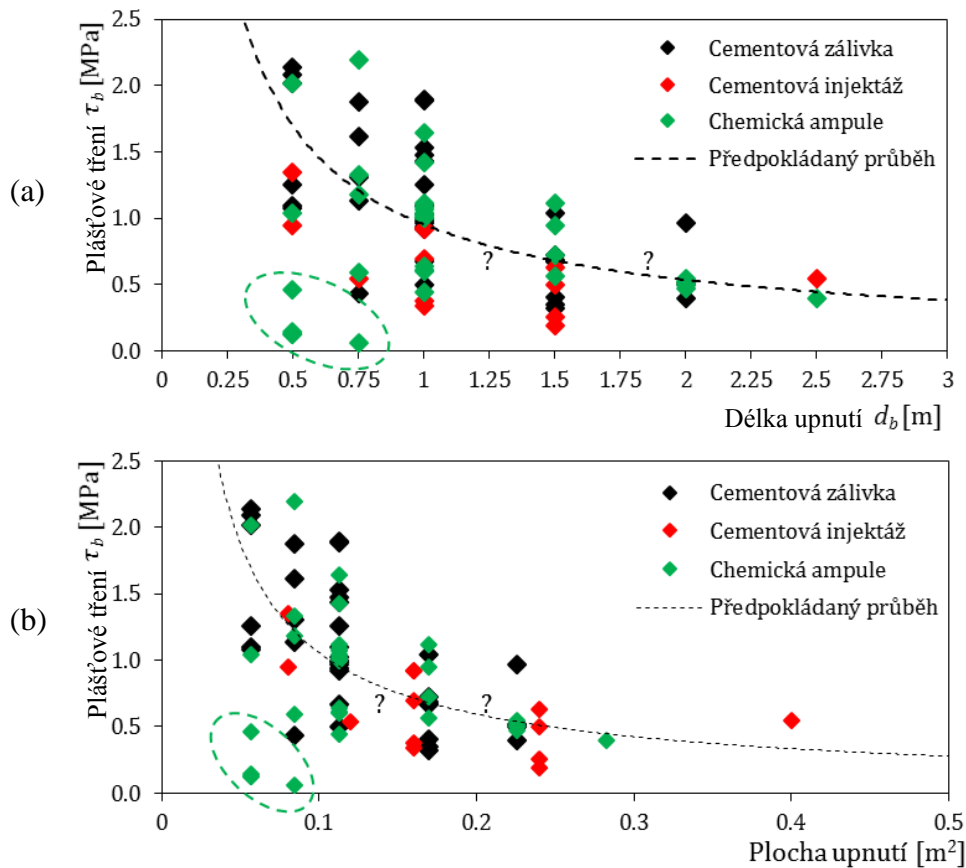
Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, výsledky zatěžovacích zkoušek a jejich interpretace jsou produktem mnoha proměnných. K citlivostní analýze kotevní délky bylo přistoupeno na základě závěrů publikovaných Hobstem a Zajicem (1972).

Během zatěžovacích zkoušek autoři zaznamenali, že dochází při malých změnách plochy zakotvení (cementová zálivka v pevných horninách) k mnohem podstatnějším rozdílům mezi dosaženým plášťovým třením (Obr.95). Při větších plochách už difference tření nebyly významné. Experimentální data v předchozích kapitolách plně korespondují s těmito zjištěními.



Obr.95 Nelineární závislost mezi naměřených plášťovým třením a plochou upnutí (upraveno podle Hobsta a Zajice 1972)

Zjištěné nelineární chování je také patrné v souvislosti s kotevní délkou (Obr.96a). Jelikož vlastní svorníky byly vkládány do vrtů dvou rozdílných průměrů (viz Tab.29), bylo pro korektnost výsledků provedeno přepočtení na plochu zakotvení. Výsledný trend je i tak konzistentní (Obr.96b).



Obr.96a,b Plášťové tření (osa y) ve vztahu k délce upnutí na ose x (a); ve vztahu k ploše upnutí (b) na ose x; zelenou elipsou označeno špatné promíchání chemické ampule

Předpokladem rozptylu hodnot je vliv parametrů jako je pevnost a rozpukání horniny, technologie provedení kotevní zálivky a velikost tahové síly na mezi porušení vazebného tření. Úkolem citlivostní analýzy kotevní délky bylo najít možné interakce mezi těmito parametry. Pro tyto účely byla použita metoda Monte Carlo (např. Hillar a Pruška 2011) s rovnoměrným a normálním rozdělením proměnných.

Vstupní hodnoty byly statisticky vyhodnoceny (Tab.32). Rovnoměrné rozdělení vyžadovalo dolní a horní meze proměnných, normální rozdělení pak průměr a směrodatnou odchylku.

Tab.32 Vstupní hodnoty pro generování pseudonáhodných proměnných

	Cementová zálivka					Cementová injektáž					Chemická ampule				
	UCS_{mean}	ρ_{mean}	RQD _w	GSI	τ_b	UCS_{mean}	ρ_{mean}	RQD _w	GSI	τ_b	UCS_{mean}	ρ_{mean}	RQD _w	GSI	τ_b
μ^*	56.61	2538.50	45.84	51.03	1.08	51.38	2550	41.85	45.51	0.63	43.74	2474.12	45.74	50.10	0.83
Smod*	20.033	226.263	17.067	7.559	0.525	28.858	236.157	21.965	8.694	0.330	20.741	226.691	18.699	10.632	0.507
Min**	29	2016	22	34	0.32	6	2016	21	28.5	0.19	6	2016	22	28.5	0.06
Max**	86	2869	88	69	2.14	86	2869	83	63.8	1.35	74	2690	88	70.5	2.19

Pozn.: Smod: směrodatná odchylka, *) normální rozdělení, **) rovnoměrné rozdělení

Takto zvolené parametry byly použity k vygenerování pseudonáhodných čísel pomocí lineárního kongruentního generátoru (LCG) ve tvaru:

$$u_{i+1} = (au_i + c) \text{ mod } m \quad (69)$$

s inicializací $0 \leq u_0 < m$, kde konstanta $a = 1140671485$, přírůstek $c = 12820163$ a modulo $m = 2^{24}$ jsou součástí MS Visual Basic. Vzorkování pro rovnoměrné rozdělení bylo ve tvaru:

$$f(x) = x_{min} + (x_{max} - x_{min})u \quad (70)$$

pro $0 \leq u \leq 1$. Normální rozdělení bylo vzorkováno pomocí funkce hustoty pravděpodobnosti (PDF):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (71)$$

kde parametry μ a σ reprezentují průměr a směrodatnou odchylku. Vzorek x byl stanoven pomocí LCG s pravděpodobností 95.45 %. V tomto případě byly vygenerovány rovnoměrně náhodné veličiny $U(0;1)$ a následně převedeny na hodnoty pomocí funkce:

$$probit(p) = 2^{1/2} \operatorname{erf}^{-1}(2p - 1) \quad (72)$$

kde erf představuje Gaussovu chybovou funkci. To umožňuje strojový výpočet nadstavby MS Excel. Jako dostatečně reprezentativní počet opakování bylo zvoleno $n \geq 1500$ (Příloha 04).

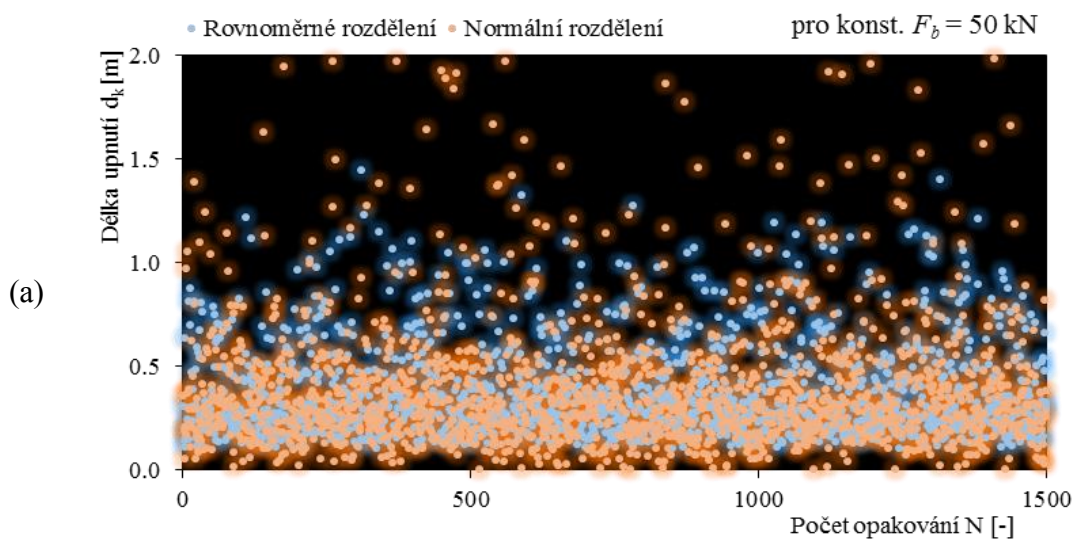
Po vygenerování náhodných proměnných (vstupní hodnoty z Tab.32) byla stanovena příslušná kotevní délka. Vyjádřením z rov. (68) dostaneme:

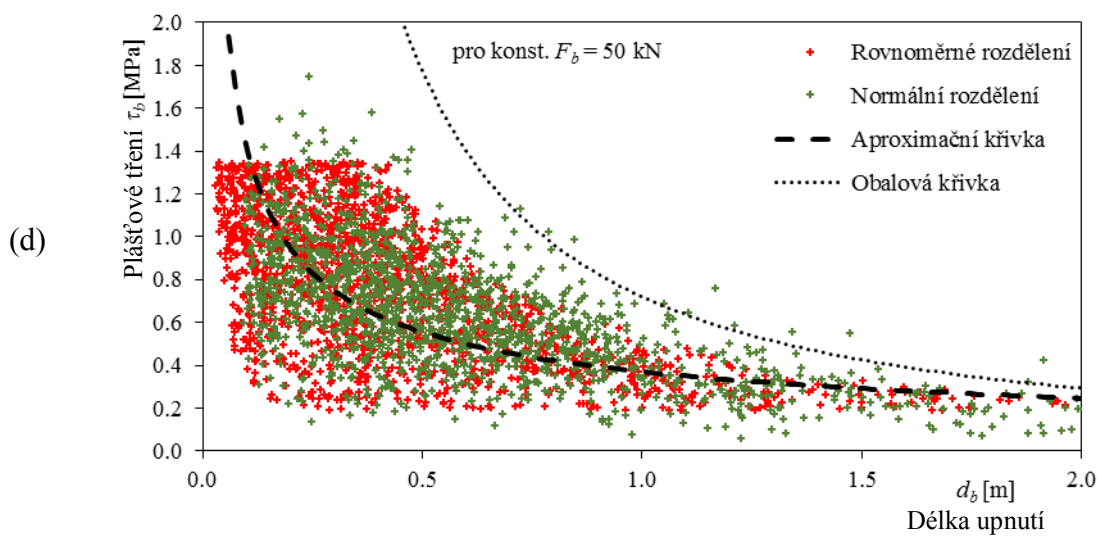
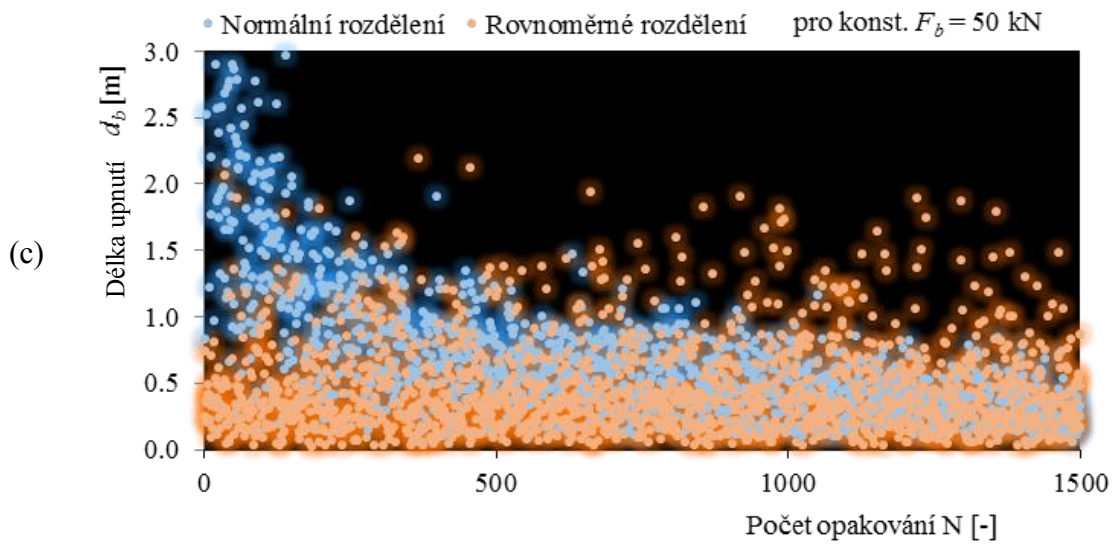
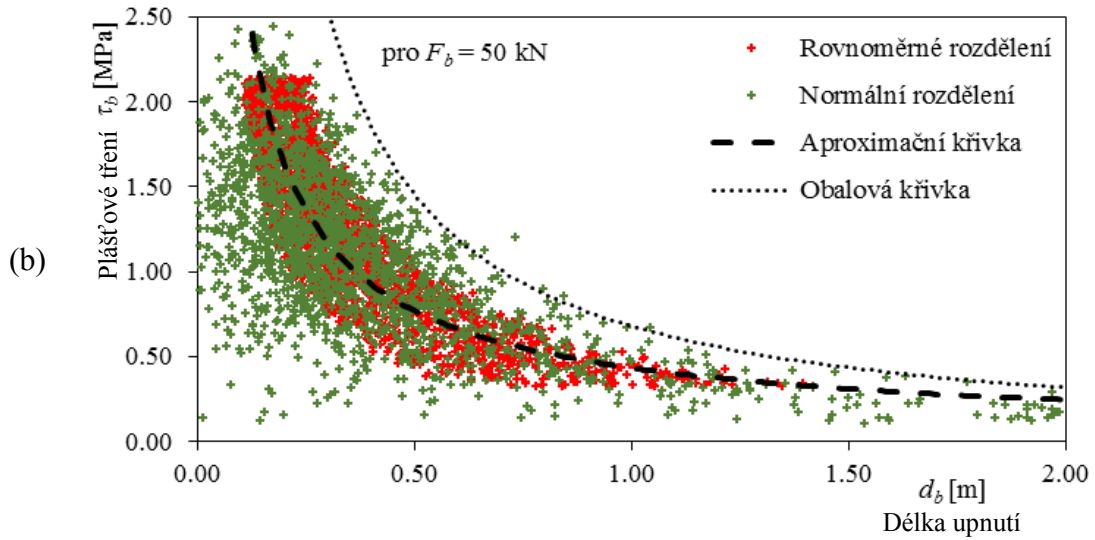
$$d_b = \frac{F_b \text{UCS}_{\text{mean}}}{4.5 \text{UCS}_{\text{mean}} - \tau_b (\rho_{\text{mean}} \sqrt{\text{RQD}_w} - k_4 \sqrt[3]{\text{GSI}})} \quad (73)$$

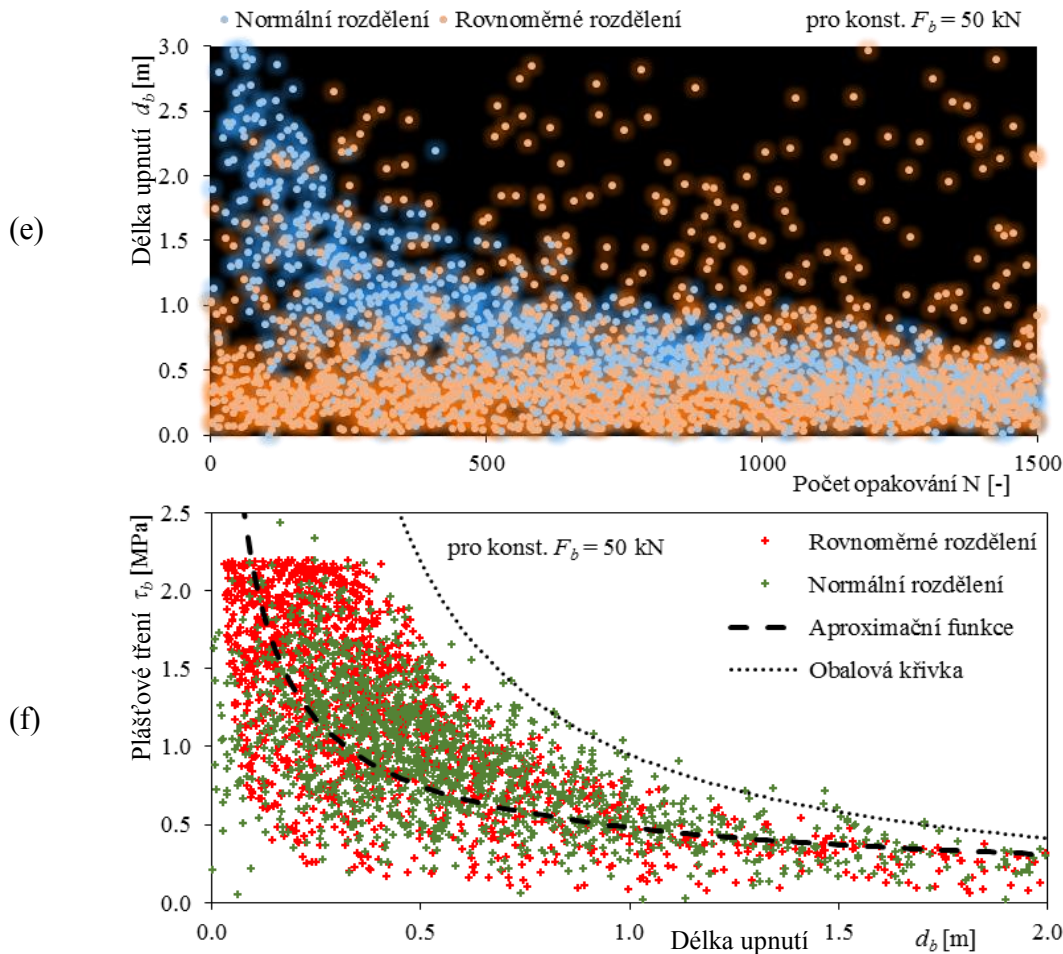
s UCS_{mean} pro zjednodušení v kPa. Hodnota součinitele k_4 činí po zaokrouhlení (podle Tab.32 vpravo):

- $17 \cdot 10^5$ pro cementovou zálivku,
- $23 \cdot 10^5$ pro nízkotlakou cementovou injektáž,
- $13 \cdot 10^5$ pro chemickou ampuli.

Silový účinek byl aplikován v sedmi úrovních $F_b = \text{konst.}$ (25; 50; 75; 100; 150; 200; 250) kN, což bylo využito aplikačně viz kap.4. Získané hodnoty kotevní délky byly zobrazeny vůči plášťovému tření, kdy $F_b = \text{konst.}$ se zohledněním tří typu technologie ukotvení. Grafický výstup 3 z celkových 21 případů ukazuje Obr.97a,b,c,d,e,f.







Obr.97a,b,b,c,d,e Ukázka (pro $F_b = 50$ kN) vygenerované délky upnutí (osa y) ve vztahu k počtu opakování (a, c, e); plášťového tření (osa y) ve vztahu ke kotevní délce (b, d, f); vše při konstantním silovém účinku $F_b = 50$ kN; cementová zálivka (a, b); cementová injektáž (c, d); chemická ampule (e, f); (c, e) normální rozdělení seřazeno podle velikosti

Jak se ukázalo a také předpokládalo, normální rozdělení věrohodně distribuuje funkční hodnoty a jejich hustotu. Naopak rovnoměrné rozdělení působí kontrastně svojí konzervativní snahou zintegrovat vymezenou oblast s konstantní hustotou. Získaná data byla interpretována numerickou aproximací pomocí modifikované mocninné funkce:

$$d_b = a\tau_b^b \quad (74)$$

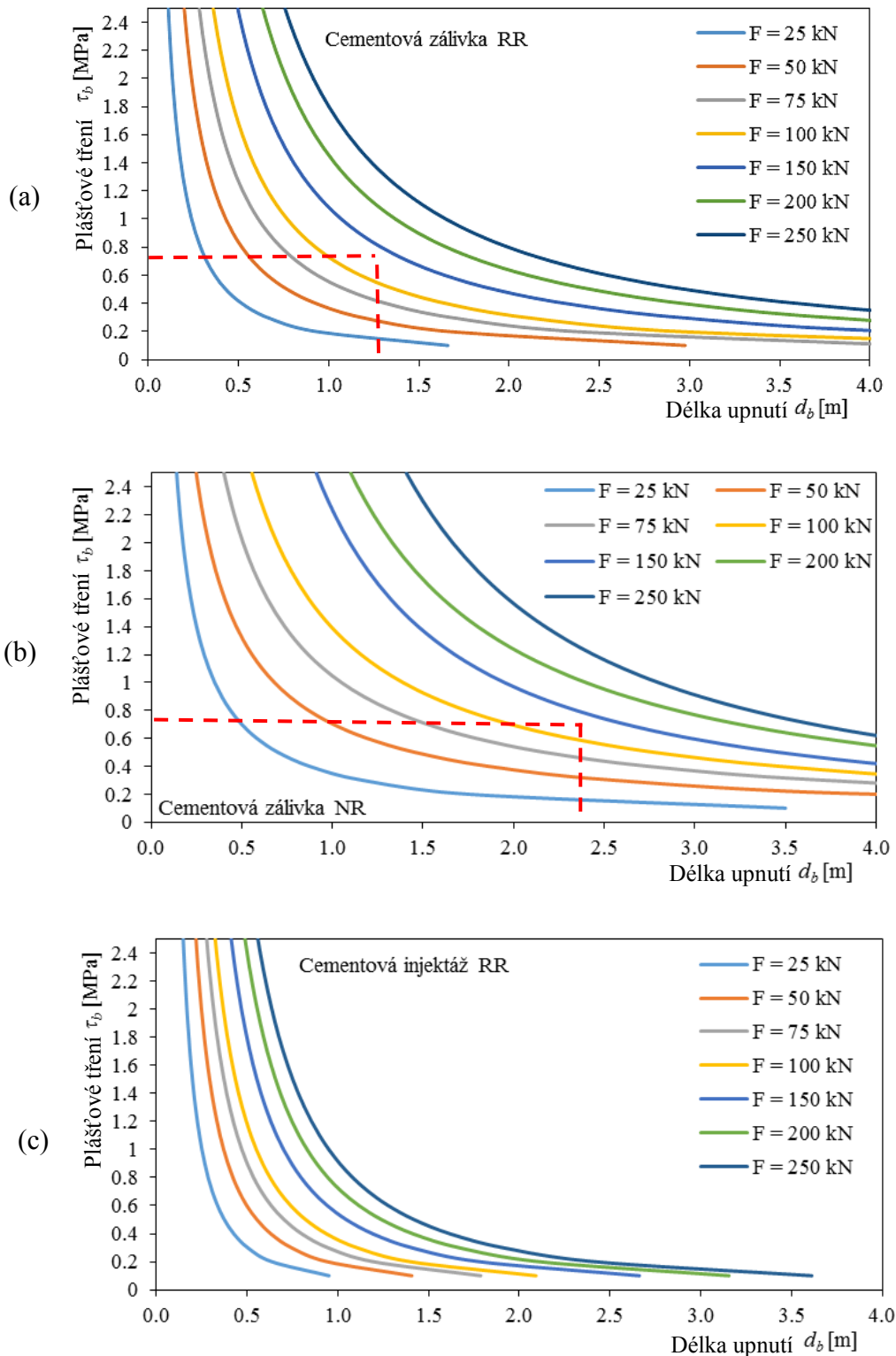
kde a,b [-] jsou konstanty (Tab.33). Rovnoměrné rozdělení je reprezentováno minimem kvadratického funkcionálu, normální rozdělení konzervativně obalovou křivkou zprava.

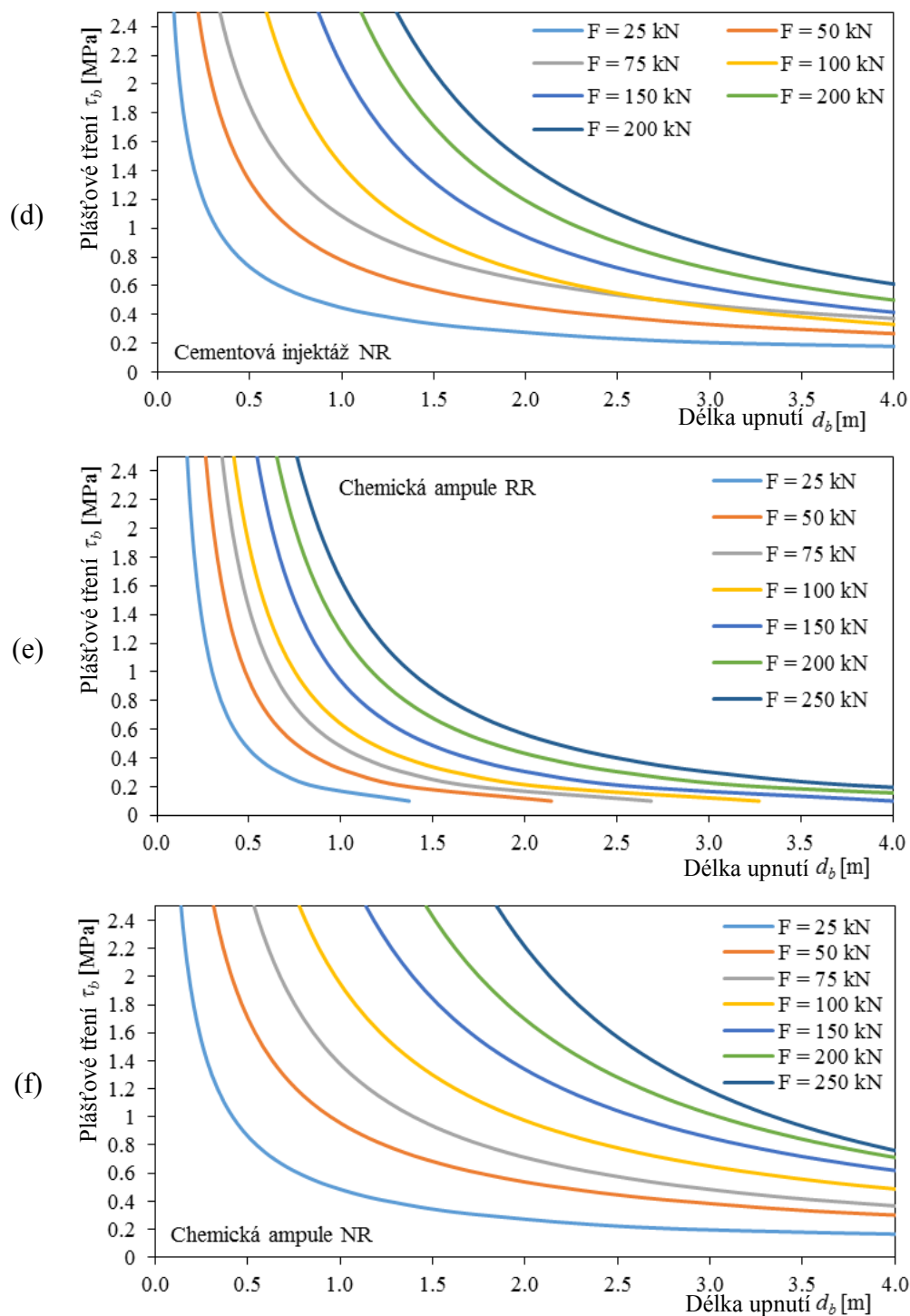
Tab.33 Korelační koeficienty odhadu délky upnutí

F_b	Rovnoměrné rozdělení									Normální rozdělení					
	Cementová zálivka			Cement. injektáž			Chemická ampule			Cement. zálivka		Cem. injektáž		Chem. ampule	
	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	a	b	a	b
25	0.24	-0.84	0.81	0.25	-0.57	0.49	0.32	-0.66	0.59	0.35	-1.01	0.32	-1.42	0.42	-1.22
50	0.43	-0.84	0.82	0.37	-0.58	0.49	0.48	-0.65	0.59	0.68	-1.10	0.72	-1.31	0.95	-1.20
75	0.61	-0.84	0.81	0.47	-0.58	0.49	0.63	-0.63	0.62	1.05	-1.05	1.11	-1.33	1.40	-1.05
100	0.77	-0.83	0.82	0.55	-0.59	0.49	0.75	-0.64	0.57	1.39	-1.03	1.41	-0.95	1.95	-1.05
150	1.07	-0.84	0.80	0.71	-0.59	0.49	0.96	-0.62	0.58	1.95	-0.83	1.92	-0.85	2.60	-0.92
200	1.37	-0.84	0.81	0.83	-0.57	0.49	1.17	-0.64	0.60	2.41	-0.85	2.33	-0.81	3.05	-0.81
250	1.65	-0.85	0.82	0.95	-0.58	0.49	1.38	-0.65	0.59	2.82	-0.75	2.72	-0.80	3.35	-0.65

Pozn.: a,b: konstanty, R^2 : koeficient determinace

Výsledné korelace byly pro tento účel převedeny do návrhových diagramů, které zohledňují technologii upnutí a rozdělení pravděpodobnosti dat. Jako realističtější se jeví hodnoty rovnoměrného rozdělení, které jsou mírně vyšší než aproximované normální rozdělení pro hladinu 1σ . Na druhou stranu, obalová křivka normálního rozdělení poskytuje konzervativní hodnoty s více jak 95.45% pravděpodobností (Obr.98a,b,c,d,e,f).





Obr.98a,b,c,d,e,f Návrhové diagramy délky upnutí (osa x) ve vztahu k plášťovému tření (osa y) a zatížení (RR: rovnoměrné rozdělení, NR: normální rozdělení); (a,b) cementová zálivka; (c,d) cementová injektáž; (e,f) chemická ampule

Je třeba zmínit, že experimentální data obsahují dva různé průměry vrtů (Tab.29). Pro celozávitové a sklolaminátové tyče (cementová zálivka a pryskyřice) byl použit $\varnothing 36$ mm a pro injektovatelné tyče (cementová nízkotlaká injektáž) $\varnothing 51$ mm. Analyzovaná kotevní délka tak koresponduje těmto rozměrům. Pokud by bylo potřebné použít v dalších aplikacích jiného \varnothing , je nutné kotevní délku stanovit přepočtem přes ekvivalentní plochu A' (54).

Vědci objevují svět, který existuje.
Inženýři tvoří svět, který tu nebyl.

T. von Kármán

4. Aplikační část

Výsledky sensitivní analýzy (kap.3.3 a 3.4) a jejich interpretace směřují zcela záměrně dvěma směry. Prvním je možnost čerpání charakteristických dat z dostupného geotechnického průzkumu (viz kap.1.5) s odhadem nebo přímým stanovením plášťového tření, druhým pak odborný odhad s použitím aproximovaných dat. V prvním (a lepším) případě je tak možné stanovit např. délku upnutí přímo z rov. (73). Dosazením typické hodnoty plášťového tření z Tab.25 nebo podrobného průzkumu (kap.4.2) dostaneme hodnotu pro danou kotevní sílu. Velikost této síly musí být $F_b < F_{ed} < F_{yd}$, kde F_{ed} je návrhová kotevní síla (s příslušným stupněm bezpečnosti) a F_{yd} je mez kluzu tyče nebo pevnost závitů kompozitní tyče.

4.1 Železniční trať č. 036 Liberec – Tanvald

V rámci odstranění propadu rychlosti trati č. 036 Liberec – Tanvald byla sanována řada skálních zářezů včetně příportálových oblastí (Obr.99). Jednou z nich je jablonecký portál prosečského tunelu v km 10,215-10,250. Pro obě strany předzářezu byl statickým posudkem určen silový účinek, přenášený kotevními prvky ocelových sítí. Konzervativně byla pro obě strany zvolena vyšší z obou výpočtových hodnot a to $F_{ed} = 1.35F_b = 136$ kN. Jako kotevní prvek byla zvolena celozávitová tyč CKT 20 (ocel ST 500 S, $F_{yd} = 160$ kN), upínaná ve vrtu Ø 36 mm cementovou zálivkou do zvětralé liberecké žuly.



Obr.99 Železniční trať č.036, jablonecký portál prosečského tunelu v km 10,215 (archiv autora)

K dispozici byla tato data z podrobného geotechnického průzkumu předzářezu:

Levá strana (ve směru staničení)

- odhadované plášťové tření 0.75 MPa (Tab.25),
- vrtné jádro délky 3.0 m,
- průměrnou pevností horniny $UCS_{mean} = 74200$ kPa,
- $\rho_v = 2651$ kg.m⁻³,
- $RQD_{300} = (45+51+86)$ %,
- $RQD_w = 45d_b$ %, kde $d_b \leq 1,0$ m, $(45+51(d_b-1))/d_b$, kde $d_b \leq 2,0$ m, $(45+51+86(d_b-2))/d_b$, kde $d_b \leq 3,0$ m atd.,
- průměrná charakteristika diskontinuit $J_r/J_a = 2/4$,
- $GSI = f(RQD, J_r, J_a)$ viz rov. (48).

Pravá strana (ve směru staničení)

- odhadované plášťové tření 0.75 MPa (Tab.25),
- vrtné jádro délky 3.0 m,
- průměrnou pevností horniny $UCS_{mean} = 78100$ kPa,
- $\rho_v = 2695$ kg.m⁻³,
- $RQD_{300} = (65+79+76)$ %,
- $RQD_w = 65d_b$ %, kde $d_b \leq 1,0$ m, $(65+79(d_b-1))/d_b$, kde $d_b \leq 2,0$ m, $(65+79+76(d_b-2))/d_b$, kde $d_b \leq 3,0$ m atd.,
- průměrná charakteristika diskontinuit $J_r/J_a = 3/1$,
- $GSI = f(RQD, J_r, J_a)$ viz rov. (48).

Po dosažení (73) došlo k nerovnováze mezi vypočítanou délkou upnutí a průměrným indexem RQD_w (a GSI). Použitím metody prosté iterace byl obdržen výsledek $d_b = 2.13$ m pro levou stranu a $d_b = 1.86$ m pro pravou stranu.

Rozdíl výsledků je 0.27 m, tedy 12.7% uspořené materiálu, vrtných prací, času a investic. Při použití Katalogu popisů a směrných cen stavebních prací ÚRS Praha v cenové úrovni I/2019 se tato optimalizace projevila u položky:

- 155 21-2116 *Vrty do skalních stěn prováděné horolezeckou technikou do hloubky do 5 m přenosnými vrtacími kladivy průměru do 56 mm, v hornině tř.V a VI za 940 Kč/m*

4.1.1 Dílčí závěry autora

Při ekvivalentní ploše 120 m² a rastru 3x2 m pro obě strany zářezu vznikl rozdíl 253.80,- Kč/ks vrtu a tedy cca 42.30 Kč/m² sítě. V případě zcela běžných výměr jako např. 2000 m² by se jednalo o investorskou úsporu 84.600,- Kč bez DPH. Úsporu materiálu (pouze celé kusy tyčí vč. zálivky) ceník neuvažuje, proto jde ztratné k dobru zhotoviteli. I tak by se ovšem jednalo o další úsporu cca 33.600,- Kč bez DPH. Celkem tedy 118.200,- Kč bez DPH díky zohlednění geologických podmínek in situ a to při aplikaci stejné hodnoty plášťového tření s lepší kvalitou žuly.

Pokud by se logicky uvažoval nárůst plášťového tření v méně zvětralém granitu, např. na 1.0 MPa, délka upnutí by se redukovala o 0.71 m. Speciálně v případě plošného pokrytí

skalních svahů sítí (již od řádu stovek m^2) se jedná o významnou optimalizaci kotevních prvků.

Druhým (častým) případem je situace, kdy není dostupný žádný geotechnický průzkum. Použitím základního vztahu (54) a odhadu plášťového tření z předchozích odstavců obdržíme po vyjádření velikost $d_b = 1.60$ m pro obě strany. Zde se naskýtá možnost využití interpretace výsledků citlivostní analýzy délky upnutí (kap.3.4), reprezentované korelačními koeficienty (Tab.33). Pro ilustraci je hledána délka upnutí prvku z předešlé případové studie. Vynesením příslušných hodnot do návrhových diagramů obdržíme $d_b \approx 1.3$ m při rovnoměrném rozdělení pravděpodobnosti viz Obr.98a a $d_b \approx 2.4$ m při normálním rozdělení pravděpodobnosti viz Obr.98b.

Optimalizace vyprodukovala několik hodnot délky upnutí d_b :

- 2.13 m – LS zářezu,
 - 1.86 m – PS zářezu,
 - 1.15 m – PS zářezu po zvýšení pl. tření na 1.0 MPa,
 - 1.60 m – homogenní prostředí,
 - 1.3 m – L+P strana zářezu rovnoměrné rozdělení,
 - 2.4 m – L+P strana zářezu normální rozdělení.
- } 1] Přímá hodnota d_b tak, jak bylo deklarováno v kap.1.3.1.
- 2] Základní model pro τ_b (54).
- } 3] Návrhové diagramy tak, jak bylo deklarováno v kap.1.3.1.

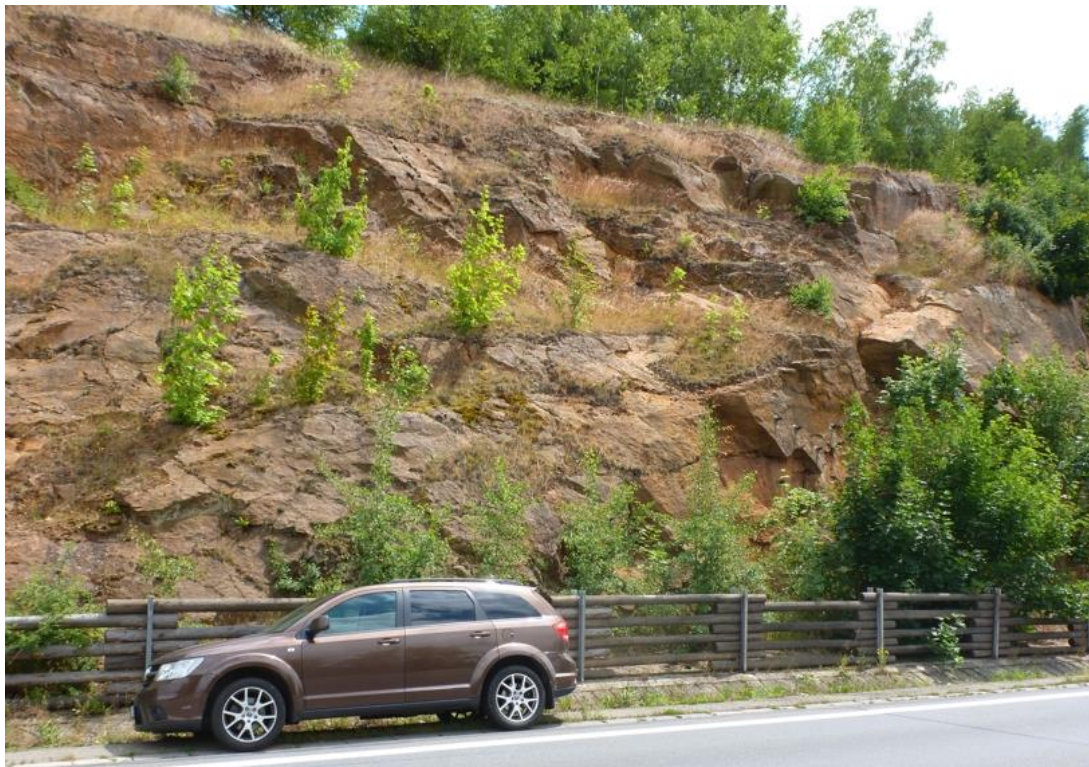
První skupina výsledků reprezentuje to, co je cílem této DP – optimalizaci kotevních prvků a s tím souvisejících aspektů. Vychází z podrobného GTP s tabulkovým odhadem plášťového tření. Přesnějších výsledků by bylo možné dosáhnout tahovými zkouškami in situ nebo specificky provedeným GTP viz kap.4.2.

Druhá skupina výsledků reprezentuje základní model, který je běžnou součástí širšího posouzení kotevních prvků. Vedle posouzení únosnosti na pomezí horniny a zálivky je také nutné posoudit rozhraní zálivka/ocel, dále posoudit vlastní únosnost masivu na vytržení vč. únosnosti ocelového prvku v tahu, smyku atd. Tyto aspekty však nejsou předmětem DP. Základní model uvažuje pouze homogenní prostředí a nedává možnost optimalizovat kotevní prvky pomocí zohlednění měnících se geologických podmínek. Ačkoliv je zde dosažená hodnota nižší, není nereálná ve světle množství autorem DP vyhodnocených zkoušek.

Třetí skupina výsledků reprezentuje rozsáhlou aproximaci vygenerovaných dat, jejichž rozložení má základ v experimentálně dosažených hodnotách, což je také jedním z cílů této DP. Není fyzicky možné provést takové množství zkoušek, které by poskytlo zaručené řešení bez znalosti dané geologie lokality. Je ale možné vygenerovat takové množství dat a s takovou statistickou hodnotou, které lze aproximovat. Střední hodnoty rovnoměrného rozdělení vycházejí podle mínění autora příliš optimistické až riskantní. Naopak výsledky normálního rozdělení jsou reprezentovány obalovou křivkou pro více než 95% případů, které by mohly nastat v rámci experimentálních dat. Podle mínění autora jsou příliš konzervativní a nevyužitelné. Skutečnost se tak nachází někde uprostřed a to je tedy další argument k tomu, aby byl vyžadován podrobný geotechnický průzkum.

4.2 Silnice I/35 – obchvat Moravské Třebové, podrobný geotechnický průzkum

Cílem podrobného průzkumu bylo získání a podání potřebných informací o geotechnických vlastnostech skalního výchozu a jeho pokryvu pro potřeby následující etapy prací tj. přípravy projektové dokumentace na stabilizaci skalní stěny. Dále je uvedeno stručné resumé výsledků, zjištěných autorem této DP. K běžným postupům je přidruženo právě stanovení rámcových hodnot plášťového tření s dílčími závěry autora.



Obr.100 Silnice I/35 - stěna zářezu obchvatu Moravské Třebové (archiv autora)

Zájmové území zahrnuje skalní výchoz antropogenního původu o výšce do 23 m, který byl vybudován nad údolím říčky Třebůvky pro vedení silnice I. třídy I/35. Zářez vystupuje nad pravým jízdním pruhem z Moravské Třebové do Mohelnice v délce 327 m v km 191,250 – 191,720. Pravá část zářezu je z části soukromým pozemkem p.č. 2163, dále se jedná o pozemky p.č. 3921/56; 2162/1; 2164; 2175; 2134; 2141; 2142; 2143; 2131; 2132; 2129; 2127; 2124/1 a 2126/4 ve vlastnictví investora a města Moravská Třebová. Část svahu byla již během výstavby zpevněna betonovou opěrnou zdí, která nebyla součástí průzkumu (délka zhruba 60 m). Předmětný skalní výchoz vystupuje v extravilánu obce Moravská Třebová, kdy na začátku úseku převažuje poloskalní charakter svahu s narůstající výškou od cca 8 m až na max. 23 m. Následuje již zmíněná betonová zídka, která tvoří předěl mezi tektonickou i horninovou stavbou zářezu. Za zídkou svah vyklišňuje k mostnímu objektu. Celý výchoz je překryt náletovou vegetací, zastoupenou převážně břízou.

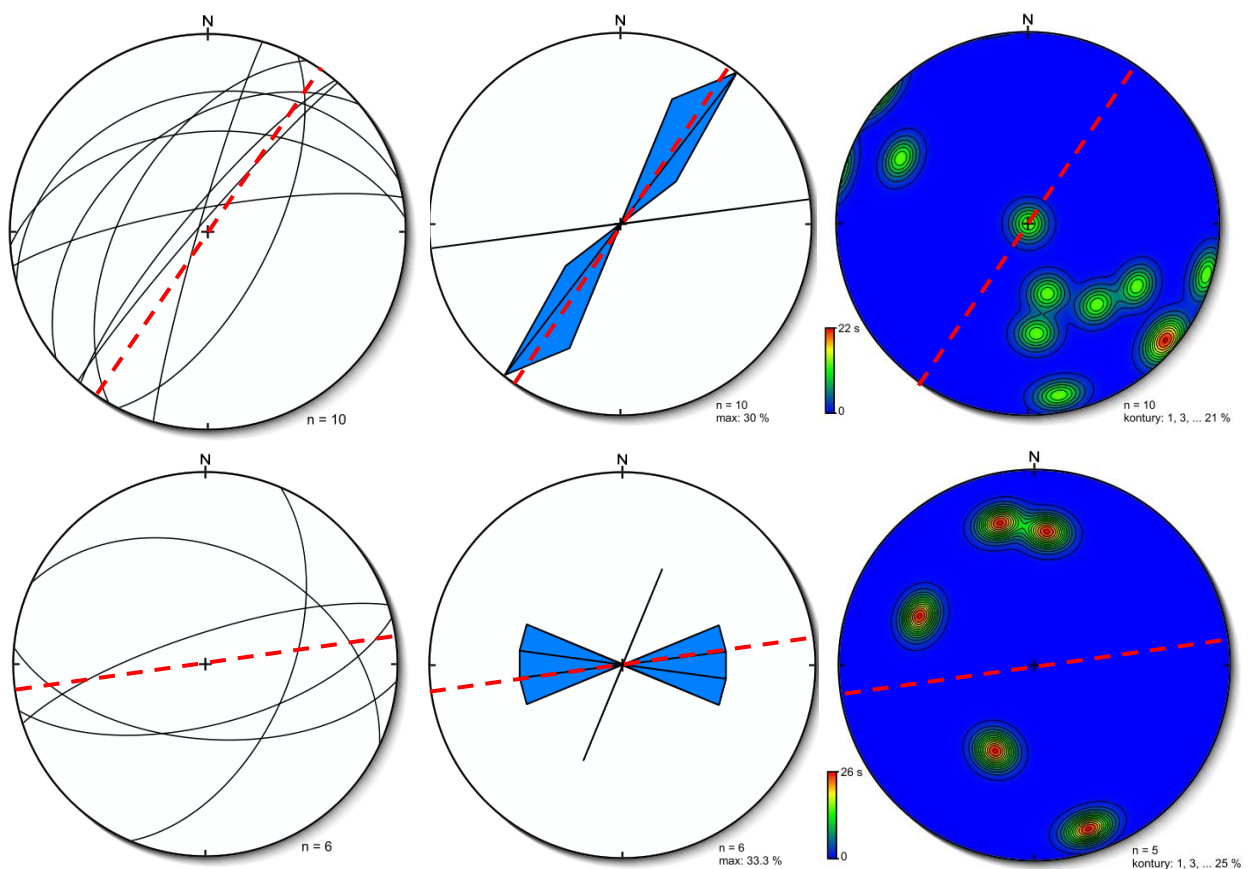
Odřez samotný má generelní sklon cca 50-60° s lokálními, svislými až převislými pasážemi (stěny jednotlivých vyčleněných horninových bloků) a výšku od hrany lomu sklonu až 23 metrů. Jeho expozice vůči světovým stranám je vzhledem k tomu, že

komunikace I/35 zde prochází v oblouku, proměnná v rozmezí SZ (začátek úseku směr Svitavy) až SSZ (konec úseku směr Mohelnice).

Z regionálně-geologického hlediska jsou horniny, budující stěnu odřezu v km 191,250 - 191,620 (před zídka), klasifikovány jako proměnlivě silicifikované permské brekcie vyskytující se v okolí Moravské Třebové jako zatím paleontologicky nedoložená součást sedimentační jednotky orlické pánve. Brekcie mají silicifikovaný jílovito-písčítý tmel, který spojuje angulární až subangulární klasy (valouny) a klastické úlomky metamorfítů o velikosti do 1,5 cm (biotitické pararuly, svorové pararuly a svory). Uspořádání úlomků v brekcii nejeví žádné uspořádání či usměrnění.

V km 191,620 - 191,720 je svah budován proterozoickými metabazity (sonda VS0 viz Příloha 05 a 06), reprezentovanými amfibolitem zábřežského krystalinika s patrnou chloritizací, jemnozrnnou strukturou, tmavě šedozelenou barvou a značnou břidličnatostí.

Z pohledu strukturní geologie lze v horninovém masivu obnaženém odřezem vysledovat několik určujících systémů tektonických diskontinuit. Jejich orientace a sklony jsou určující pro predispozici kluzných ploch jednotlivých bloků vyčleněných ve stěně. Vzdálenosti jednotlivých diskontinuit se v průměru pohybují od jednotek cm (levá část) až do 0,7 m (pravá část). Kromě osypových sutí tak nejčastěji pod stěnou lze nalézt kameny a balvany o objemech do 0,4 m³, výjimečně mohutnější. Potenciálně nestabilní bloky vyčleněné poruchami ve stěně však vytvořily celé soustavy lokálně přesahující 1 m³. Tyto masy však byly redukovány sanačním zásahem z 09/2015.



Obr.101 Tektonogramy – nahoře permská brekcie; dole amfibolit (červeně orientace svahu)

Jako hlavní nepříznivě orientovaný směr diskontinuit v pravé části zářezu byly vzhledem k ose komunikace označeny směry 300 až 350°, tedy úpadní k SZ pod úhlem 45 až 50°. Vlastní bloky pak vznikají odtržením na plochách s orientací cca 120/60 (JV). Byly vyčleněny celkem 4 systémy diskontinuit a jeden náhodný. Trochu jiná je situace v levé části, budované amfibolitem. Zde dochází k vergenci diskontinuit ve směru V-Z. Jelikož je zářez budován v oblouku, i zde je orientace nepříznivá. Četnost puklin způsobuje kostkovitý rozpad a převažující osypávání výchozu.

4.2.1 Přehled průzkumných prací a výsledků

V rámci průzkumu skalní stěny byly zjišťovány ve vzorových profilech (příklad na Obr.102) základní údaje z kompasového měření. Ostatní parametry jako charakter zvětrání, drsnost puklin, četnost apod. byly stanoveny přímo na vrtných jádrech.

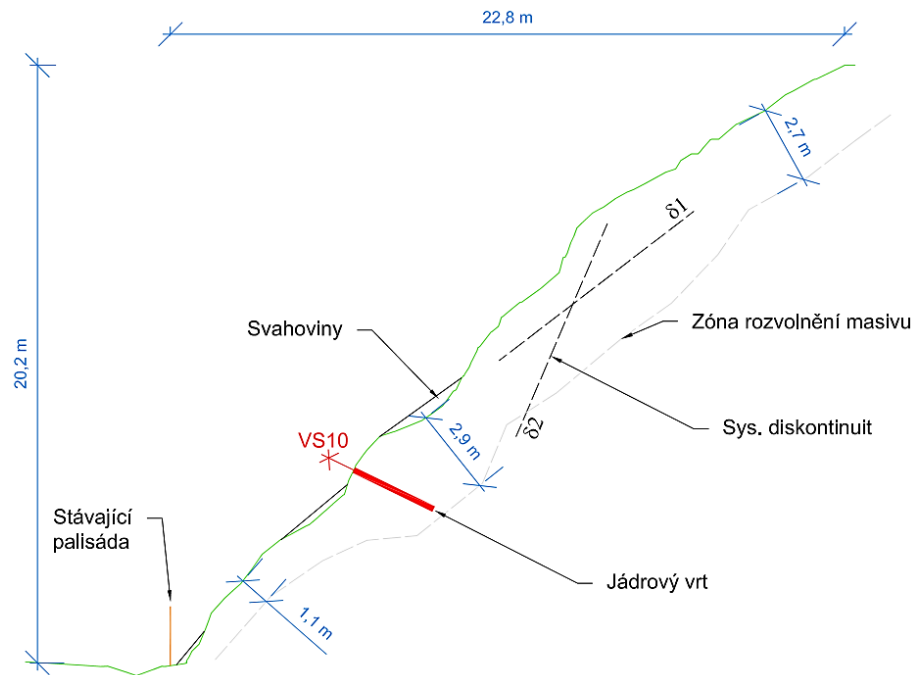
Tab.34 Přehled provedených průzkumných sond (a) a odebraných vzorků (b), poloha sond viz Příloha 06

(a)			(b)			
Název sondy	Délka [m]	Hloubka [m]	Sonda	Č. vzorku	Zkouška/rozbor	Typ vzorku
VS0	3		VS1	13999	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS1	3		VS4	14000+14001	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS2	3		VS5	14002+14003	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS3	3		VS6	14004+14005	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS4	3		VS7	14006+14007	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS5	3		VS10	14008	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS6	3		VS11	14009+14010	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS7	3		VS12	14011	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS8	3		VS13	14012	pevnost v jednoosém tlaku	porušený
VS9	3		KS1	13934	klasifikační rozbor	porušený
VS10	3		KS2	13935	klasifikační rozbor	porušený
VS11	3		KS3	13936	klasifikační rozbor	porušený
VS12	3		KS4	13937	klasifikační rozbor	porušený
VS13	3		Σ	18		
KS1		1				
KS2		1				
KS3		1				
KS4		1				
Σ	42	4				

Jádrové vrty byly provedeny diamantovou korunkou o Ø 51 mm, v délce 3 m. Ze získaného horninového jádra odebráno celkem 28 tělísek pro provedení pevnosti v prostém tlaku. Jádro zdokumentováno podle ČSN EN ISO 14689-1. Nad rámec normy byla dokumentována drsnost stěn, stupeň zvětrání a orientace diskontinuit podle ISRM (1977), Palmströma (2005) a Palmströma (1996), dále index RQD (po návrtech) a index GSI. Vrty byly likvidovány cementovou zálivkou.

Přehled provedených vrtných prací je uveden v Tab.34a, přehled všech odebraných vzorků je uveden v Tab.34b, souhrnný popis výsledků GTP na lokalitě byl zpracován formou tabulky viz Příloha 05. Četnost diskontinuit byla vyhodnocena dopočtem parametrů J_v a V_b podle Palmströma (2005). Dále jsou zde uvedeny potřebné údaje, které byly využitelné při navazující fázi projektu sanačních opatření, a to konkrétně očekávané plášťové tření mezi

kotevní zálivkou a horninou pro danou vrtanou sondu a danou hloubku podle Holého (2018), Littlejohna a Bruce (1977) a Wyllie a Maha (2014).



Obr.102 Ideový příčný řez A-A' v km 191,363

Pevnost hornin v jednoosém tlaku pod povrchem (vzorky z vrtů VS1 až VS11) dosahovala průměrné hodnoty 22 MPa (Příloha 03). Objemová hmotnost vlhké horniny se pohybovala kolem 2,44 t/m³. Bylo dosaženo průměrného výnosu 82% s indexem RQD₁ = 43%, RQD₂ = 50% a RQD₃ = 35%. Rozpukání masivu bylo reprezentováno průměrnou prostorovou hodnotou $J_v = 12,6 \text{ ks/m}^3$ a $V_b = 0,045 \text{ m}^3$.

V případě levé části zářezu (za zídou) nebyla hodnocena pevnost ani obj. hmotnost z důvodu nemožnosti odebrání adekvátního zkušební tělíska. Bylo dosaženo průměrného výnosu 29% s indexem RQD₁ = 5%, RQD₂ = 27% a RQD₃ = 16%. Rozpukání masivu je reprezentováno průměrnou hodnotou $J_v = 30 \text{ ks/m}^3$ a $V_b = 0,001 \text{ m}^3$.

Kategorie rizika ohrožení prostoru pod skalními stěnami podle Lysenka (Hroch a kol. 1998) byla č. II – střední riziko. Jako další bylo použito bodové hodnocení:

- podle hodnocení RMR = 46 b. (Bieniawski 1989) je stav masivu špatný (kap.1.4.2),
- podle hodnocení SMR = 25 b. tř. IV (Tomás et al. 2007) je svah nestabilní (kap.1.4.4),
- podle hodnocení $Q_{slope} = 0,192$ při maximálním stabilním sklonu 50,7° (Barton a Bar 2015) je stávající svah s nejistou stabilitou na pomezí stabilního/nestabilního stavu (kap.1.4.5),
- podle hodnocení *Rothovou metodou* (Roth 1954) je maximální stabilní sklon stěny 51,8° a tedy stávající $F_S = 1,13$ ve vztahu ke generelnímu sklonu (kap.1.4.6).

4.2.2 Dílčí závěry autora

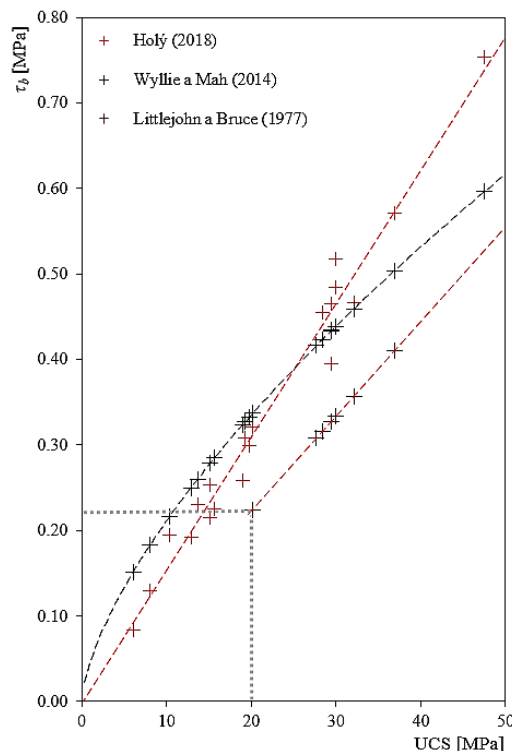
Předložené resumé podrobného geotechnického průzkumu odráží snahu autora demonstrovat vybrané aspekty tak, jak byly popsány v předchozích kapitolách (zejména

kap.1.5). Dílčím produktem byla aplikace experimentálně odvozeného heuristického modelu plášťového tření. V předchozí kap.4.1 bylo demonstrováno jeho reciproké využití při stanovení vhodné délky upnutí. Během podrobného GTP, obsahujícího vrtané sondy je možné stanovit velikost τ_b [MPa] korelací pomocí výrazů (55) a (56) nebo provést výpočet pomocí výrazu (68).

První dva přístupy vyžadují pouze laboratorní stanovení UCS [MPa], což při dostatečném vyvzorkování poskytne hodnoty pro každý bm vrtu. Totéž lze aplikovat heuristickým modelem za předpokladu, že je stanoven konstatní silový účinek F_b [kN] a konstantní délka upnutí d_b [m]. Jelikož zhotovitel průzkumu nemůže předjímat požadavek projektanta na konkrétní hodnoty, stanoví se příslušné plášťové tření per partes pro každý bm vrtného jádra, resp. vrtu. Jako dostatečně reprezentativní hodnotu zatížení autor doporučuje $F_b = 100$ kN/m.

Výsledné hodnoty plášťového tření podle zmíněných postupů lze porovnat přímo v Příloze 05. Pro názornost byly do situačního výkresu (Příloha 06) vyneseny získané hodnoty τ_b podle Holého (2018) pro plnoprofilové kotevní prvky upínané cementovou zálivkou. Projektant tak má konkrétní prostorovou představu o vývoji směrem do hloubky a zároveň i v ploše stěny. Výsledný návrh může být tím pádem optimalizován již pomocí základního modelu (54), kde přínos této optimalizace byl podrobně popsán v kap.4.1.

Jako zajímavé považuje autor porovnání výsledků obdrženého τ_b s korelací k UCS pro plnoprofilové kotevní prvky upínané cementovou zálivkou. Postup podle (55) byl redukován doporučeným stupněm bezpečnosti 3.0, aby odpovídal provozním hodnotám. Po vynesení je patrný rozptyl cca 0,1 MPa na každých cca 20 až 25 MPa UCS. Konkrétně pro permskou brekcii se jeví korelace jako lineární, což je ve shodě s korelací Littlejohna a Bruce (1977).



Obr.103 Porovnání dosažených hodnot plášťového τ_b (osa y) tření podle různých autorů pro pevnost permské brekcie UCS (osa x)

4.3 Stabilizace svahu za sdruženým objektem PVE Dlouhé Stráně

V roce 1978 započala výstavba (Obr.104) významného inženýrského díla – přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně (PVE DS). PVE DS disponuje horní a dolní nádrží s výškovým rozdílem cca 500 m. Dolní nádrž leží na říčce Divoká Desná v nadmořské výšce 824 m, má celkový objem 3 405 000 m³ a plochu 16,3 ha. Provozní denivelace hladiny nádrže činí cca 22 m.



Obr.104 PVE DS, betonáž sdruženého objektu v dočasně zajištěném stěnovém lomu, patrná prorážka odpadního tunelu č.1, vpravo dole obtoková štola (archiv autora)



Obr.105 PVE DS, vypuštěná dolní nádrž s viditelnou nátokovou stranou sdruženého objektu (archiv autora)

V letech 2002 až 2016 docházelo k nárůstu kolmatace vtokových česlí sruženého objektu dolní nádrže (Obr.105). Po sérii potápěčských průzkumů byla po konzultaci s geotechnikem shledána urgentní potřeba stabilizovat původní lomové stěny. Ty byly během výstavby opatřeny stříkaným betonem (SB), dvěma řadami KARI sítí a tyčovými kotvami (Obr.106). Pravá strana byla zajištěna předpjatými kotvami a dvěma inklinometry, soudě podle dochovaných zbytků. Od uvedení do provozu až do roku 2018 nebyla nádrž vypuštěna a proto se rozsah porušení odhadoval jen z provedených ponorů.



Obr.106 PVE DS, destrukce SB s obnaženými kotevnými tyčemi, levá strana objektu (archiv autora)

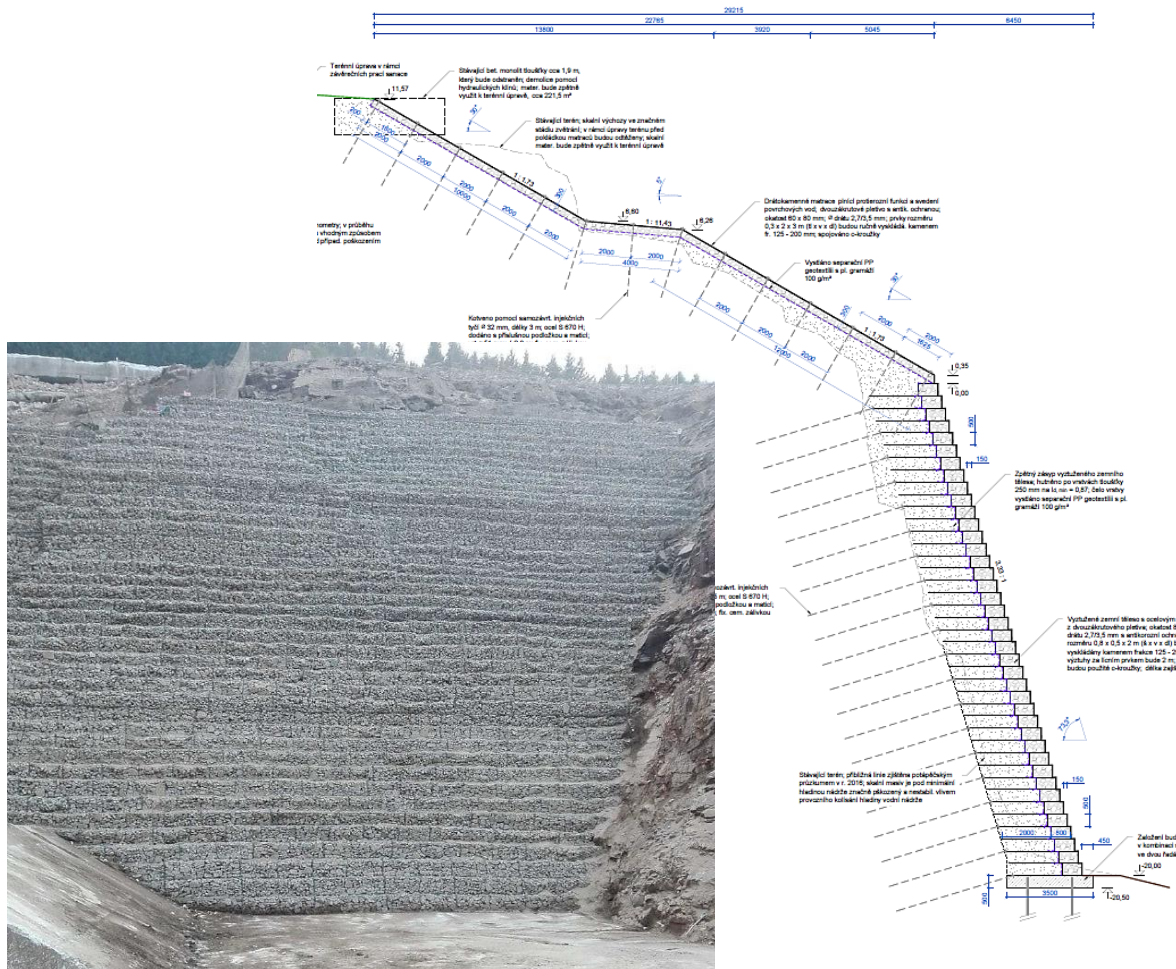
V roce 2018 bylo rozhodnuto po předchozí projektové přípravě o plánovaném vypuštění dolní nádrže. Jelikož nebylo možné do té doby provést adekvátní geotechnický průzkum, došlo k dohodě s investorem ohledně zpracování realizační dokumentace s průběžnou „ad hoc“ aktualizací podle zastižených geotechnických podmínek. Jednalo se především o průběžnou úpravu (optimalizaci) kotvení, které činilo značnou část finančního objemu

Ihned po vypuštění bylo přistoupeno ke stabilizaci lomových stěn. Doba výstavby, požadovaná investorem, činila extrémních 30 dní. Rozpočet stavby si vyžádal cca 28 mil. Kč bez DPH.

Hlavním sanačním opatřením byla reprofilace lomových stěn pomocí vyztuženého horninového tělesa s ocelovými lícními prvky rozměru 0,8 x 0,5 x 2 m (š x v x d), které byly kotveny přes prodlouženou podstavu o délce 2 až 4 m přímo ke skalnímu masivu lanovými závlačemi. Celkem bylo použito 1448 ks košů a 3687 m³ lomového kamene frakce 125 – 200 mm. Pro kotvení bylo použito celkem 724 ks samozávrtných zinkovaných injekčních tyčí Ø 32/18,5 mm, délky 4 až 6 m. Založení konstrukce bylo provedeno na šterkovém násypu o objemu 468 m³. Stěny jsou tvořeny až 50 řadami košů (Obr.107).

Po zajištění obou stěn bylo realizováno opevnění břehového pásma pomocí 291 ks drátokamenných matrací rozměru 0,3 x 2 x 3 m (tl x v x d), kotvených pomocí 582 ks samozávrtných injekčních tyčí Ø 32/18,5 mm, délky 3 m. Pro výplň bylo použito 525 m³ lomového kamene frakce 125 - 200 mm (Obr.108).

Zhotovitel realizoval v předstihu vrtané sondy, které vyprofilovaly kvalitu zastižených hornin napříč stěnami. Zde se uplatnily poznatky, získané autorem při optimalizaci kotevních prvků (Obr.109).



Obr.107 PVE DS, pravá strana objektu těsně před zatopením (vlevo), schematický řez k-cí (vpravo) (archiv autora)



Obr.108 PVE DS, práce probíhaly kontinuálně i během zatápění, patrné opevnění břehového pásma (archiv autora)



1) Vstupní parametry:

RQD [%]						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
26	33	62	59	71		
UCS [MPa]						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
		65				
ρ_s [kg/m ³]						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
		2750				
TYP	R_{ch} (MPa)	J_r	J_a	J_{corros}	GSI	RQDw
CZ = 1	0,76	2	4	11,7	42,2	49,4232365
CI = 2	0,51					
PI = 3	0,99					

$\xi_{RQD} = 0,000$
 $\xi_{ch} = 0,001$

Hornina:	$R_{ch} =$	5,90	MPa (podle Horáka 1992)
Pásmo rozvolnění	$l =$	3,40	m
Kotva:	$A =$	430,0	mm ²
	$R =$	670,0	MPa
	$n =$	1	ks
	$d_1 =$	32,0	mm
TYP	$R_{ch} =$	2,5	MPa
	$R_{ch} =$	0,5145239	MPa (podle Holého 2018)
Vliv koroze 75 let	$F =$	23,2	%
Únosnost tyče na mezi pevnosti	$F =$	$A \times R =$	215,0 kN
		$S_{bmin} =$	1,50
Únosnost tyče na mezi kluzu	$F_{0,2} =$	$A \times R_{0,2} =$	176,6 kN
		$S_{bmin} =$	1,50
Únosnost závlíka x hornina		$S_{bmin} =$	1,50
Únosnost závlíka x ocel		$S_{bmin} =$	1,50
	Síla na 1 tyč =	72,30	kN
Délka upnutí v hornině	$l_{11} =$	$0,225 \times n \times A \times R / (R_{ch})^{0,5}$	0,10 m
Délka upnutí v závlíce	$l_{12} =$	$\kappa \times S_{bmin} / n \times R_{ch} \times \pi \times d_1$	0,43 m
Průměr vrtu	$d_2 =$	$F_k \times S_{bmin} / l_{13} \times R_{ch} \times \pi$	51 mm
Délka upnutí závlíky v hornině	$l_{14} =$	$\kappa \times S_{bmin} / n \times R_{ch} \times \pi \times d_1$	1,32 m
Délka tyče	$l_k =$	$1 + l_{11} + (l_{12} \text{ nebo } ul) =$	4,82 m

2) Posouzení

Únosnost tyče na mezi	$F =$	$R \times A =$	215,04 kN
	$S_b =$	$F / F_{kEd} =$	2,97 > $S_{bmin} = 1,50$
Únosnost tyče na mezi kluzu	$F =$	$R_{0,2} \times A =$	176,64 kN
	$S_b =$	$F / F_{kEd} =$	2,44 > $S_{bmin} = 1,50$
Únosnost závlíka x hornina	$F =$	$l_{13} \times n \times R_{ch} \times \pi \times d_2 =$	397,38 kN
	$S_b =$	$F / F_{kEd} =$	5,50 $\geq S_{bmin} = 1,50$
Únosnost závlíka x ocel	$F =$	$l_{12} \times n \times R_{ch} \times \pi \times d_1 =$	1211,49 kN
	$S_b =$	$F / F_{kEd} =$	16,76 $\geq S_{bmin} = 1,50$
Mez vzniku trhlin < 0,1 mm	$F =$	$0,275 \times A =$	118,25 kN
závlíka x ocel	$S_b =$	$F / F_{kEd} =$	1,64 $\geq S_{bmin} = 1,50$

3) Dimenze

Samozávrtná inj. tyč pr. 32/18,5 mm; dl 4,8 m; pr. vrtu 51 mm, žárově zinkovaná; inj. tlak max. 0,6 MPa; spotřeba směsi min. 8 l/m, úklon vrtu 8°

Obr.109 PVE DS, rychlost výstavby (vlevo) a rozpočet vyžadovali optimalizaci kotevních prvků (vpravo)

Délka projektem navržených kotevních prvků činila uniformně 5,0 m s tím, že kotvena bude každá 2. řada. Jelikož se jednalo o samozávrtné tyče, byla v rozpočtu délka tyčí rovna délce vrtů, obsažené v ceně vč. injektáže. Navíc zde existovala dosti značná nejistota v zastižení skutečných GT podmínek, která se ještě zesílila po vypuštění nádrže.

4.3.1 Dílčí závěry autora

Projekt stanovil osově zatížení pro jednotlivé kotevní úrovně. Na základě hodnocení podmínek in situ byly postupně optimalizovány délky kotevních prvků na základě postupů, popsanych v této DP (kap.3.3). Standartně byla posouzena také únosnost horninového kužele a mezní stav vzniku trhlin (omezení napětí) v závlíce. Investor požadoval životnost 75 let, což bylo zajištěno redukcí pevnosti příslušným korozním úbytkem a dvojitou antikorozi úpravou. Podrobnější popis těchto postupů však není předmětem této DP.

Jak se předpokládalo již při zpracování PD, prvky vyžadovaly mnohdy prodloužení na stranu bezpečnou a jen v menší míře došlo k jejich zkrácení. Z projektem stanovených 3245 m vrtných prací bylo realizováno formou víceprací +375 m. Výsledkem optimalizace kotevních prvků v této případové studii tak není zjevná redukce materiálu ani finančních prostředků, ale redukce rizika plynoucího z absence GTP před vypuštěním nádrže.

5. Závěr

Tato DP se zabývá problematikou optimalizace kotevních prvků při řešení nestabilit skalních svahů. Byly přiměřeným způsobem nastíněny možnosti a teorie vzniku nestabilit, jejich popis a způsoby sanace. Autor DP během posledních let své odborné praxe nashromáždil velký soubor informací, se kterými při tvorbě předkládané disertace pracoval.

Jedním z cílů disertační práce, jak již bylo deklarováno v pojednání DP v rámci rigorózní zkoušky, je rozdělení a zpřehlednění sanačních metod s podrobným technickým popisem a ukázkami realizace, jež je součástí kap.1.6. Zvláštní zřetel je věnován v kap.3 hlavnímu cíli DP a to optimalizaci kotevních prvků jako primárních prvků ochrany proti pádu horniny. V současnosti má řešitel geotechnického průzkumu či projektant možnost pro návrh kotvení použít tabelizované či korelační hodnoty plášťového tření. Předložená DP měla za cíl na základě rozsáhlého terénního testování poskytnout další, poloempirický přístup k tomuto důležitému parametru.

Autor si je vědom částečně lokálního významu dosažených výsledků vzhledem k horninové pestrosti Českého masivu a zemské kůry vůbec. Na druhou stranu, předložený heuristický přístup je otevřeným souborem, který s každou další lokalitou či testem (nikoliv proměnnou) poskytne po přehodnocení silnější výsledky. Zároveň ale není fyzicky možné postihnout všechny případy, lze je ale vhodně aproximovat.

V kap.4 byly popsány konkrétní případové studie, kde měl autor možnost aplikovat získané poznatky formou optimalizace kotevních prvků.

Teoretickým přínosem DP je shrnutí přístupů k popisu, řešení a vyhodnocení skalních nestabilit včetně zpracování rozáhlého souboru polních dat a jejich interpretace.

Praktickým přínosem DP je zevrubná sumarizace sanačních metod, používaných při řešení nestabilit skalních stěn a svahů především v ČR. Stejně důležitá je aplikace interpretovaných dat do konkrétních případů optimalizace kotevních prvků.

Vypracoval: Ing. Ondřej Holý

V Tišnově, dne 3.4. 2019

Pozn.: Autor disertační práce získal v roce 2010 Cenu děkana fakulty stavební VŠB-TUO Prof. Ing. A. Materny, CSc., MBA za diplomovou práci Zajištění stavební jámy pro North Ticket Hall v rámci projektu Victoria Station Upgrade v Londýně. Praxe autora doposud čítá přes 100 projektů, posudků a průzkumů svahových nestabilit s celkovým stavebním objemem více jak 250 mil. Kč.

Použitá literatura

- [1] BARTON, N.R.; BAR, N. *Empirical slope design for hard and soft rocks using Q-slope*. ARMA 16-384. Texas. 2016. 8 p.
- [2] BARTON, N.R., Lien, R. and Lunde, J. 1974. *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mech. 6(4), 189-239.
- [3] BERGER, F.; DORREN L.K.A *Principles of the tool Rockfor.net for quantifying the rockfall hazard below a protection forest*. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. Vol. 158, p.p. 157-165. Illnau. 2007.
- [4] BIENIAWSKI, Z. T. *Engineering rock mass classifications*. – John Wiley & Sons. New York. 1989.
- [5] BUDETTA, P. (2004): *Assessment of rockfall risk along roads*. – Natural Hazards and Earth System Sciences, 4, 71–81.
- [6] DEERE, D.U. AND MILLER, R.P. 1966. *Engineering classification and index properties of rock*. Technical Report No. AFNL-TR-65-116. Albuquerque, NM: Air Force Weapons Laboratory
- [7] DOMAAS, U. 1994: *Geometrical methods of calculating rockfall range*. NGI Report 585910-1. Oslo: Norwegian Geotechnical Institute.
- [8] DORREN, L. K. A *Review of rockfall mechanics and modeling approaches*. Progress in Physical Geography. Vol. 27-1, p.p. 69-87. 2003.
- [9] ELIAS, V. AND I. JURAN (1991) “*Soil Nailing for Stabilization of Highway Slopes and Excavations*,” Publication FHWA-RD-89-198, Federal Highway Administration, Washington D.C.
- [10] EOTA: *ETAG 027 – guideline for the European technical approval of falling rock protection kits*, Tech. rep., European Organization for Technical Approvals, Brussels, 2008
- [11] HILLAR, M.; PRUŠKA, J. *Využití statistiky pro numerické modelování podzemních staveb*. Konf. geotechnické problémy líniových stavieb. Bratislava. 2011. 8 p.
- [12] HOBST, L.; ZAJÍC, J. *Kotvení do hornin*. SNTL Alfa. Praha. 1972. 359 p.
- [13] HOEK, E. et al.. *Quantification of the Geological Strength Index Chart*. 47th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium. San Francisco. ARMA 2013. 9 p.
- [14] HOEK, E., CARRANZA – TORRES, C., CORKUM B. *Hoek - Brown failure criterion – 2002 edition*. Proceedings of the North American Rock Mechanics Society Meeting, Toronto, July 2002.

- [15] HOEK, E. *Practical Rock Engineering*. MS. Toronto. 2006. 341 p.
- [16] HOLÝ, O. *Evaluation of many load tests of passive rock bolts in the Czech Republic*. Geoscience Engineering. Vol 63, No 1. 2017. p. 1 -7. ISSN 1802-5420.
- [17] HOLÝ, O. *Results and use of non-linear behavior between length and bond friction of fully grouted rock bolts in selected jointed rock masses*. Geoscience Engineering. Vol 64, No 2. 2018. p. 26 -39. ISSN 1802-5420.
- [18] HORÁK, V. *Experiment v mechanice hornin a jeho realizace*. Habilitační práce. VUT v Brně. 2000. 177 p.
- [19] HORÁK, V. *Prognóza mechanického chování hornin a její využití v geomechanice*. 1992. Kandidátská disertační práce. FAST VUT v Brně.
- [20] HROCH, Z. a kol. (1998): *Podíl státní geologické služby ČGÚ na stabilizaci sesuvů iniciovaných extrémními srážkami v červenci 1997*. In V. Lysenko (ed.): *Přehled výsledků geologických prací na ochranu horninového prostředí v roce 1997*, 26–29. – Odbor ochrany horninového prostředí Ministerstva životního prostředí. Praha.
- [21] INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS: Commission on Standardisation of Laboratory and Field Tests. 1978. *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* **15**, 319-368.
- [22] INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS: *Suggested methods for rock bolt testing, Part 1: Suggested method for determining the strength of a rockbolt anchor (pull test)*. In Brown, E., editor, *Rock characterization, testing and monitoring*, pages 163{166. Pergamon Press, Oxford,NY, 1981.
- [23] INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS: *Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*. – International Journal of Rock Mechanics. Vol. 15, p.p. 319-368. Oxford. 1977.
- [24] KIM, M.K AND LADE, P.V. (1984) *Modelling rock strength in three dimensions*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. Vol.21, No.1, p.p.21-33.
- [25] KLICHE, C.A. (1999): *Rock Slope Stability*. – *Society for Mining Metallurgy and Exploration*. Littleton.
- [26] KOL. AUTORŮ. *Rockfall: Design considerations for passive protection structures*. Wellington. 2016. ISBN 978-0-947497-61-3. 96 p.

- [27] LEPINE, C.T. *Rock bolts - Improved design and possibilities*. Diploma thesis. NTNU Trondheim. 2012. 105 p.
- [28] LI, C.; STILLBORG, B. *Analytical model for rock bolts*. Inter. Jour. Of Rock Mechanics and Mining Sciences. 1999. Vol 36, p. 1013 - 1027.
- [29] LITTLEJOHN, G. S. AND BRUCE, D. A. (1977) *Rock Anchors—State of the Art*. Foundation Publications Ltd., Brentwood, Essex, UK.
- [30] MALGOT, J.; KLEPSATEL, F.; TRÁVNÍČEK, I. *Mechanika hornín a inžinierska geológia*. Alfa Bratislava. 1992. 282 p.
- [31] MONTANI-STOFFEL, S.: *Sollicitation dynamique de la couverture des galeries de protection lors de chutes de blocs, Ph.D. thesis*, ' Ecole Polytechnique F'ed'erale de Lausanne, Lausanne, 1998.
- [32] NEMČOK, A.; PAŠEK, J.; RYBÁŘ, J. *Classification of landslides and other mass movements*. Rock mechanics. 1972. Vol 4, issue 2, p.p. 71-78
- [33] NICHOLSON, L. *Analysis and interpretation of in situ rock bolt pull tests in hard rock mines*. Dissertation. University of Toronto. 2016. 170 p.
- [34] PALMSTRÖM, A. *Measurements of and Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD)*. Tunnels and Underground Space Technology. 2005. Vol 20, p. 362-377.
- [35] PALMSTRÖM, A. *The weighted joint density method leads to improved characterization of jointing*. Conference on Recent Advances in Tunneling Technology. New Delphi. 1996. 6 p.
- [36] PALMSTRÖM, A., 2009: *Combining the RMR, Q, and RMI classification systems*. www.rockmass.net, 25p.
- [37] PAVLÍK, J. *Geotechnické způsoby určování stability skalních stěn*. SNTL Praha. 1981. 216 p.
- [38] PEILA, D.; RONCO, C. *Technical note - Design of rockfall net fences and the new ETAG 027 European guideline*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. European Geoscience Union. 2009. Vol. 9. p. 1291-1298.
- [39] PFEIFER, T.J.; BOWEN, T.D. *Computer simulation of rockfalls*. – Bulletin of the Association of Engineering Geologists. Vol. 26-1, p.p. 135-146. Dallas. 1989.

- [40] PIERSON, L., DAVIS, S. A. AND VAN VICKLE, R. (1990) *The Rock Fall Hazard Rating System, Implementation Manual*. Technical Report #FHWA-OR-EG-90-01, Washington, DC.
- [41] PRUŠKA, J. *Geomechanika – Mechanika hornin*. ČVUT v Praze. 2002. ISBN 80-01-02456-3. 180 s.
- [42] RITCHIE, A. M. *Evaluation of rockfall and its control*. – Highway Research Record. Vol. 17, p.p. 13-28. Washington. 1963.
- [43] ROMANA, M. R. (1993): *A geomechanical Classification for slopes: Slope Mass Rating*. – In: J. A. Hudson (ed.): *Comprehensive Rock Engineering, Principles, Practice & Projects*, Vol. 3, Pergamon Press, 575–600. Oxford.
- [44] ROTH, Z. *Problémy horského tlaku skalních masívů z hlediska geologie*. Praha, NČSAV 1954.
- [45] SPANG, R.M. AND RAUTENSTRAUCH, R.W. 1988. *Empirical and mathematical approaches to rockfall prediction and their practical applications*. Proc. 5th International Symposium on Landslides, Lusanne. Vol. 2. 1237-1243.
- [46] SPIZZICHINO, D. *et al. Landslide risk analysis and mitigation for the ancient rock - cut city of Vardzia (Georgia)*. Proceedings of 2017 IPL Symposium, UNESCO, Paris
- [47] TERZAGHI, K. *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage*. 1925. Vienna, Deuticke. 399 pp.
- [48] TERZAGHI, K. *Rock defects and loads on tunnel supports*". In Proctor, R.V.; White, T. *Rock Tunnelling with Steel Supports*. 17-99. 1946. Youngstown.
- [49] TERZAGHI R. (1965): *Sources of error in joint surveys*. Geotechnique, Vol 15, 1965, pp 287-304.
- [50] TOMÁS, R. et al. *Modification of slope mass rating (SMR) by continuous functions*. – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. Vol. 44, p.p. 1062-1069.
- [51] VALACHOVIČ, F. A KOL. (1977) *Razenie bánských diel*. SNTL Alfa. Bratislava. 656 s.
- [52] VOGEL, T., LABIOUSE, V., AND MASUYA, H.: *Rockfall Protection as an Integral Task*, Struct. Eng. Int., 19(3), 321–326, 2009.

- [53] VOLKWEIN, A. et al.. *Rockfall characterisation and structural protection - a review*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. European Geoscience Union. 2011. Vol. 11. p. 2617-2651.
- [54] WIDMANN, R. *Anchors in Theory and Practise*. Proceedings of the International symposium. Salzburg. 1995. ISBN 90-5410-577-1. 459 p.
- [55] WYLLIE, D.C.; MAH, CH.W. *Rock Slope Engineering - 4th ed.* New York. 2014. ISBN 0-203-57083-9. 456 p.
- [56] ZAVACKÝ, M. et al.. *Statistical Estimate of Uniaxial Compressive Strength of Rock Based on Shore Hardness*. Symposium of ISRM. Elsevier Procedia Engineering Vol. 191 (2017) p.p. 248-255.
- [57] ZÁRUBA, Q.; MENCL, V. *Inženýrská geologie*. Akademia Praha. 1974. 512 p.
- [58] ZÁRUBA, Q.; MENCL, V. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. ČSAV Praha. 1969. 220 p.
- [59] ZÁRUBA-PFEFFERMANN, Q. *O stabilitě svahů nad povltavskou silnicí u Štěchovic a Vraného*. Technický obzor 39. 1931. Praha.

Použité normy a předpisy

- [I] ASTM D420-5611; *Annual book of ASTM standards. Soil and rocks (I)*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 2004.
- [II] ČSN 72 1002:1993; *Klasifikace zemin pro dopravní stavby, neplatná od 2010*
- [III] ČSN 73 0033:1990; *Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro zatížení a účinky, neplatná od 2010*
- [IV] ČSN 73 0035:1988; *Zatížení stavebních konstrukcí, neplatná od 2010*
- [V] ČSN 73 0037:1991; *Zemní tlak na stavební konstrukce*
- [VI] ČSN 73 1001; *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, neplatná od 2010*
- [VII] ČSN P 73 1005; *Inženýrskogeologický průzkum*
- [VIII] ČSN 73 6101; *Projektování silnic a dálnic*
- [IX] ČSN 73 6110; *Projektování místních komunikací*
- [X] ČSN 73 6133; *Navrhování a provádění tělesa pozemních komunikací*

- [XI] ČSN EN 10223-3; *Ocelové dráty a drátěné výrobky na ploty - Část 3: Drátěná ocelová pletiva se šestiúhelníkovými oky pro průmyslové účely*
- [XII] ČSN EN 14199; *Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty*
- [XIII] ČSN EN 1537; *Provádění speciálních geotechnických prací - Injektované horninové kotvy*
- [XIV] ČSN EN 1926; *Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku*
- [XV] ČSN EN 1936; *Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení měrné a objemové hmotnosti a celkové a otevřené pórovitosti*
- [XVI] ČSN EN 1998-1; *Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby*
- [XVII] ČSN EN 60229; *Elektrické kabely - Zkoušky výtlačně lisovaných vnějších pláštů se speciální ochranou funkcí*
- [XVIII] ČSN EN ISO 14689:2018; *Geotechnický průzkum a zkoušení - pojmenování a zařídování hornin - část 1: pojmenování a popis.*
- [XIX] ČSN EN ISO 4892-2; *Plasty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 2: Xenonové lampy*
- [XX] ČSN EN ISO 4892-3; *Plasty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 3: Fluorescenční UV lampy*
- [XXI] ČSN EN ISO 9227; *Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou*
- [XXII] ČSN EN 1997-1; *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí*
- [XXIII] DIN 1025-3; *Hot rolled I and H sections (IPBl series); dimensions, mass and static parameters*
- [XXIV] EN 10025-2; *Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované konstrukční oceli*
- [XXV] EN 10244-2; *Ocelové dráty a výrobky z drátu - Kovové neželezné povlaky na ocelových drátech - Část 2: Povlaky ze zinku nebo slitin zinku*
- [XXVI] TP-76 MD ČR; *A+B: Zásady + provádění geotechnického průzkumu*

Internetové stránky

- [a] www.darda.de (Internetové stránky německého výrobce hydraulických trhacích klínů)

- [b] www.durhamgeo.com (Internetové stránky britského výrobce laboratorního a tréniného vybavení pro geotechniky)
- [c] www.geobruigg.com (Internetové stránky rakouského výrobce záchytných systémů dynamických bariér)
- [d] www.geologie.vsb.cz (Internetové stránky alma mater s užitečnými podklady)
- [e] www.geology.cz (Internetové stránky České geologické služby s mapovým portálem)
- [f] www.huddy.cz (Internetové stránky českého distributora měřicí techniky)
- [g] www.matest.com (Internetové stránky italského výrobce laboratorního a tréniného vybavení pro geotechniky)
- [h] www.strixchomutov.cz (Internetové stránky největšího českého dodavatele sanačních výškových prací a materiálů)

Použité zkratky a symboly

Zkratky

AVR	Average vehicle risk
DP	Disertační práce
1-2-3D	N-rozměrný prostor
C	Ocelová plnoprofilová kotevní tyč
CG	Metoda sdružených gradientů
CKT	Celozávitová kotevní tyč
COR	Koeficient restituice
ČKAIT	Česká komora autorizovaných inženýrů
ČSN	Česká (Československá) státní norma
DB	Dynamická bariéra
DEM	Digital elevation model
DIN	Deutsche industrie-norm
DPH	Daň z přidané hodnoty
DSD	Decision sight distance
DÚR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
E	Cementová směs
EDS	Elektrárna dlouhé stráně
EN	Evropská norma
EOTA	European Organization for Technical Approvals
ETAG	European technical approval of falling rock protection kits
GBT	Green breaktechnology
GIS	Geografické informační systémy
GSI	Geological strenght index
GSM	Global System for Mobile Communications
HB	Hoek & brown
HEA	Ocelový válcovaný profil
HEB	Ocelový válcovaný profil
HEM	Ocelový válcovaný profil
I	Injektovatelná kotevní tyč ocel/sklolaminát
IBO/SDA	Self drilling anchor
L(G)	Chemická směs
L1...n	Číslo lokality
LCG	Lineární kongruentní generátor
MEL	Maximum energy level

MP	Mikropilota
MSE	Mechanicky stabilizovaná zemina
OPK	Opěrné konstrukce
OPŽP	Operační fond Životního prostředí
PD	Projektová dokumentace
PE	Polyetylen
PoGTP	Podrobný geotechnický průzkum
PP	Polypropylen
PR	Přírodní rezervace
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
R	Sklolaminátová plnoprofilová kotevní tyč
RAL	Reichsausschuss für Lieferbedingungen
RHRS	Rockfall hazard rating systém
RMi	Rock Mass index
RMR	Rock mass rating
RQD	Rock quality designation
S1...n	Číslo zkoušky
SB	Stříkaný beton
SEL	Service energy Level
SMR	Slope mass rating
SMS	Short message service
SSD	Suma kvadrátů rozdílů
SMOD	Směrodatná odchylka
TOP	Těžký ochranný plot
UPE	Ocelový válcovaný profil
ÚSMH AV	Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd
UV	Ultra violet
VK	Vrtací kladivo
VS	Vrtaná sonda
ŽB	Železobeton

Symboly

$A [m^2]$	Délka spáry v řezu na bm
$a_1, a_3 [m]$	Nejkratší a nejdelší rozměr typického bloku
$ADT [vůz/den]$	Počet vozů za den
$A_F/\varphi [^\circ/^\circ]$	Směr hlavní přímky roviny ku úklonu

AVR [%]	Average vehicle risk
A_{φ}/φ [$^{\circ}/^{\circ}$]	Směr úklonu ku úklonu
c [MPa]	Zdánlivá soudržnost
c_i [kPa]	Okamžitá nenulová koheze
D [-]	Stupeň porušení masivu
d [m]	Medián frakce deluvia
d_b [m]	Délka upnutí
DSD [%]	Decision Sight Distance ve tvaru
d_{slope} [m]	Deformační zóna dynamické bariéry
$E_{def,2}$ [MPa]	Únosnost pláně
E_k [J]	Kinetická energie
E_m [GPa]	Globální modul přetvárnosti masivu
F [-]	Opravný koeficient
F_b [kN]	Silový účinek při mobilizaci plášťového tření
F_{ed} [kN]	Výpočtová kotevní síla
f_i [-]	Opravný součinitel
F_{pas} [kN]	Pasivní silový účinek
F_{pas} [kN]	Aktivní silový účinek
F_s [-]	Stupeň stability
F_t [kN]	Dynamická třecí síla
F_{yd} [kN]	Mez kluzu tyče nebo pevnost závitů
G [kN]	Tíha převisu
g [$m \cdot s^{-2}$]	Gravitační zrychlení
G_s [kN]	Setrvačná seismická síla
GSI [-]	Geological strenght index
G_t [kN]	Výslednice pevnosti v tahu masivu
H [m]	Svislá výška svahu
i [$^{\circ}$]	Úhel odklonu
$I_{d,min}$ [-]	Index relativní ulehlosti
J_a [-]	Alterace puklin
J_{Cond89} [-]	Hodnocení stavu diskontinuit
JCS [MPa]	Pevnost stěny diskontinuity
JCS_n [MPa]	Normalizovaná pevnost stěny diskontinuity
J_n [-]	Počet puklinových systémů
J_r [-]	Drsnost puklin
JRC [-]	Drsnost pukliny
JRC_n [-]	Normalizovaná drsnost pukliny
J_v [$ks \cdot m^{-3}$]	Volumetrický počet spar
J_{wice} [-]	Součinitel klimatických a geologických podmínek

$k_{l...s}$ [-]	Iterační koeficienty
L [m]	Délka vrtného jádra
l [m]	Délka hodnocené délky návrtu
l_i [m]	Délka úlomku jádra
m [kg]	Hmotnost tělesa
m_b, a, s [-]	Materiálové konstanty závislé na složení horniny a vlastnostech ploch nespojitosti
M_E [m]	Mocnost tlumící vrstvy
N_r [ks]	Počet náhodných puklin
O [-]	Součinitel orientace puklin
q [-]	Směrový parametr
Q_{rate} [s ² /m ²]	Poměr objemové hmotnosti a pevnosti horniny
r [%]	Velikost odskoku Schmidtova kladívka na suchém zvětralém povrchu
R [%]	Velikost odskoku Schmidtova kladívka na suchém nezvětralém povrchu stěny
r [m]	Rameno sil nebo poloměr tělesa
r_b, r_r [mm]	Poloměr vrtu a tyče
R_{dt} [kPa]	Tabulková výpočtová únosnost
RQD [%]	Rock quality designation
S [m]	Rozteč spar
S_a [m]	Průměrná vzdálenost puklin
SRF _{slope} [-]	Součinitel napjatosti
T [kN]	Tahový účinek svorníku
t [s]	Čas
U a V [kN]	Výslednice hydrostatického tlaku
UCS [MPa]	Uniaxial compressive strenght
UCS ₅₀ [MPa]	Naměřená tlaková pevnost
UCS _d [MPa]	Normalizovaná tlaková pevnost na tělísko průměru $d = 50$ mm
V [m.s ⁻¹]	Rychlost
V_b [m ³]	Blokovitost
W [kN.m ⁻¹]	Tíha bloku v řezu na b_m
wJ_d [ks.m ⁻²]	Vážená hustota rozpukání
$X; Y$ [m]	Poloha hmotného bodu
z [m]	Hloubka trhliny
α [°]	Sklon puklinového systému nebo obecný úhel
α_i [°]	Směr průmětu ploch klínu
α_j [°]	Směr sklonu diskontinuity
α_s [°]	Směr sklonu svahu
β [-]	Tvarový faktor bloku
β [°]	Generelní úhel nezajištěného svahu
β_i [°]	Sklon průmětu ploch klínu
β_j [°]	Sklon diskontinuity

β_s [°]	Sklon svahu
γ [°]	Doplňkový úhel
γ [°]	Vzájemný úhel systémů diskontinuit
γ [kN]	Tíha horniny
$\Delta x/y$ [-]	Poměr délky a výšky bloku
δ [°]	Úhel odklonu
ε [%]	Přetvoření tyče
ξ [-]	Konvergenční kritérium
ζ [°]	Úhel mezi směrem svahu a puklinového systému
ρ [kg.m ⁻³]	Hustota
ρ_s [kg.m ⁻³]	Objemová hmotnost
σ_0 [MPa]	Geostatické napětí in situ
σ'_1 a σ'_3 [MPa]	Větší a menší hlavní napětí na mezi porušení masivu
σ_c [MPa]	Jednoosá tlaková pevnost
σ_c, σ_t [MPa]	Pevnost v tlaku a tahu
σ_{ci} [MPa]	Tlaková pevnost intaktní horniny
σ'_{cm} [MPa]	Globální pevnost masivu
σ_n [MPa]	Normálové napětí na puklině
τ [MPa]	Tangenciální napětí na puklině
τ_b [MPa]	Plášťové tření zálivka/hornina
τ_{max} [MPa]	Maximální smyková pevnost
τ_{mob} [MPa]	Mobilizovaná smyková pevnost
φ [°]	Úhel vnitřního tření
φ_i [°]	Okamžitý úhel smykové pevnosti
φ_r [°]	Reziduální úhel smykové pevnosti
φ_{ud} [°]	Úhel dynamického tření
ψ_f [°]	Sklon svahu
ψ_p [°]	Sklon diskontinuity
ψ_T [°]	Úhel kotvení

Seznam příloh

- 01 Zatěžovací diagramy
- 02 Index RQD [%] a popis diskontinuit
- 03 Stanovení objemové hmotnosti [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] a jednoosé tlakové pevnosti [MPa]
- 04 Vygenerované náhodné proměnné
- 05 Příklad stanovení plášťového tření v rámci podrobného geotechnického průzkumu
- 06 Situace vrtaných sond

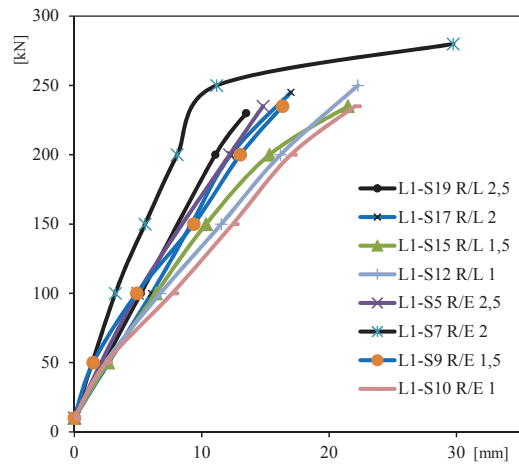
PŘÍLOHA 01 - Zatěžovací diagramy

Legenda

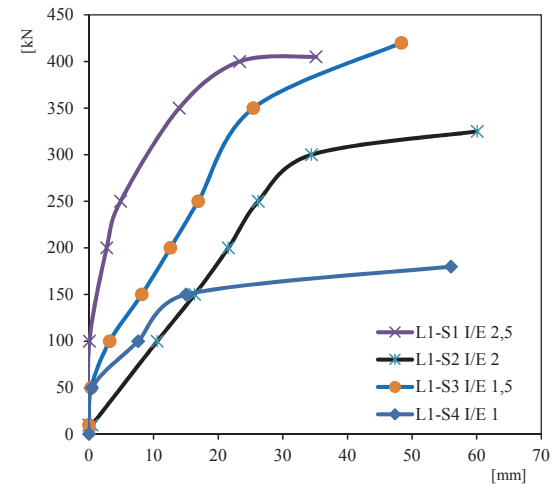
Písmeno C:	ocelová plnoprofilová kotevní tyč
Písmeno R:	sklolaminátová plnoprofilová kotevní tyč
Písmeno I:	injektovatelná kotevní tyč ocel/sklolaminát
Písmeno E:	cementová směs
Písmeno L(G):	chemická směs
Index L1...n:	číslo lokality
Index S1...n:	číslo zkoušky

Lokalita 1

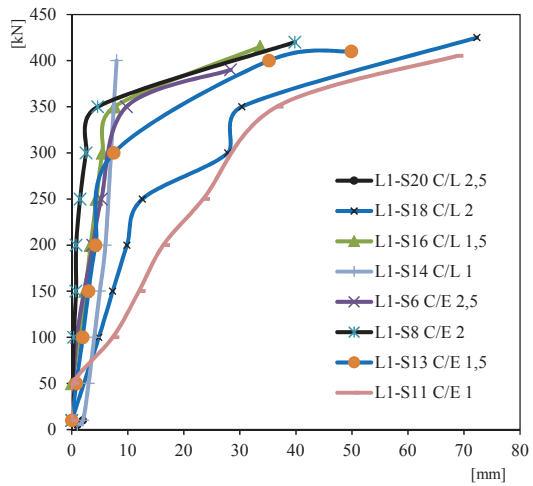
Podle typu R



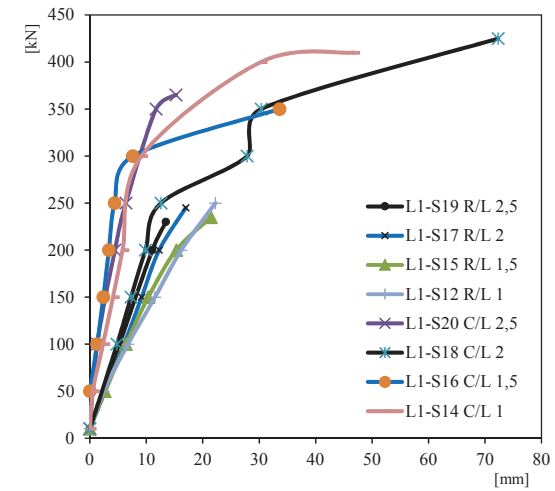
Podle typu I

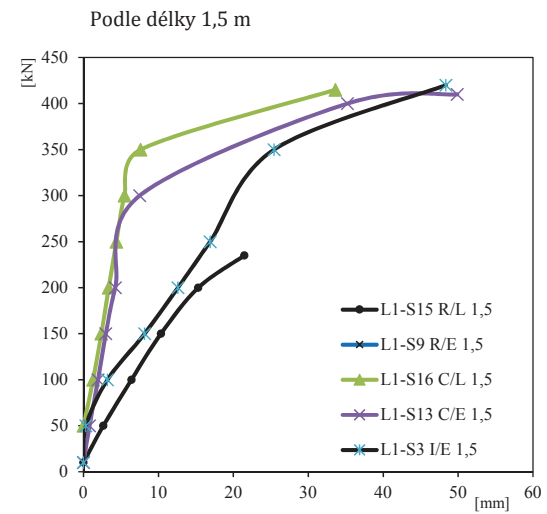
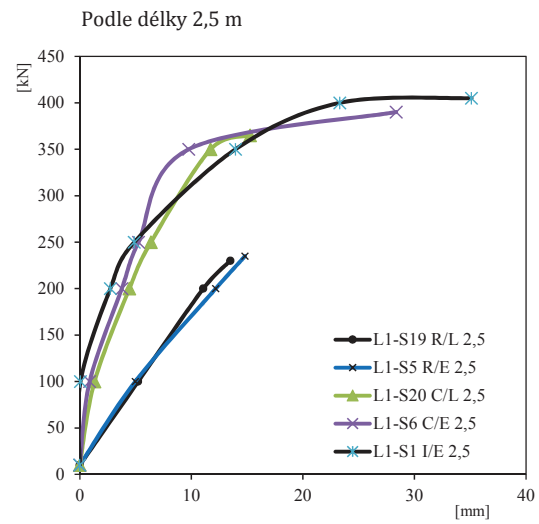
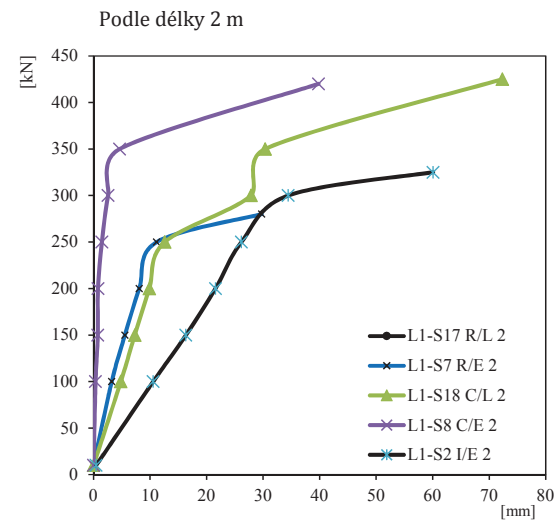
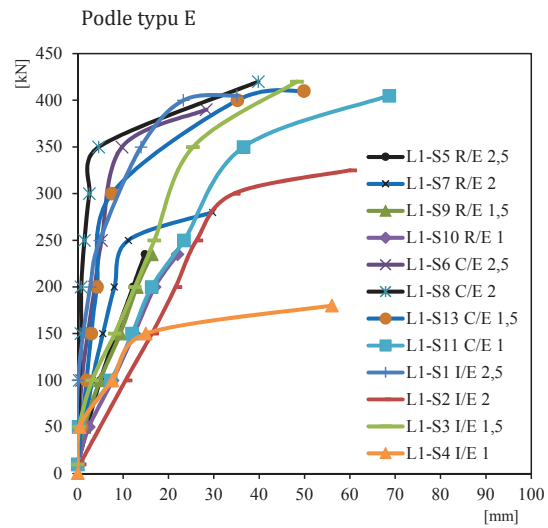


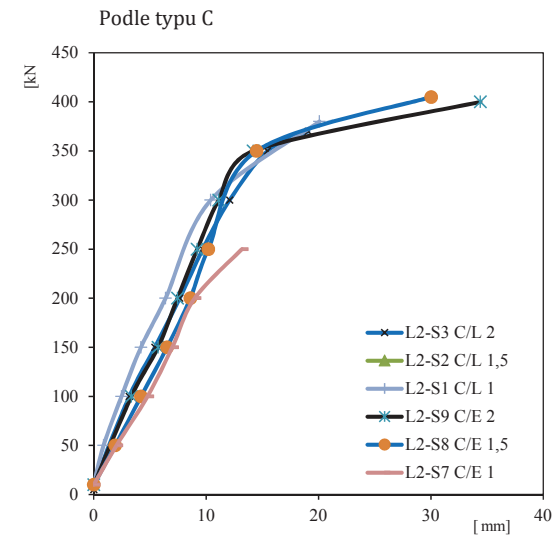
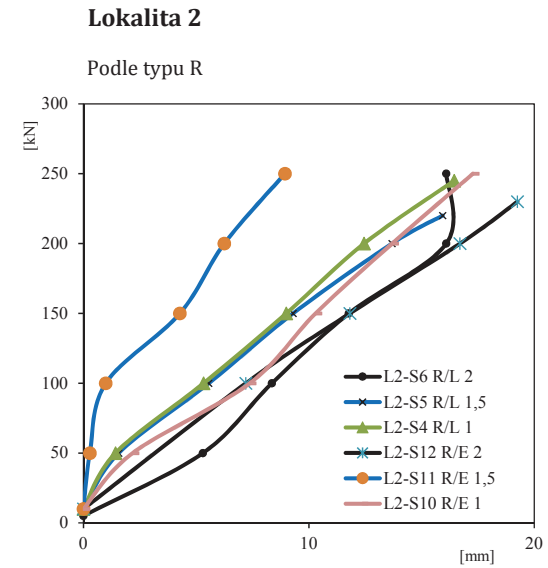
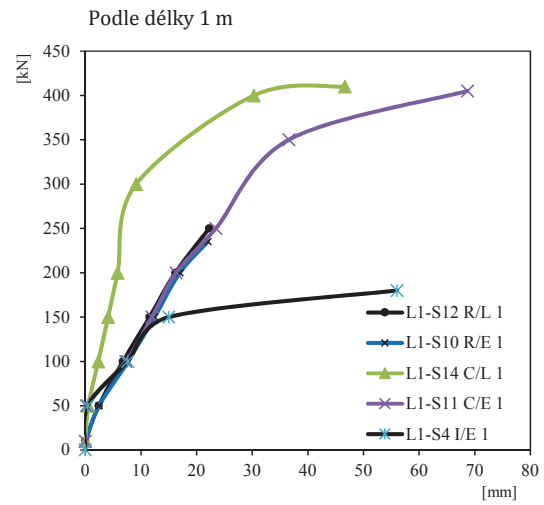
Podle typu C

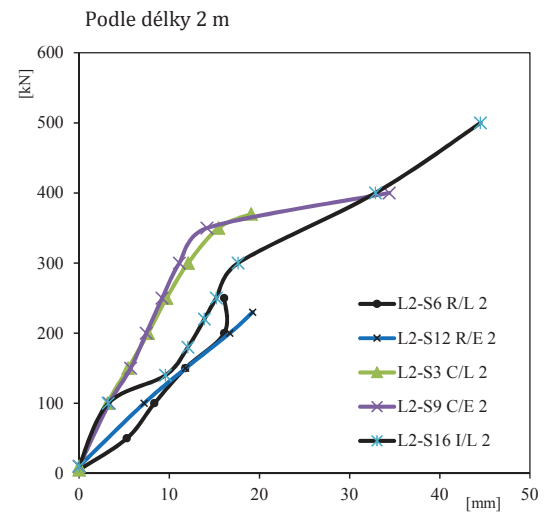
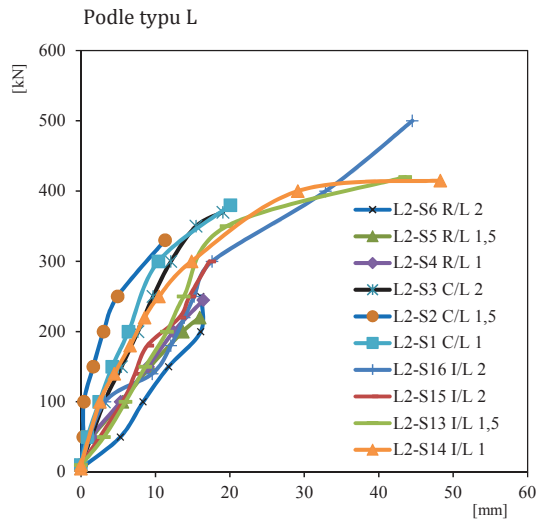
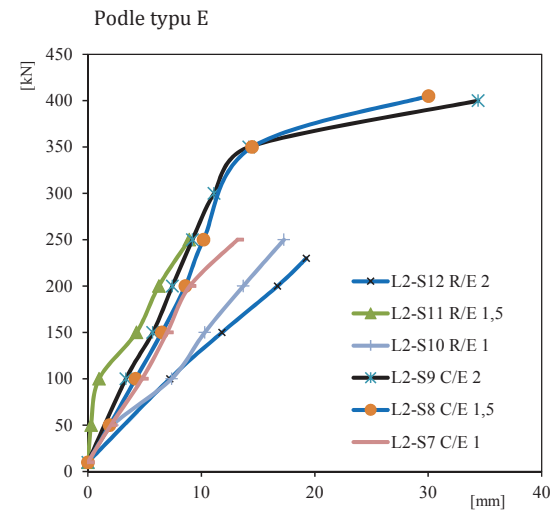
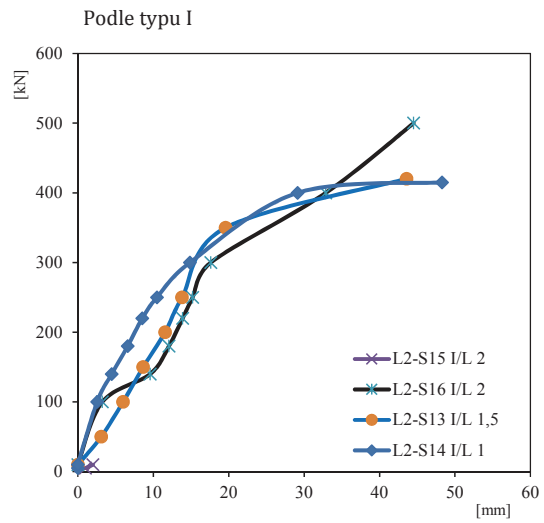


Podle typu L



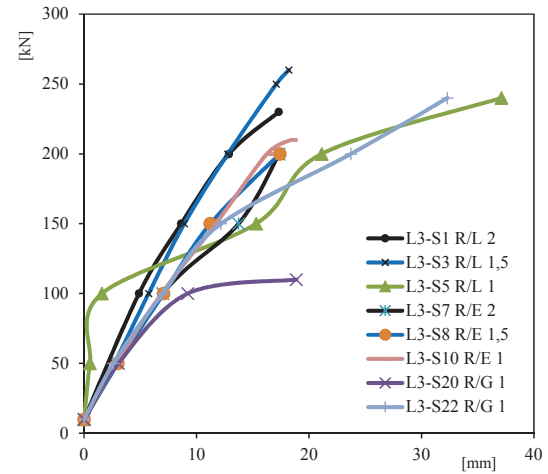




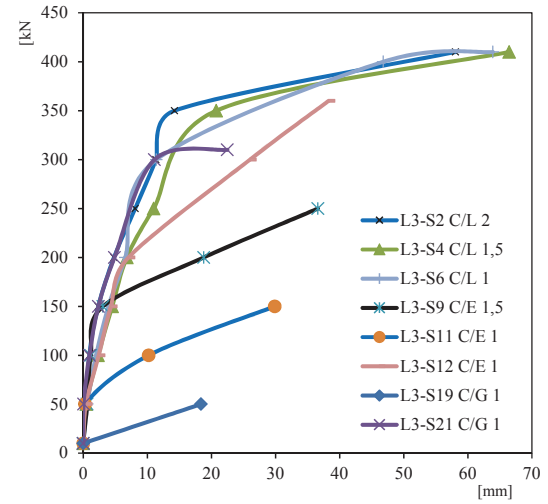


Lokalita 3

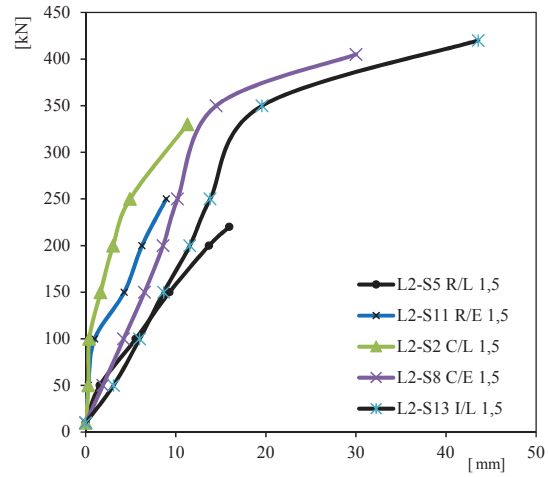
Podle typu R



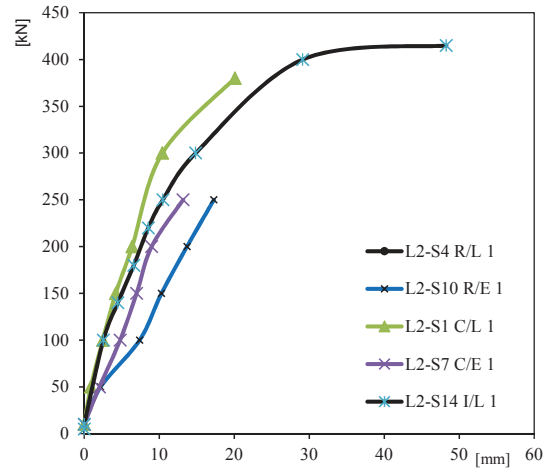
Podle typu C

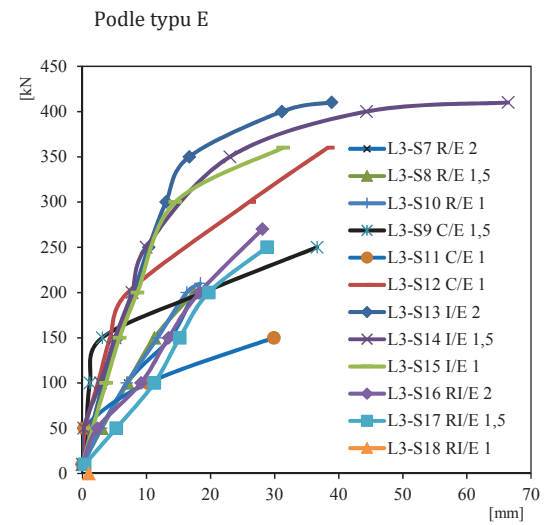
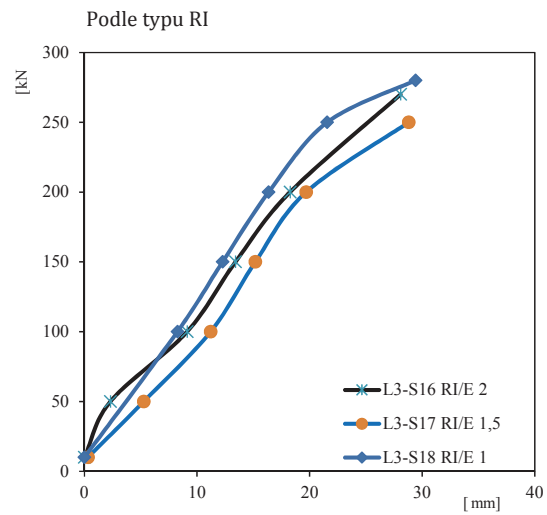
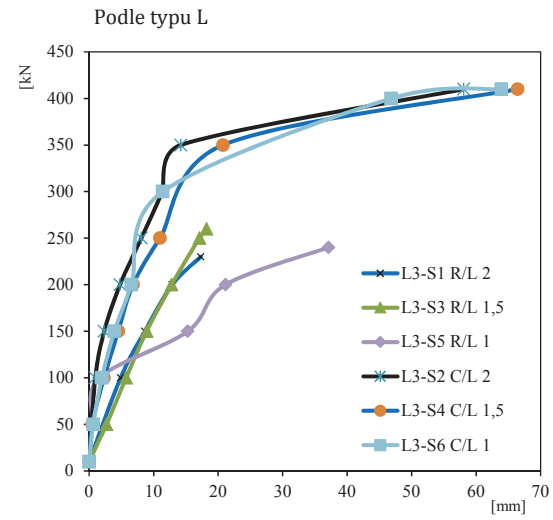
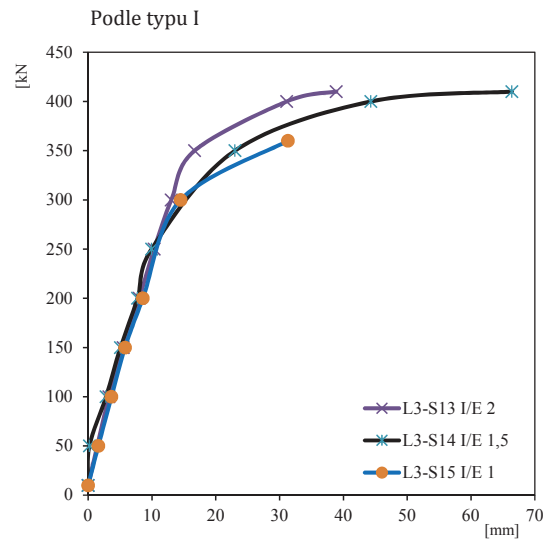


Podle délky 1,5 m

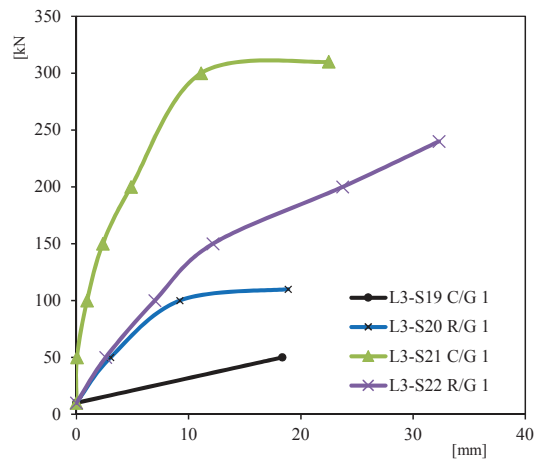


Podle délky 1 m

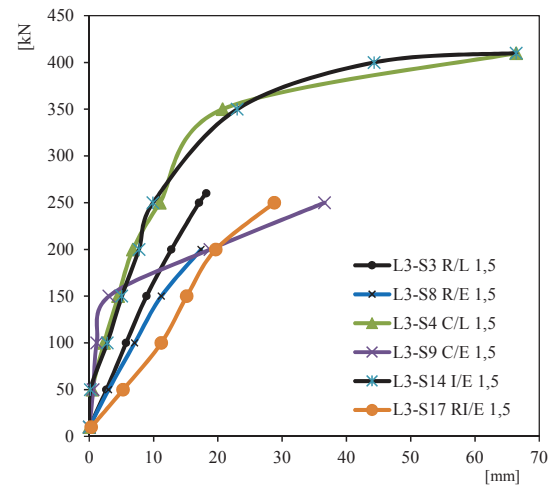




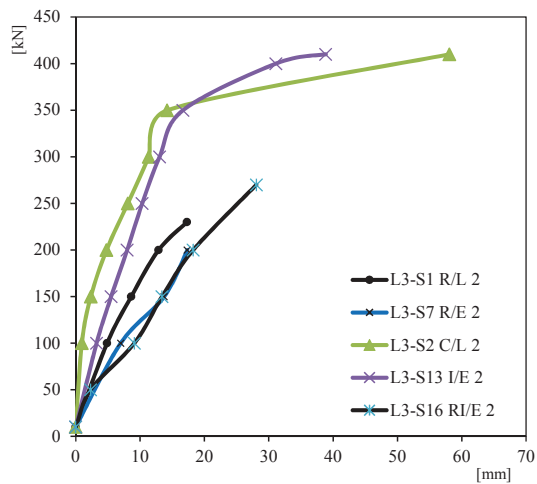
Podle typu G



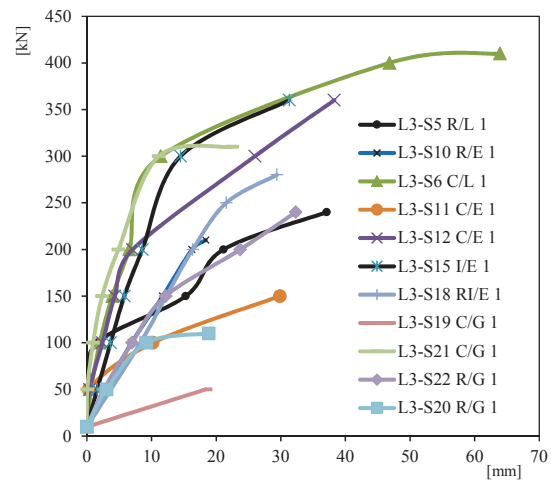
Podle délky 1,5 m



Podle délky 2 m

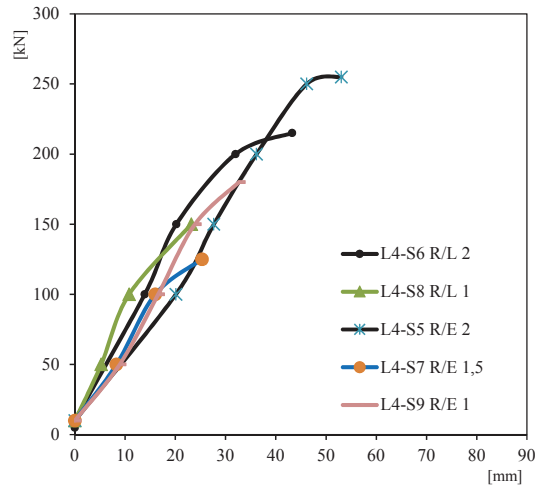


Podle délky 1 m

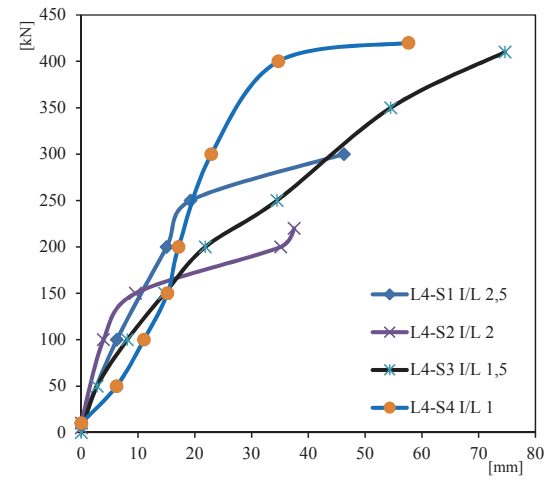


Lokalita 4

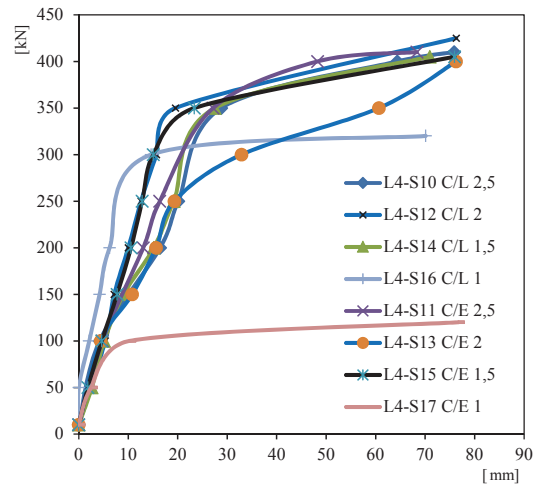
Podle typu R



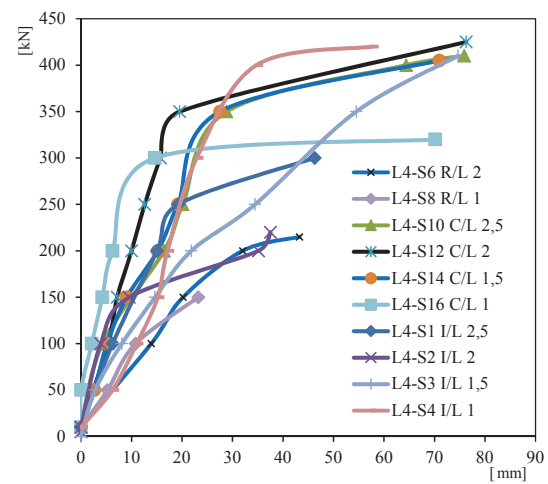
Podle typu I

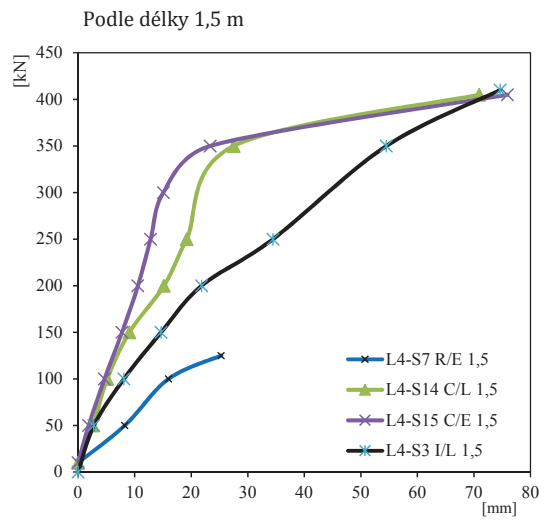
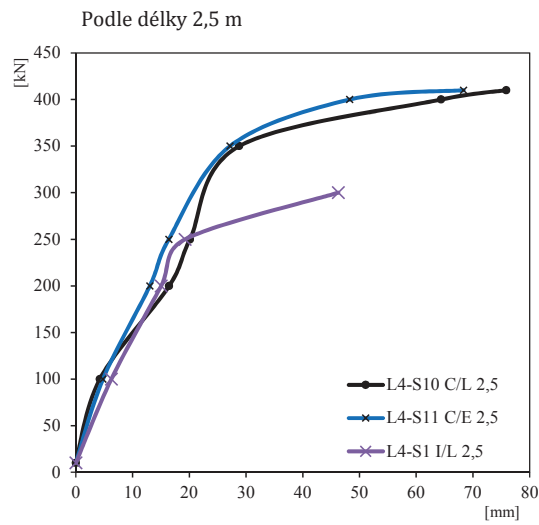
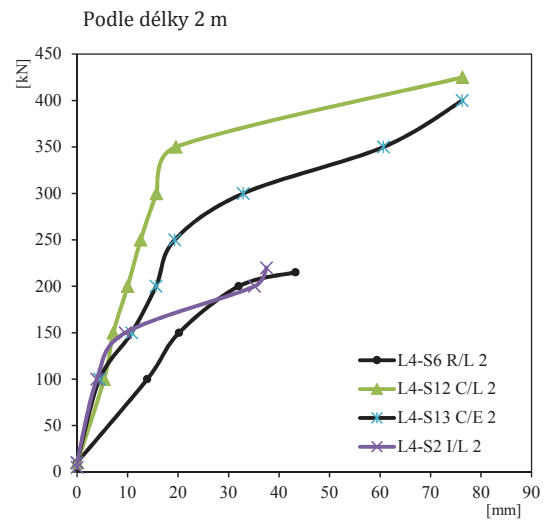
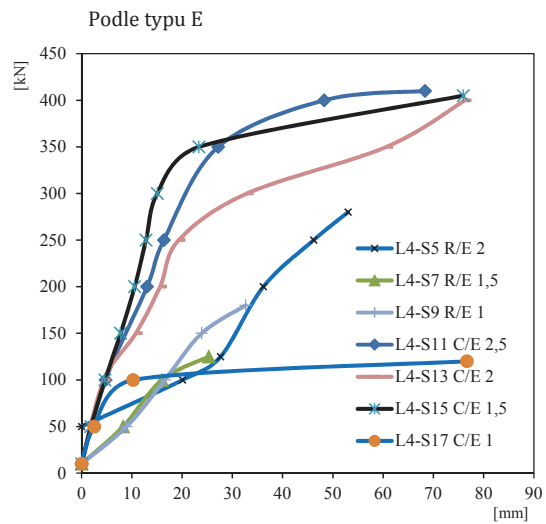


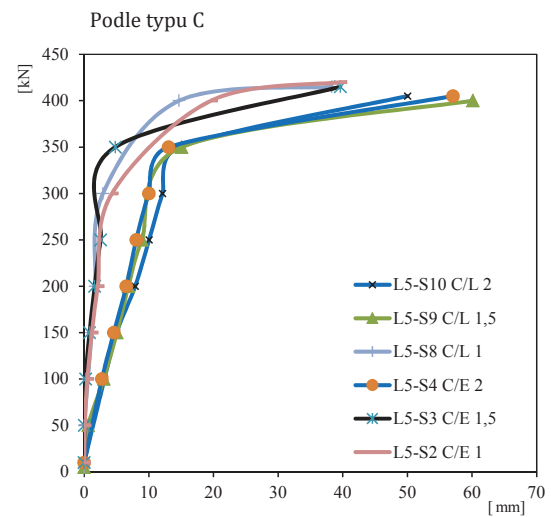
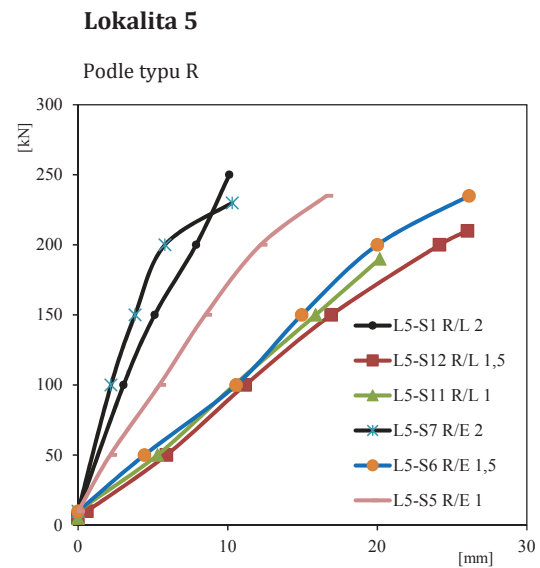
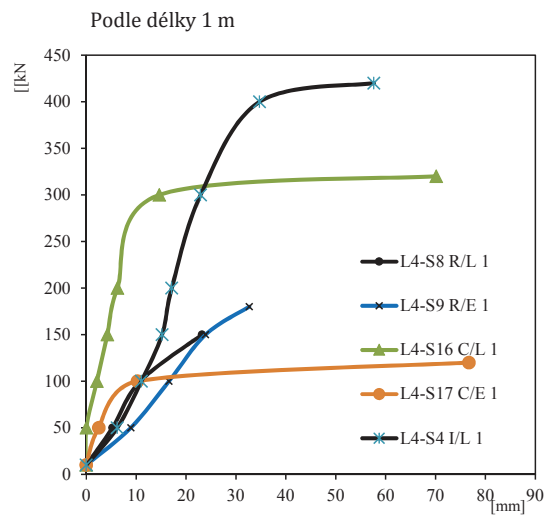
Podle typu C

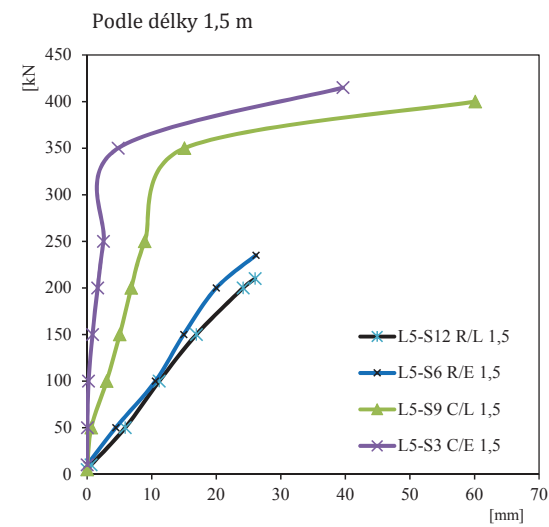
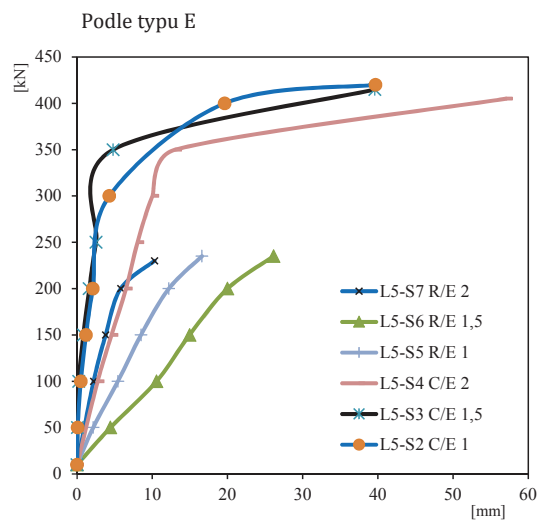
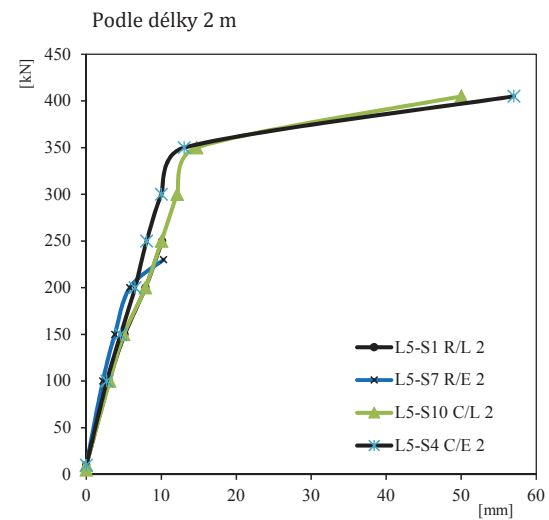
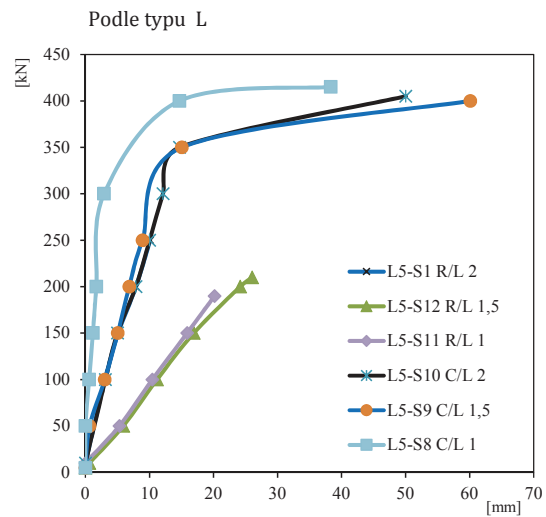


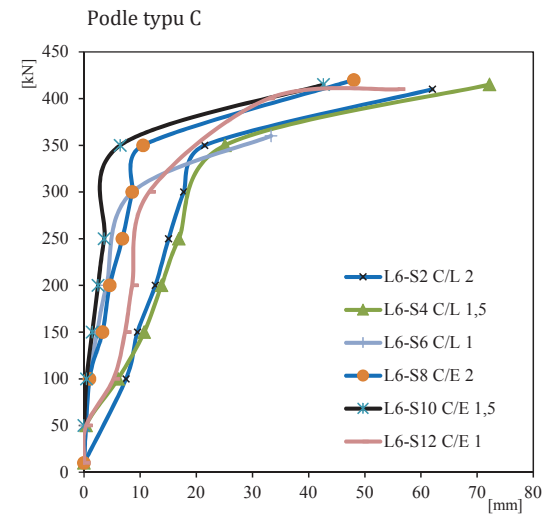
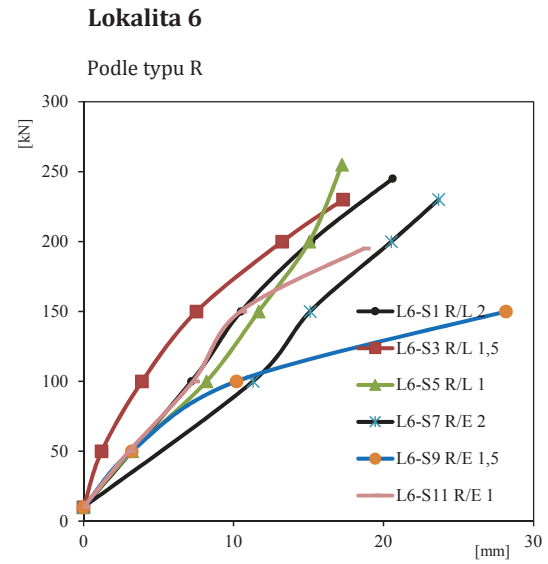
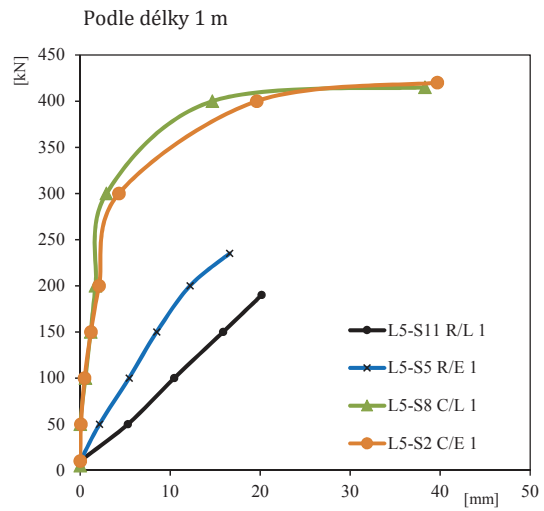
Podle typu L

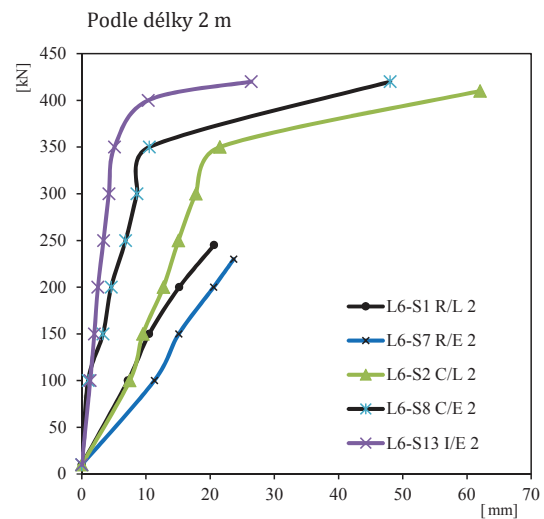
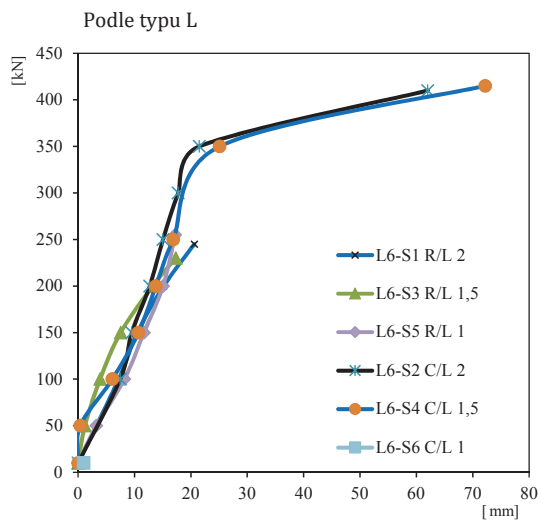
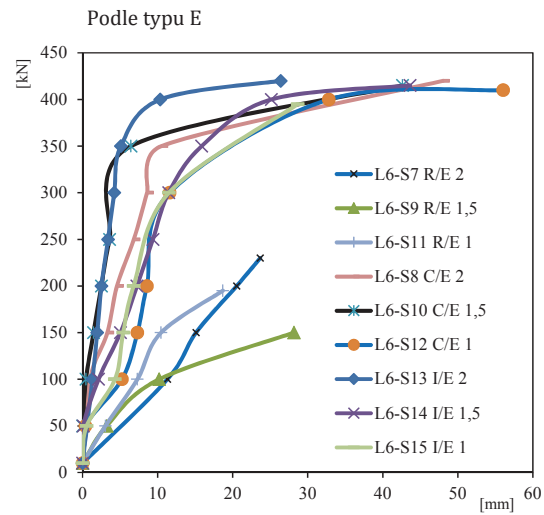
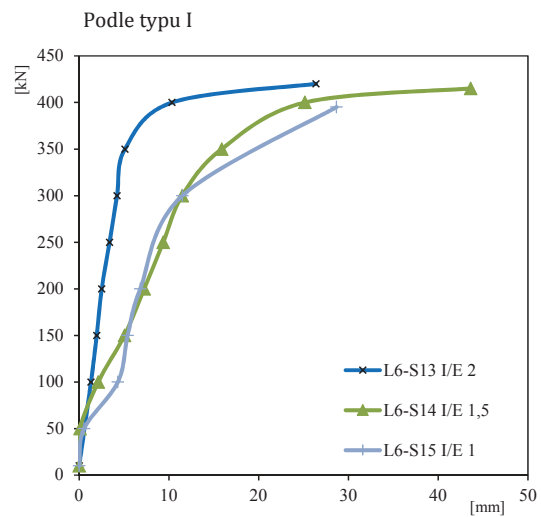


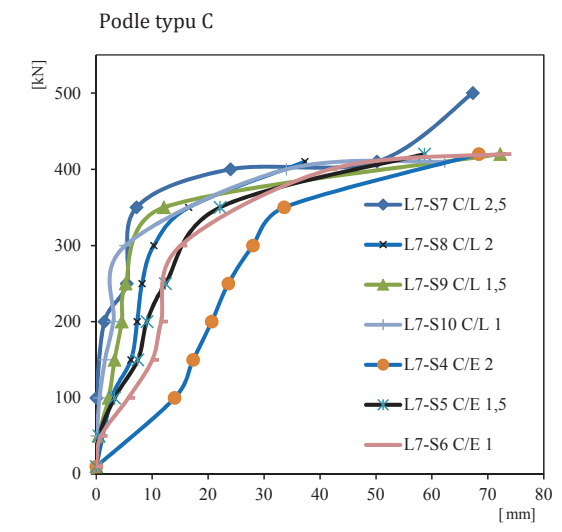
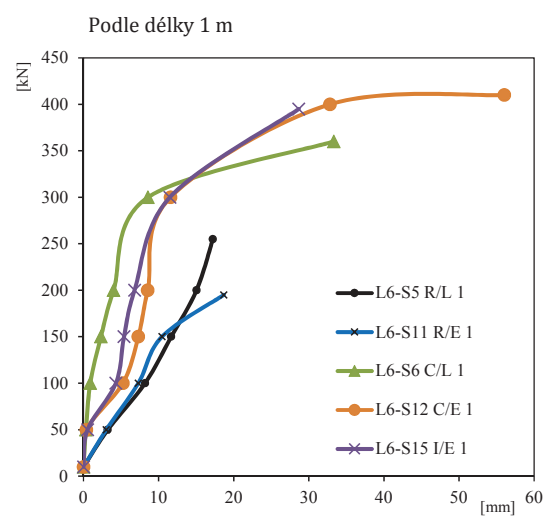
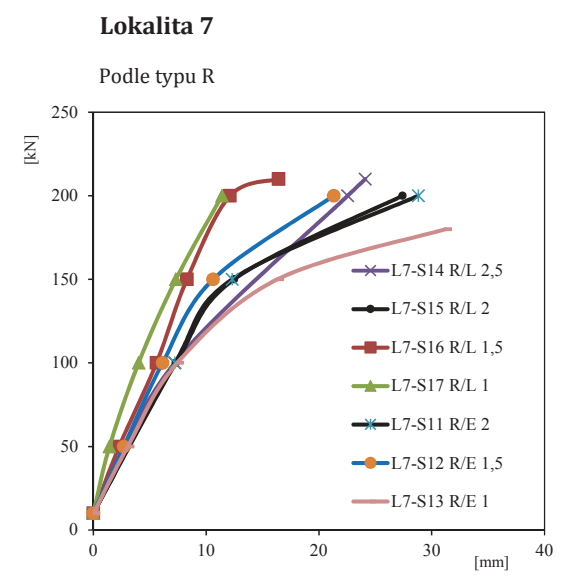
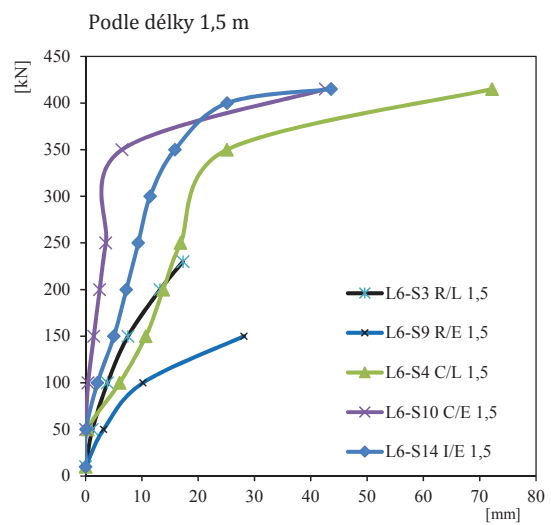


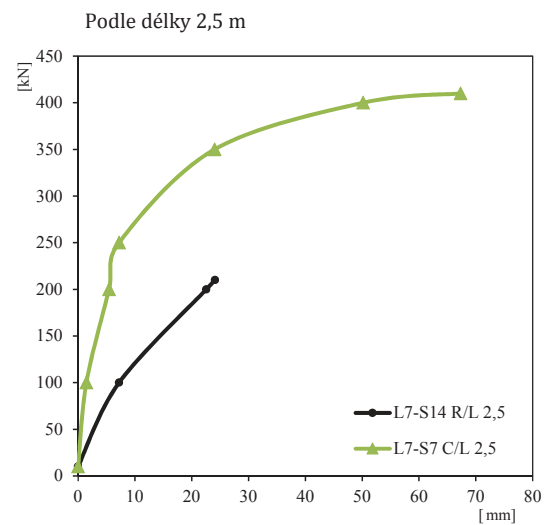
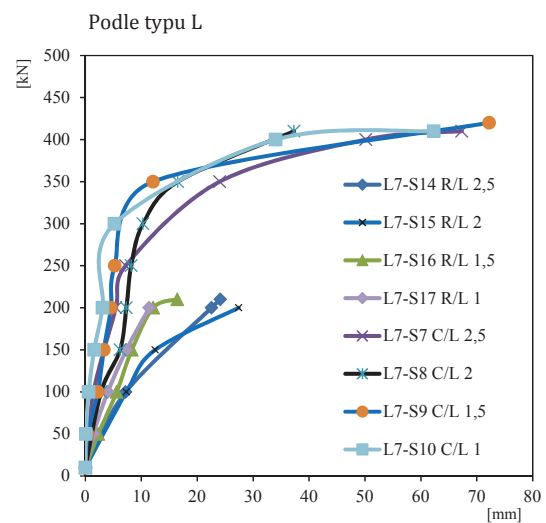
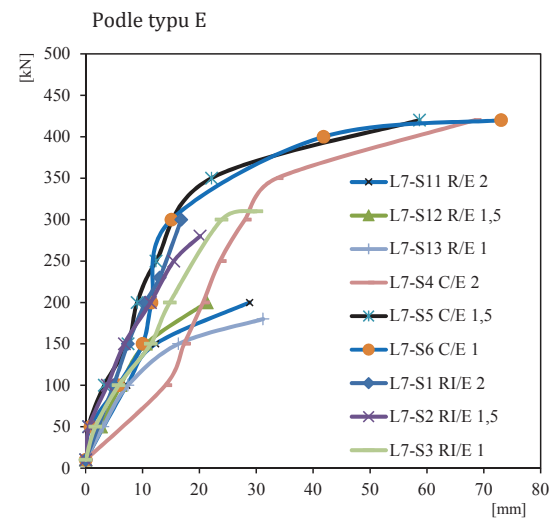
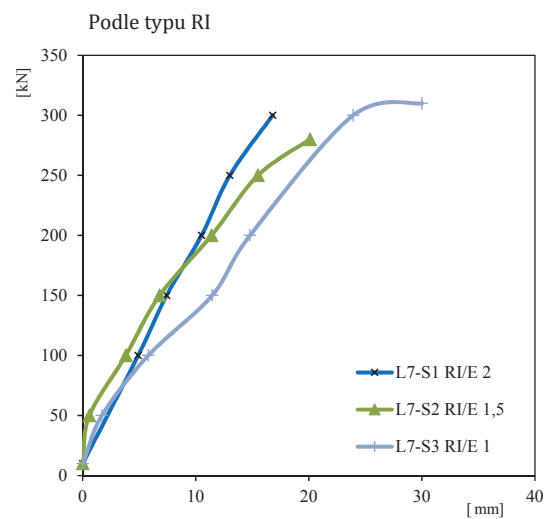


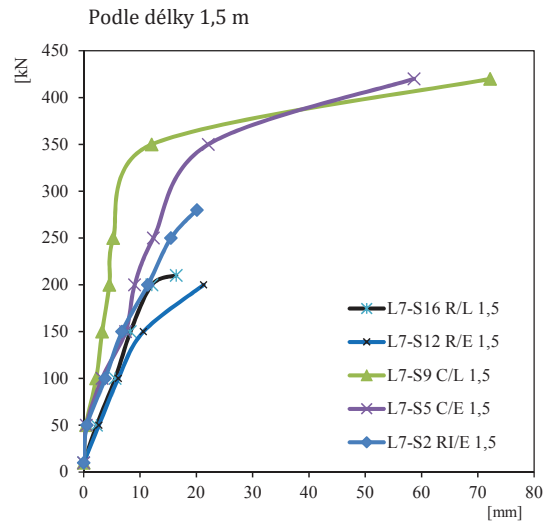
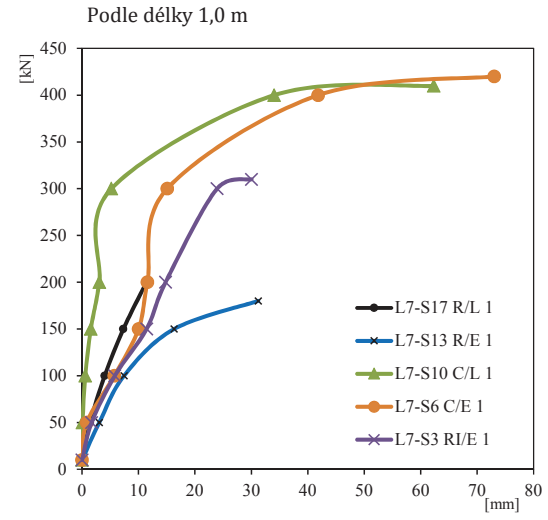
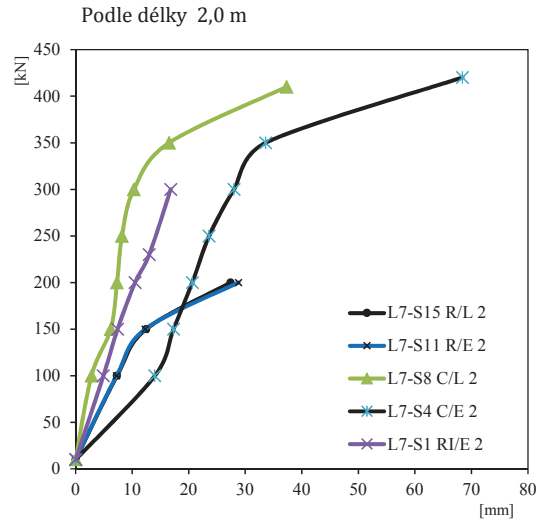






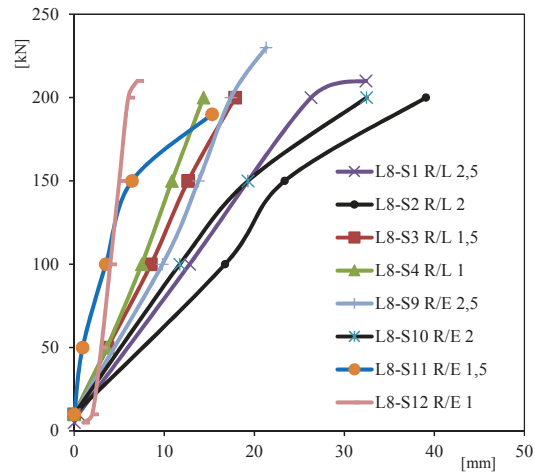




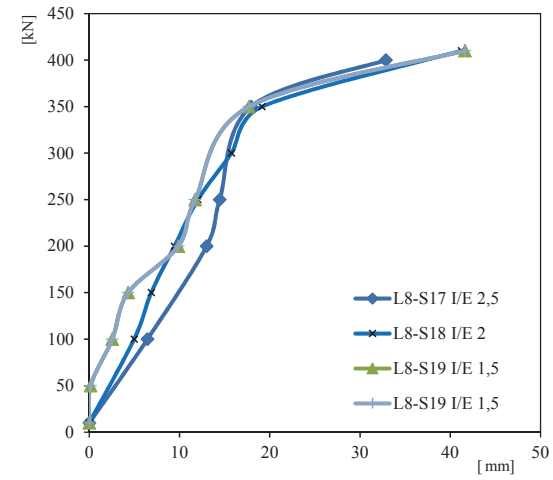


Lokalita 8

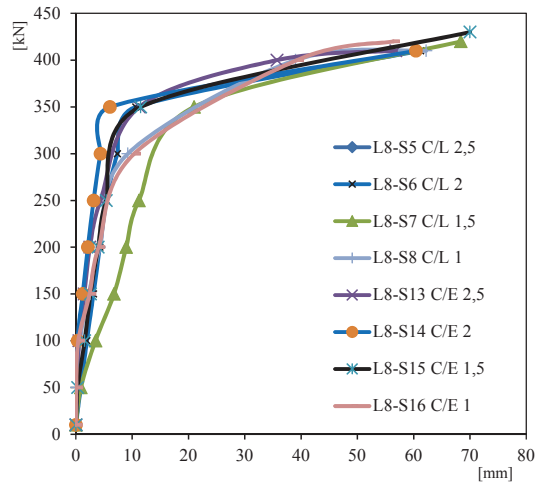
Podle typu R



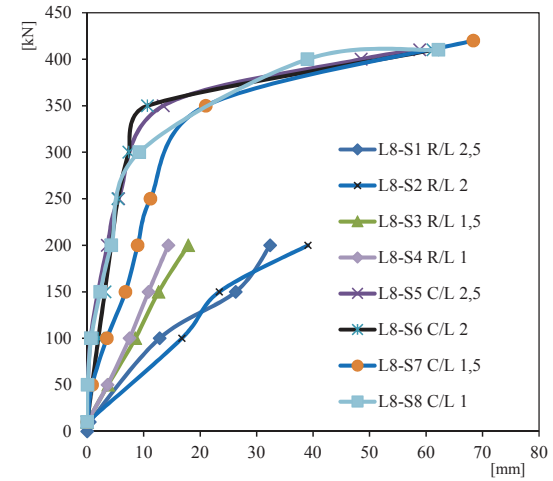
Podle typu I

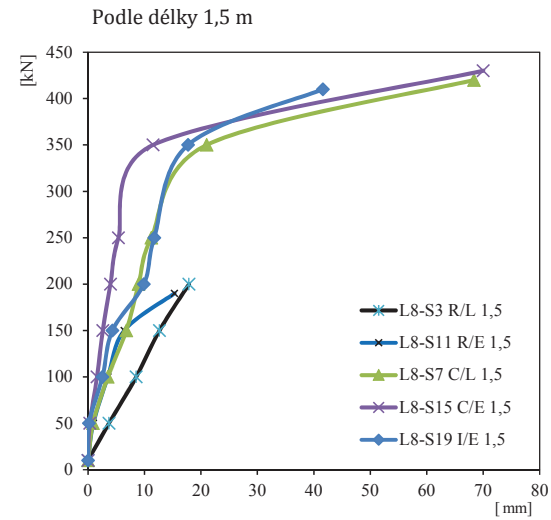
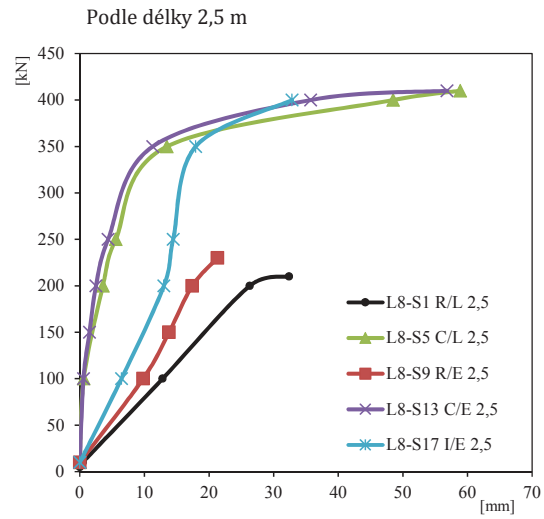
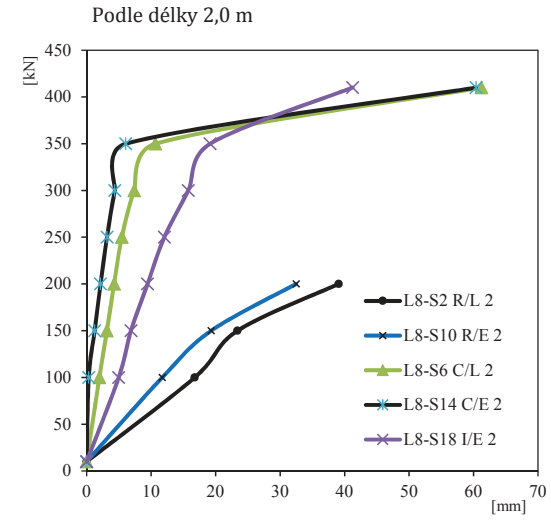
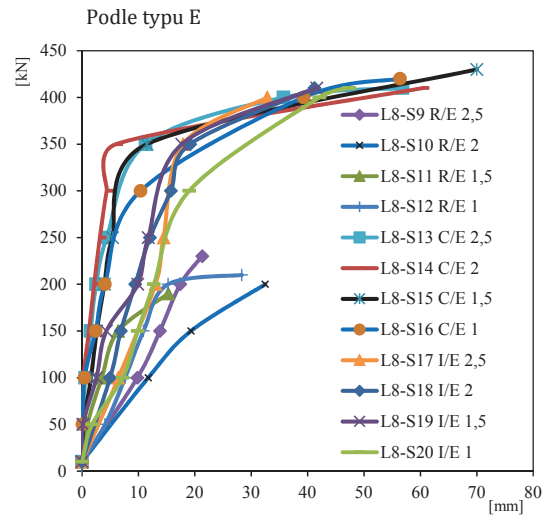


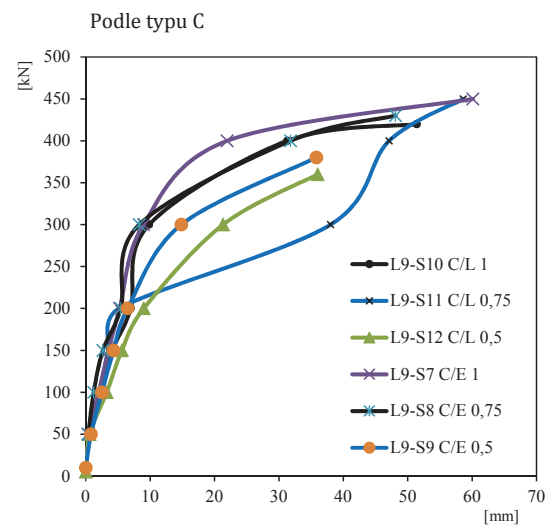
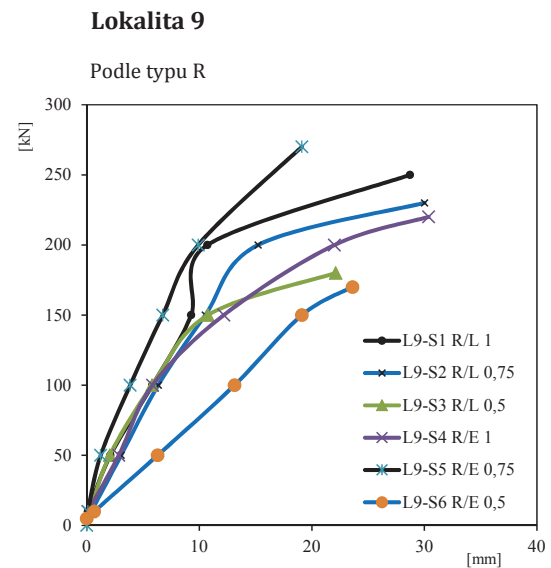
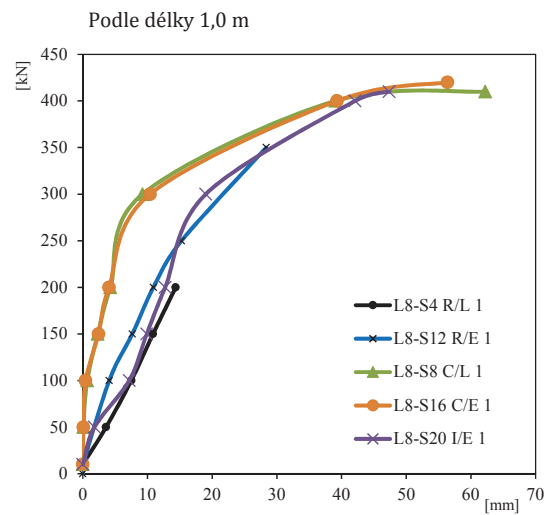
Podle typu C



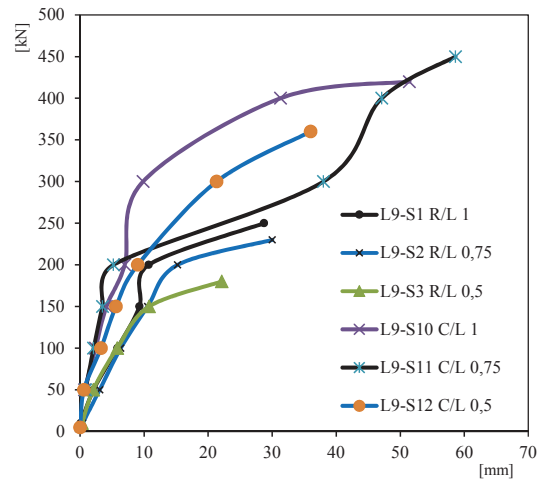
Podle typu L



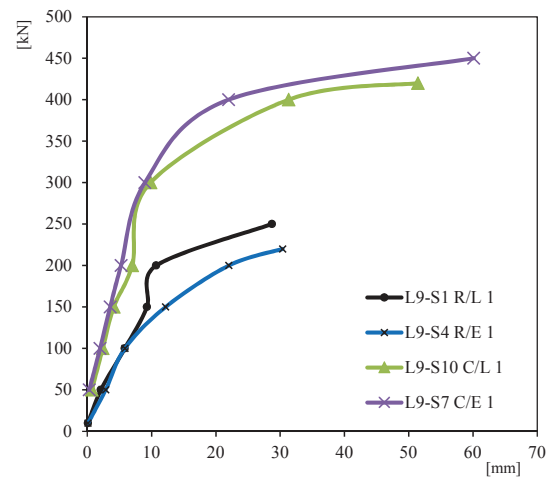




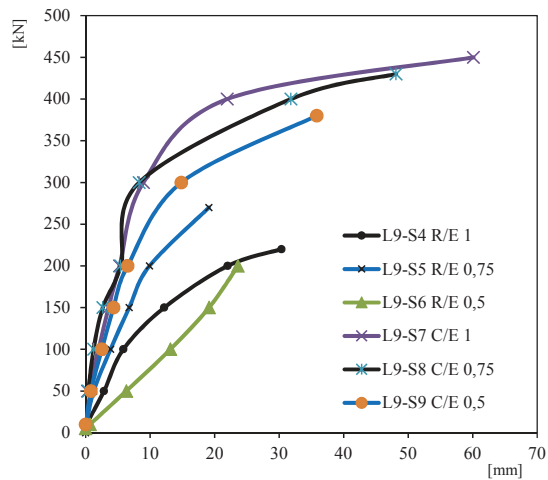
Podle typu L



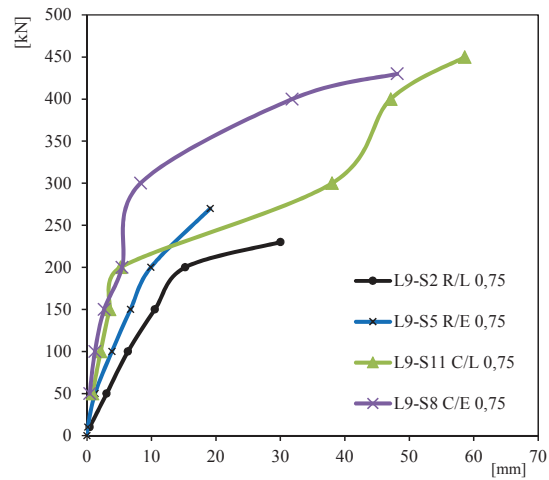
Podle délky 1,0 m

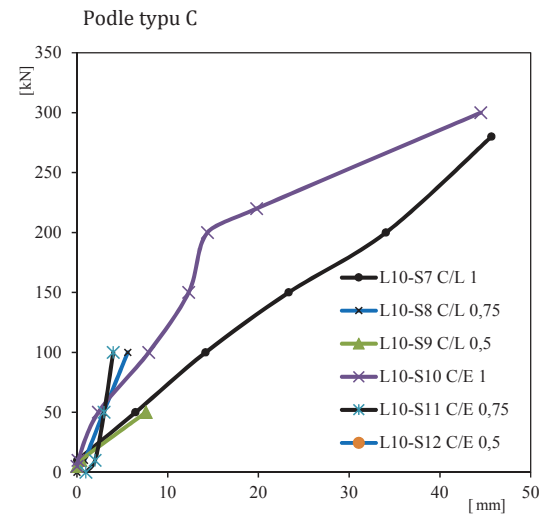
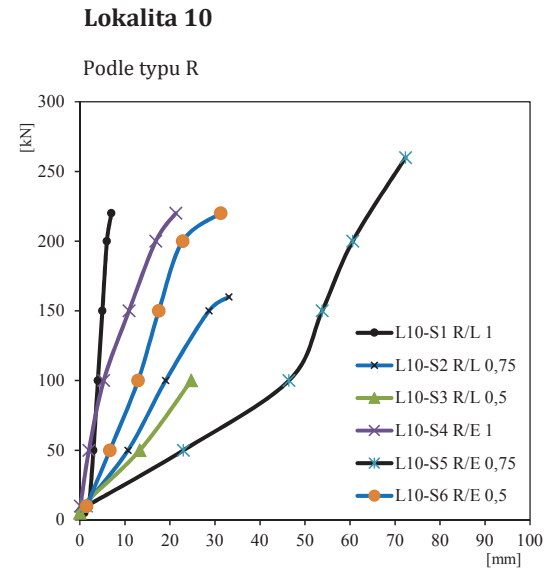
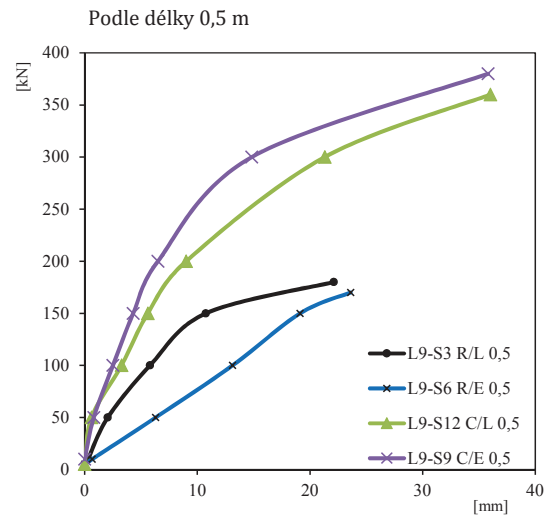


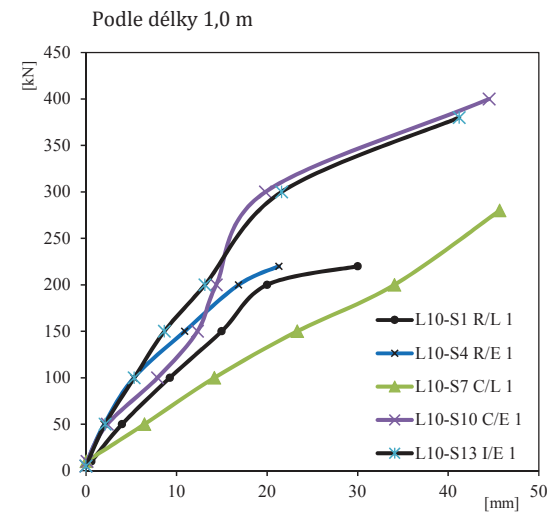
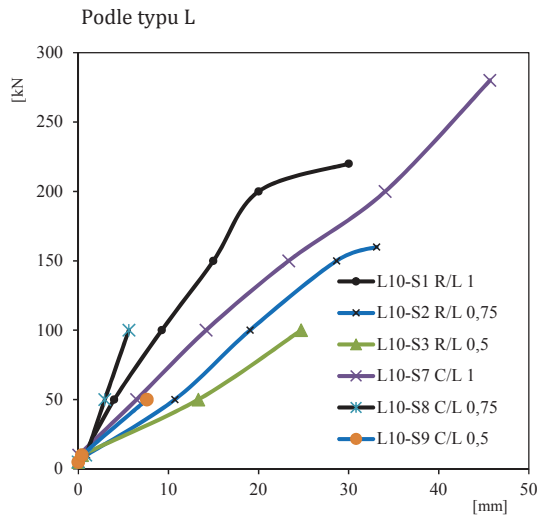
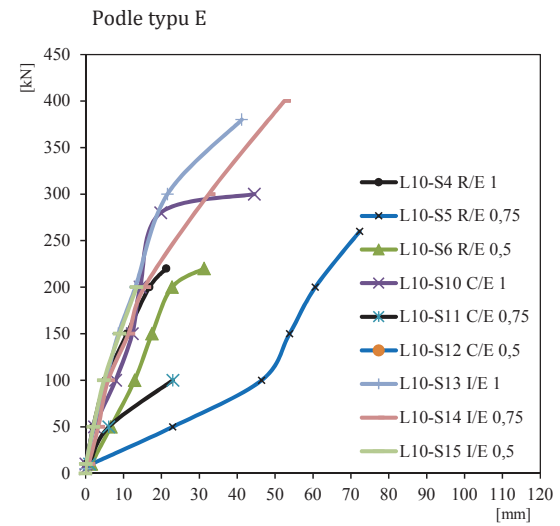
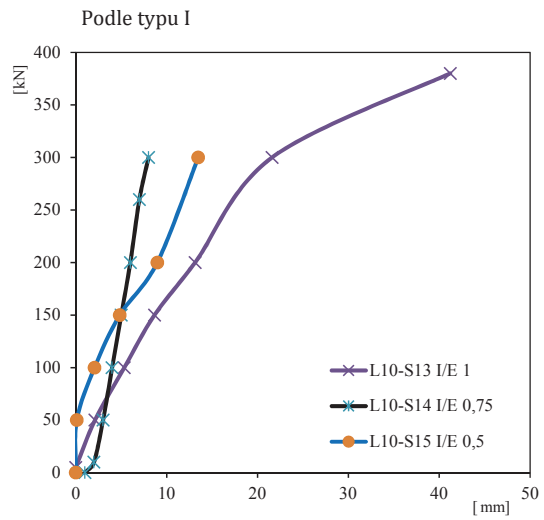
Podle typu E



Podle délky 0,75 m

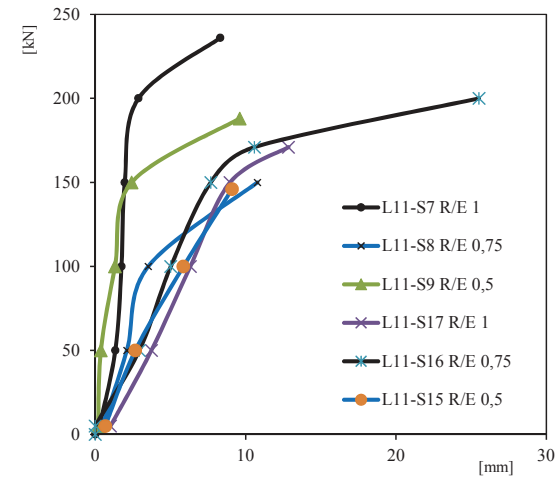




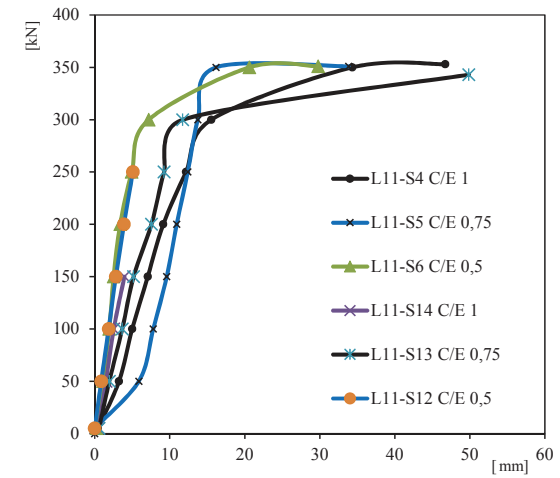


Lokalita 11

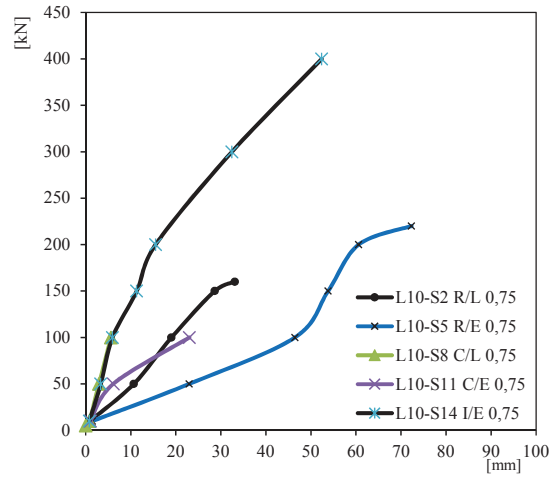
Podle typu R



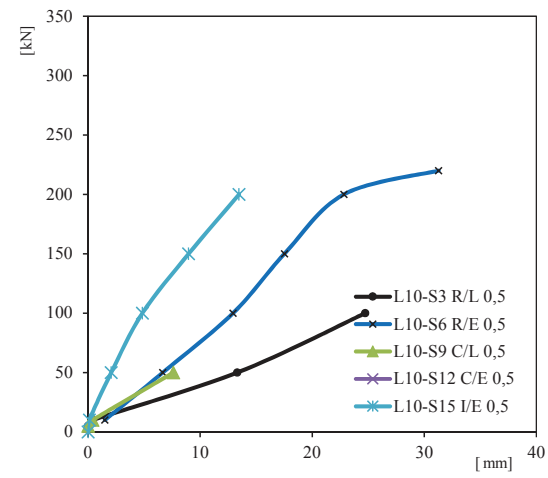
Podle typu C

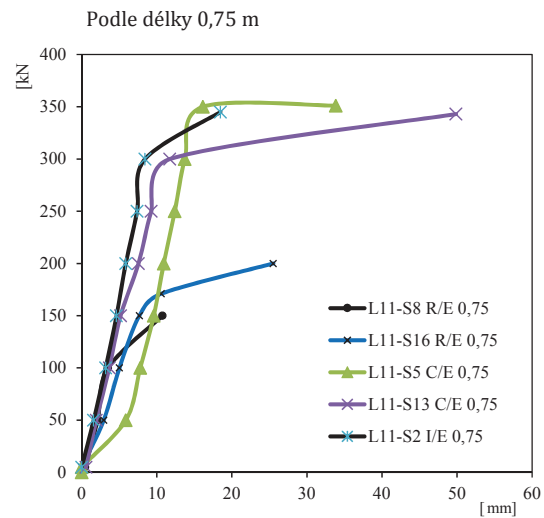
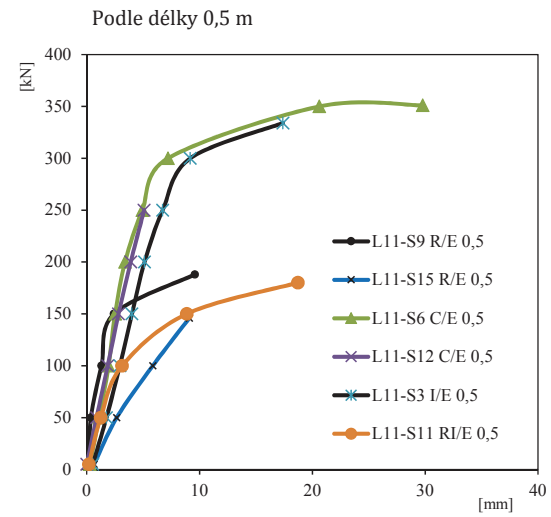
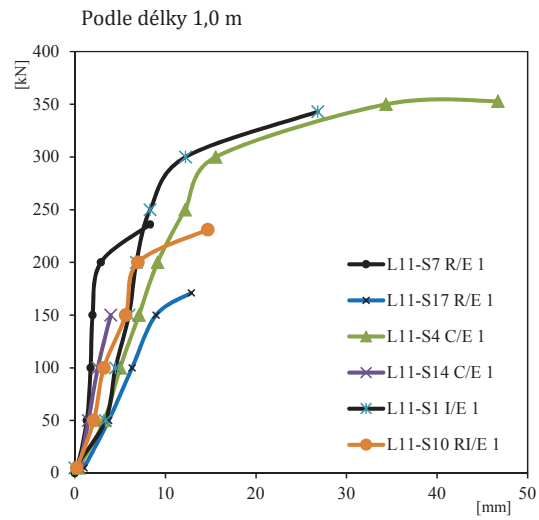


Podle délky 0,75 m



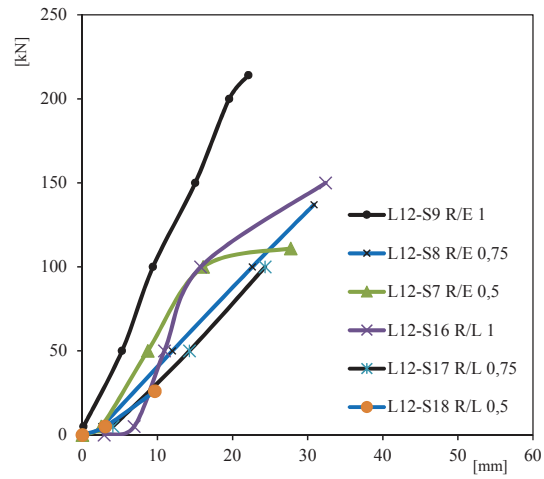
Podle délky 0,5 m



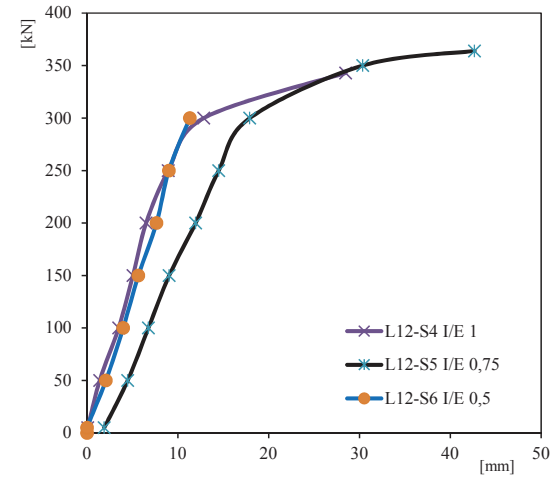


Lokalita 12

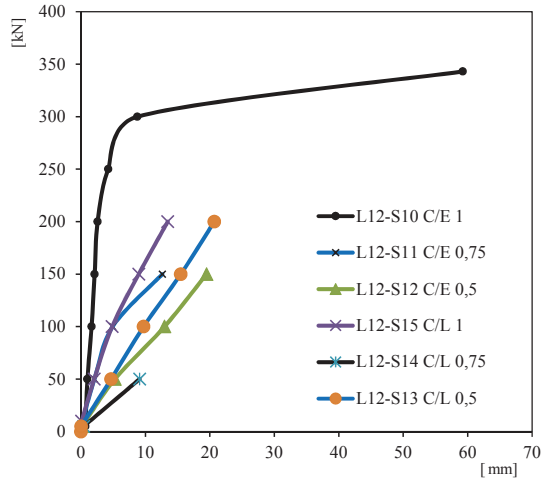
Podle typu R



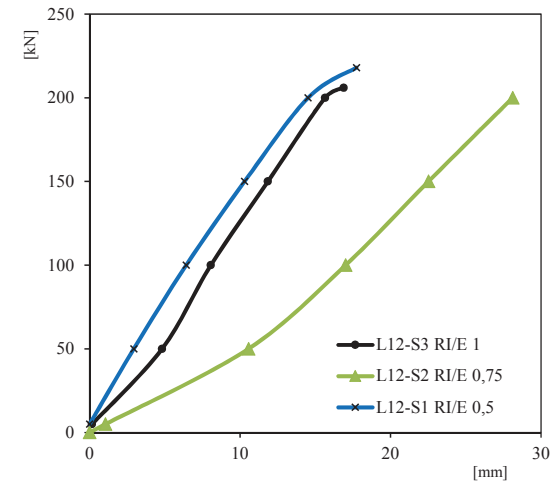
Podle typu I

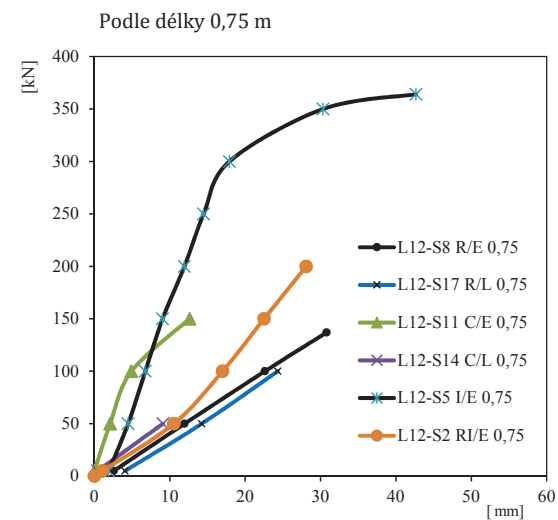
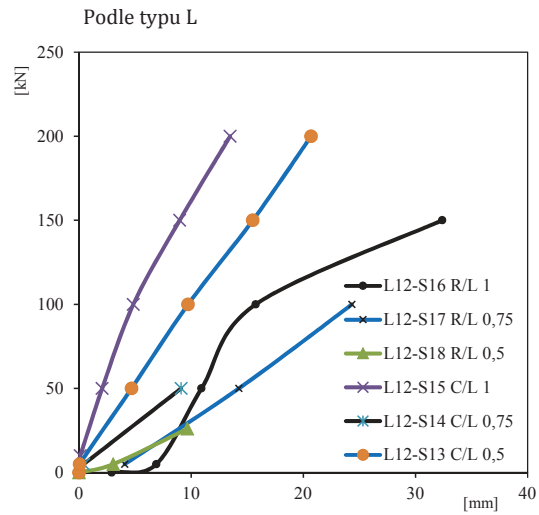
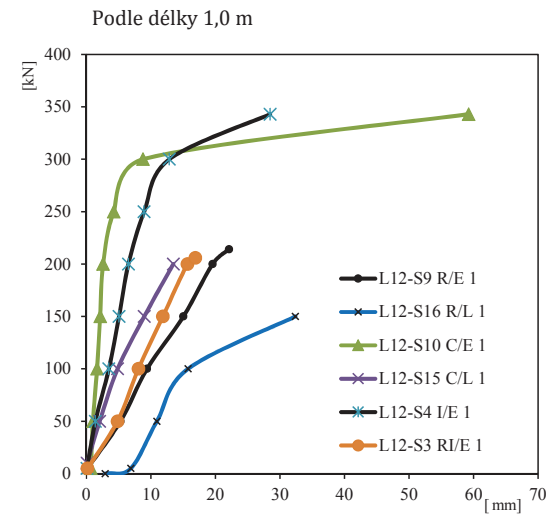
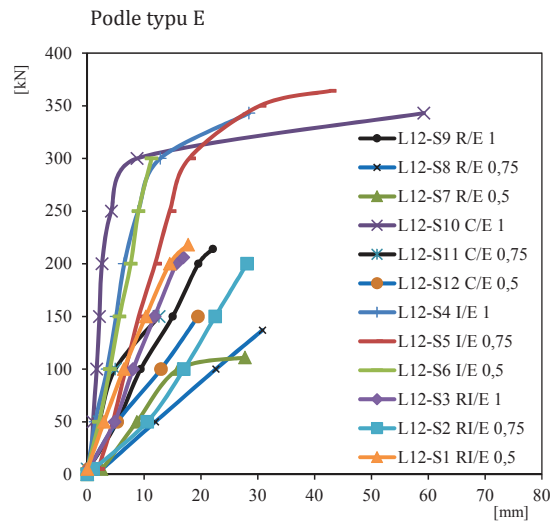


Podle typu C

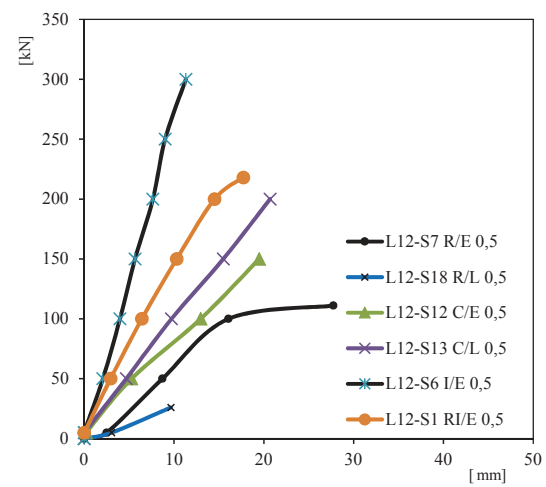


Podle typu RI





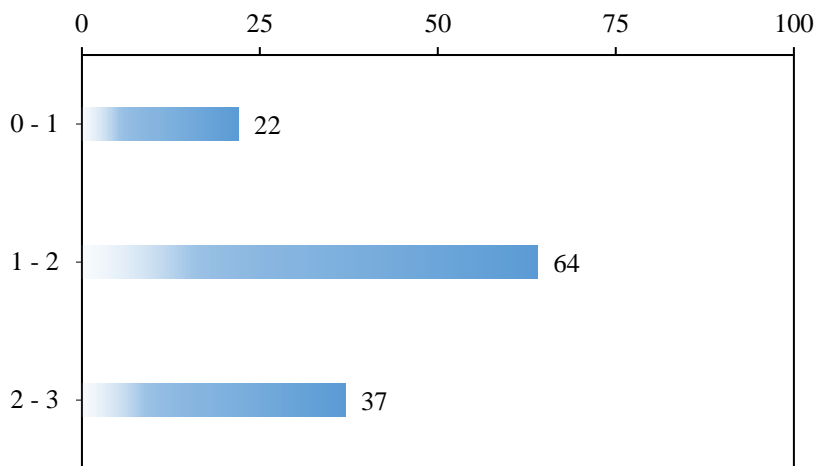
Podle délky 0,5 m



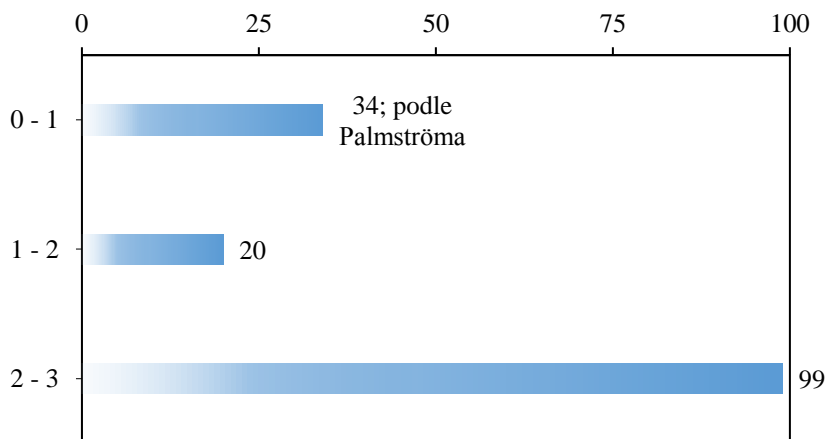
PŘÍLOHA 02 – Index RQD [%] a popis diskontinuit

č. lokality	název	hornina	metráž	RQD	délka úlomků
1	Dolní Kounice	Granodiorit typ Tetčice	0 - 1	22	10 + 12
			1 - 2	64	13 + 12 + 12 + 13 + 14
			2 - 3	37	14 + 12 + 11
2	Ústí nad Labem – Mariánská Skála	Trachyt	0 - 1	34	podle Palmströma
			1 - 2	20	10 + 10
			2 - 3	99	18 + 10 + 11 + 10 + 50
3	Velké Opatovice	Písčítý slínovec	0 - 1	60	10 + 12 + 20 + 18
			1 - 2	81	14 + 40 + 27
			2 - 3	87	60,5 + 26,5
4	Hrob	Pararula dvojslídňá	0 - 1	11	11
			1 - 2	6	podle Palmströma
			2 - 3	21	11 + 10
5	Velkolom Čertovy Schody	Vápenec mikritický	0 - 1	56	10 + 13,5 + 20 + 12,5
			1 - 2	75	13 + 33,5 + 28,5
			2 - 3	73,5	30 + 30 + 13,5
6	Dolní Žleb	Křemenný pískovec	0 - 1	88	19 + 57 + 12
			1 - 2	66	66
			2 - 3	65	36 + 15 + 14
7	Lom Vlastějovice	Ortorula, skarn	0 - 1	36	13 + 11 + 12
			1 - 2	24	12 + 12
			2 - 3	11	11
8	Hanušovice	Amfibolit	0 - 1	36	11 + 25
			1 - 2	57	11 + 11 + 12 + 11 + 12
			2 - 3	24	10 + 14
9	Vilémov	Fylit až kvarcit	0 - 1	74,5	33,5 + 10 + 31
			1 - 2	54	10 + 10 + 34
			2 - 3	27,5	27,5
10	Železný Brod	Fylit dvojslídňý	0 - 1	44	podle Palmströma
			1 - 2	8	podle Palmströma
			2 - 3	10	10
11	Vrané nad Vltavou	Tufit	0 - 1	58	16 + 14 + 18 + 10
			1 - 2	97	45 + 52
			2 - 3	93	43 + 50
12	Štěchovice	Břidlice	0 - 1	44	12 + 11 + 10 + 11
			1 - 2	81	30 + 13 + 12 + 12 + 14
			2 - 3	80	25 + 22 + 19 + 14
13 - 24	Doplňkové lokality	Slínovec, rula, akrcóza, mramor	viz dále	dtto	bez rozlišení

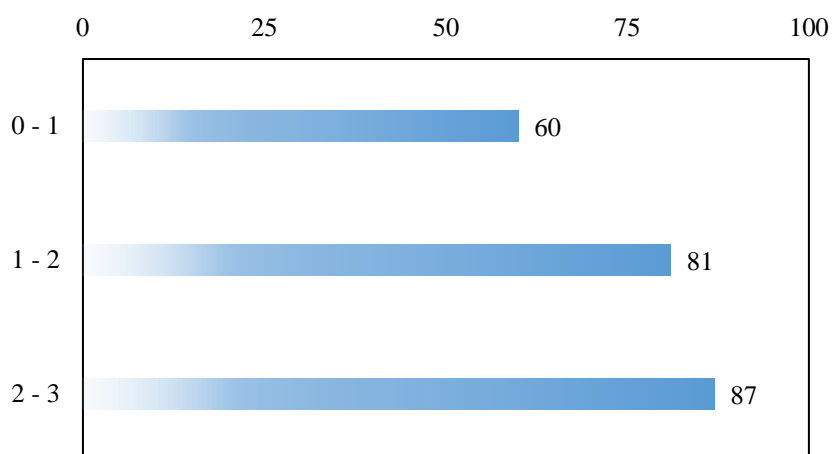
1. Dolní Kounice



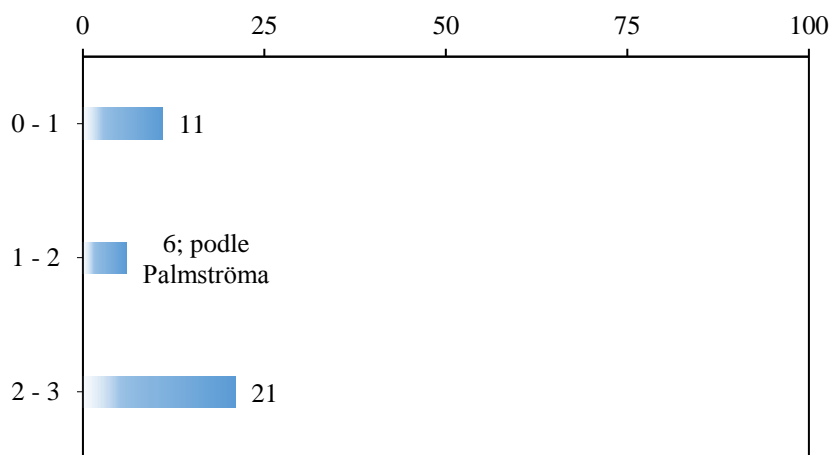
2. Ústí nad Labem – Mariánská skála



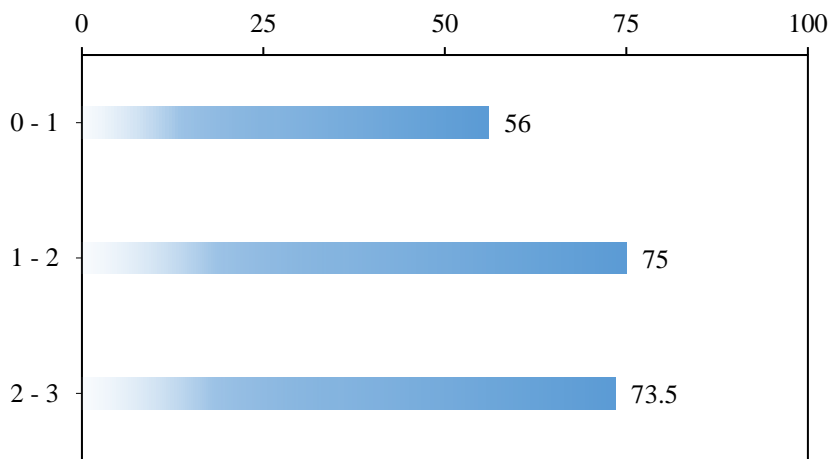
3. Velké Opatovice



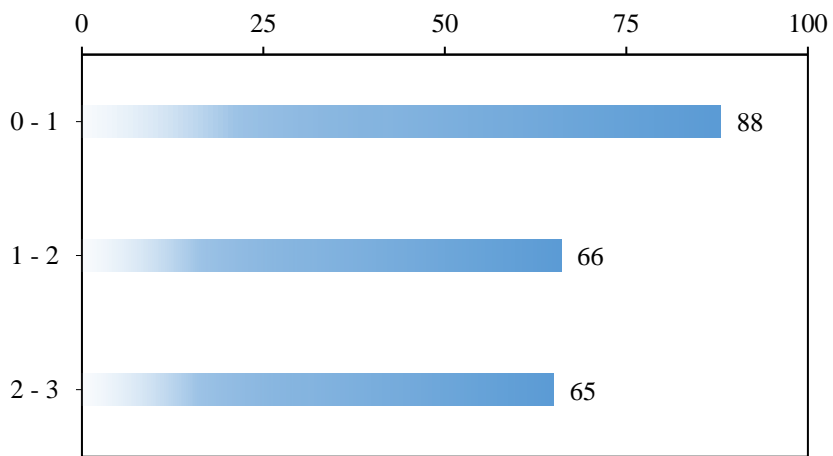
4. Hrob



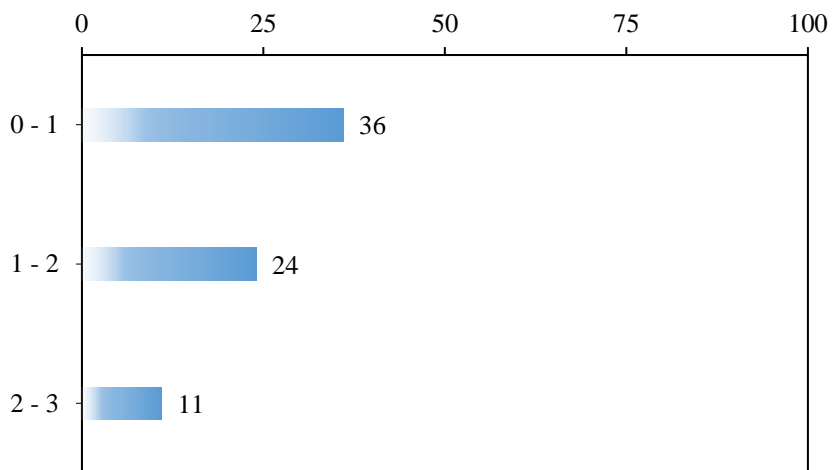
5. Velkolom Čertovy schody



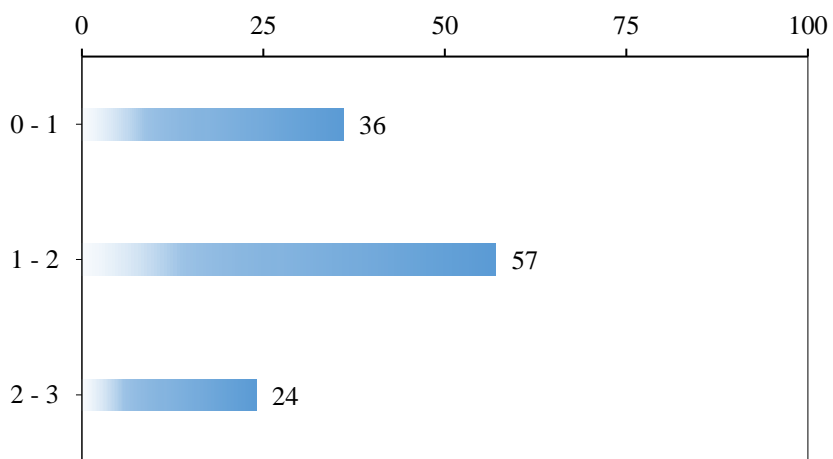
6. Dolní žleb



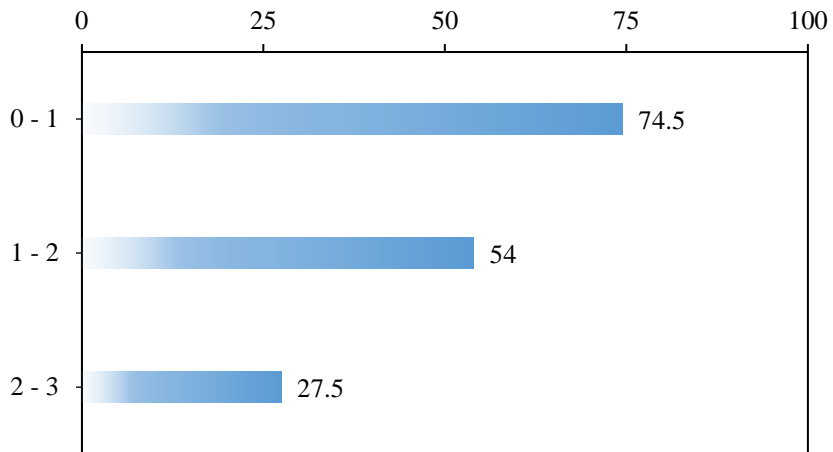
7. Lom Vlastějovice



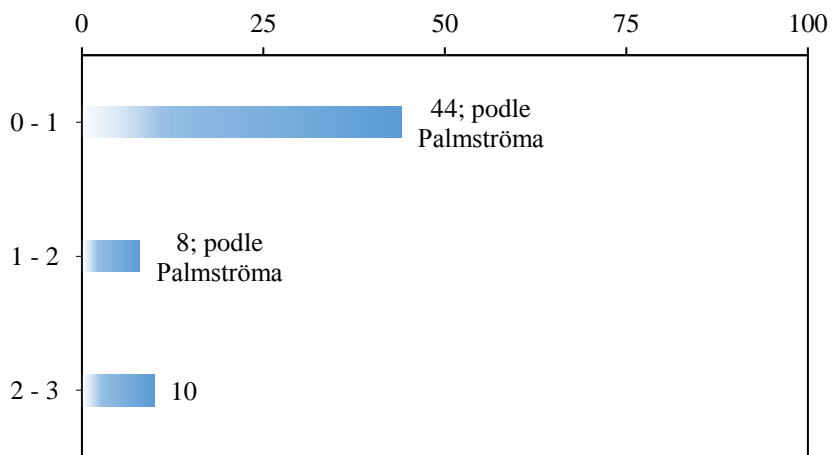
8. Hanušovice



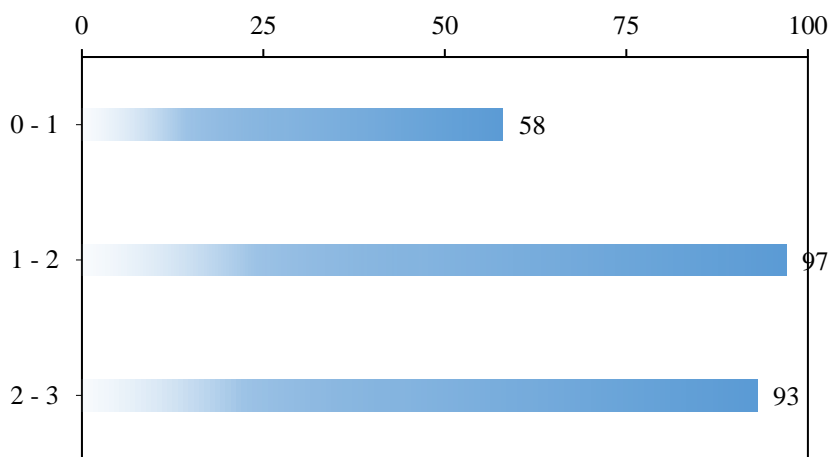
9. Vilémov



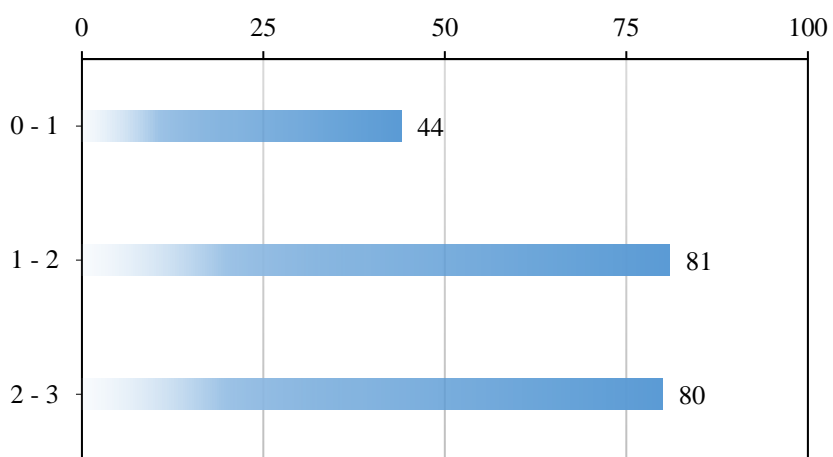
10. Železný Brod



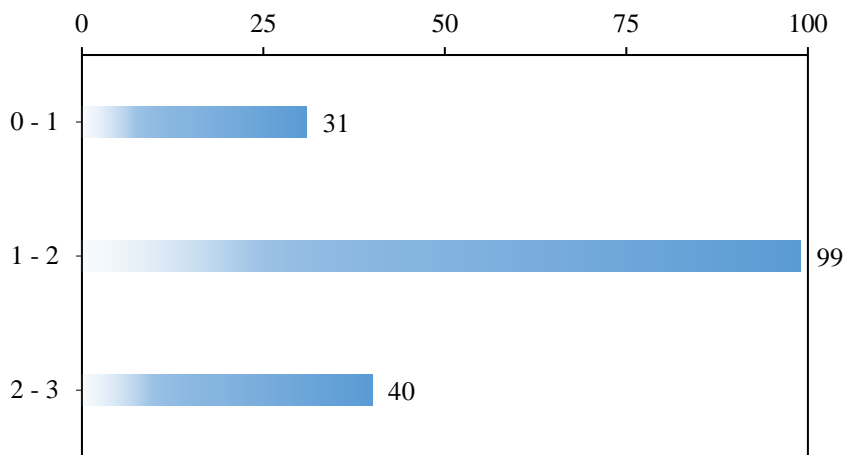
11. Vrané nad Vltavou



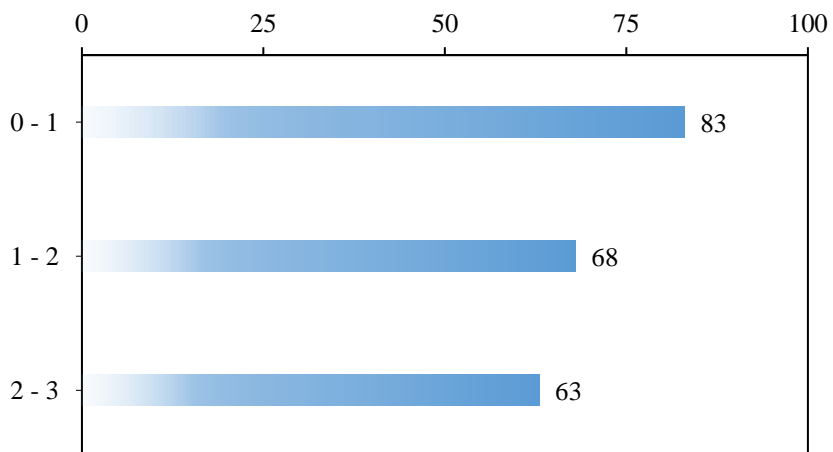
12. Štěchovice



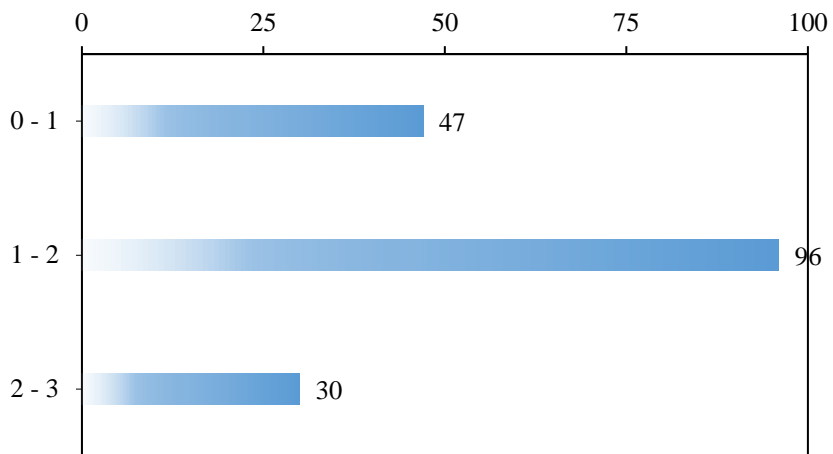
13. Mělník - Na Polabí



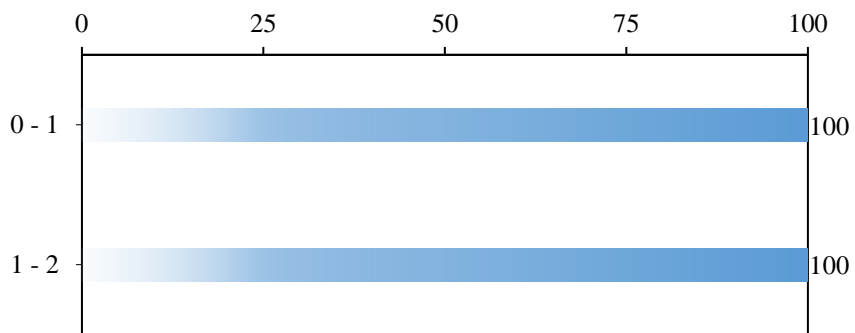
14. Pomezní Boudy



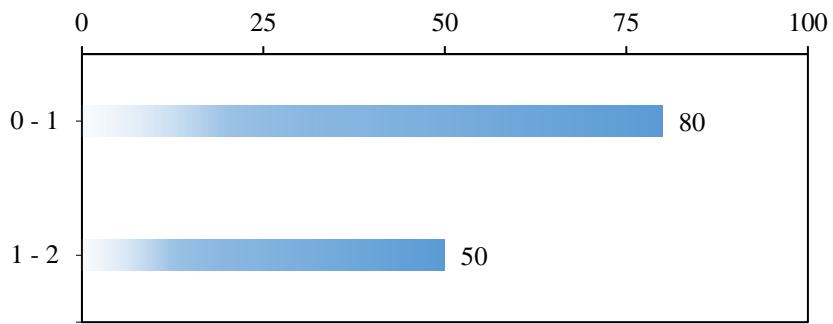
15. Tišnov - Trmačov



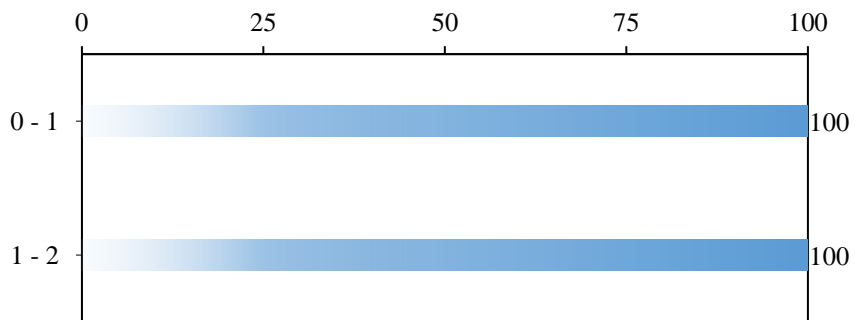
16. Český Krumlov J1



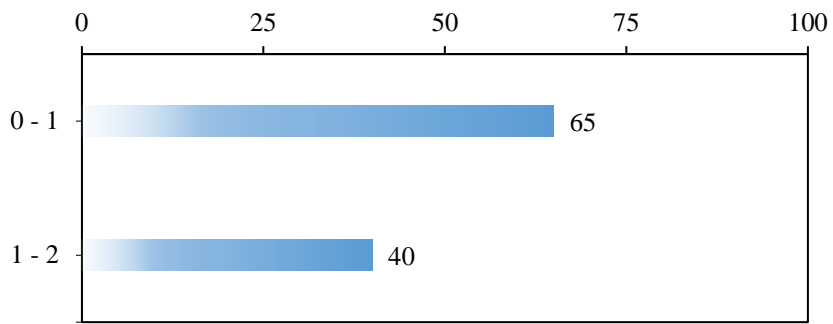
17. Český Krumlov J2



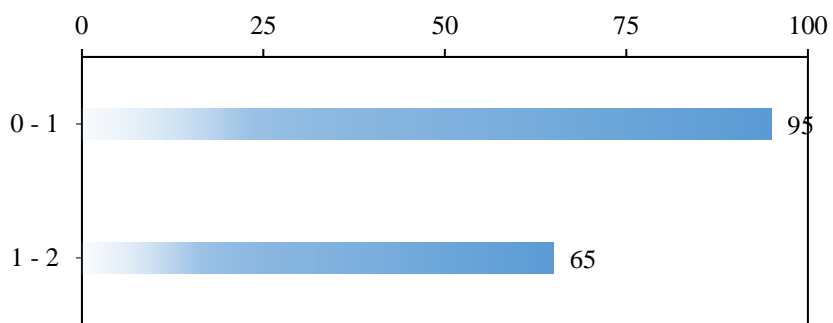
18. Český Krumlov J3



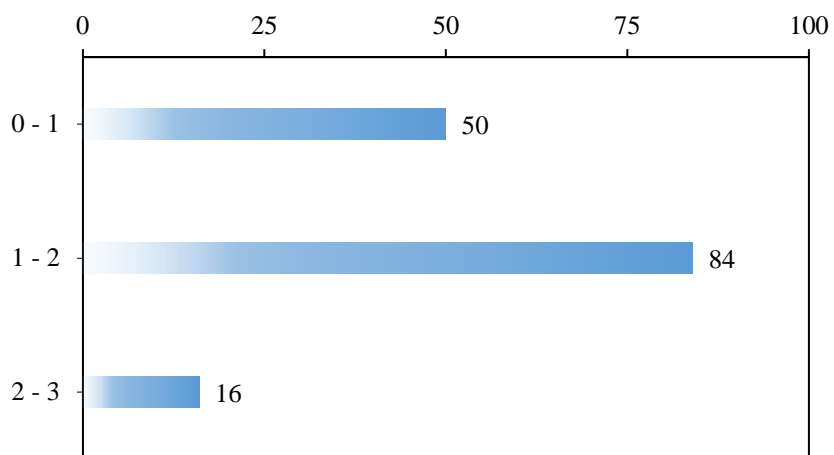
19. Český Krumlov J4



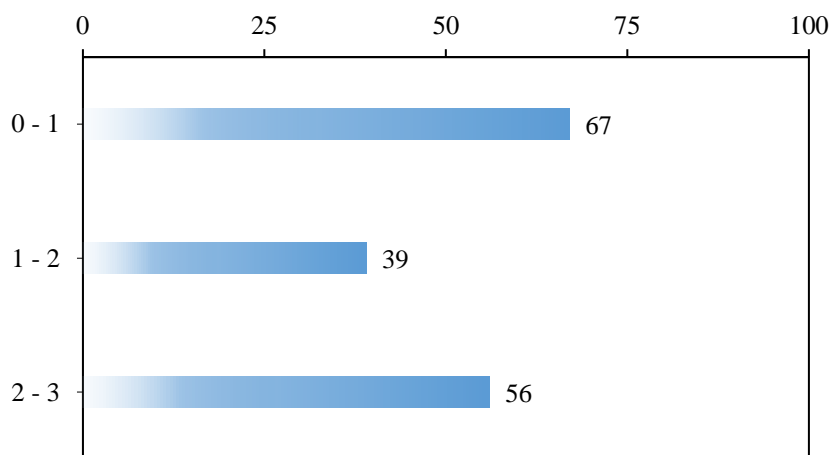
20. Český Krumlov J5



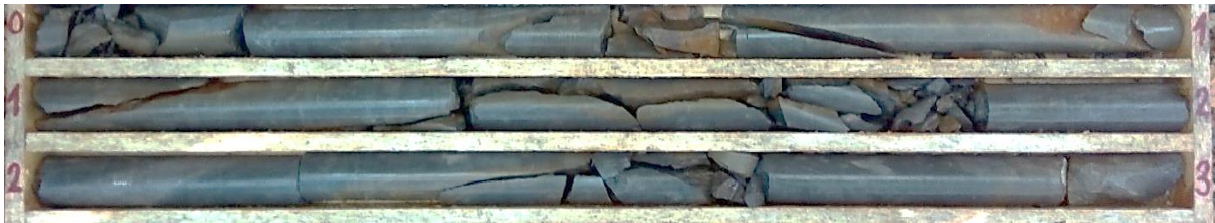
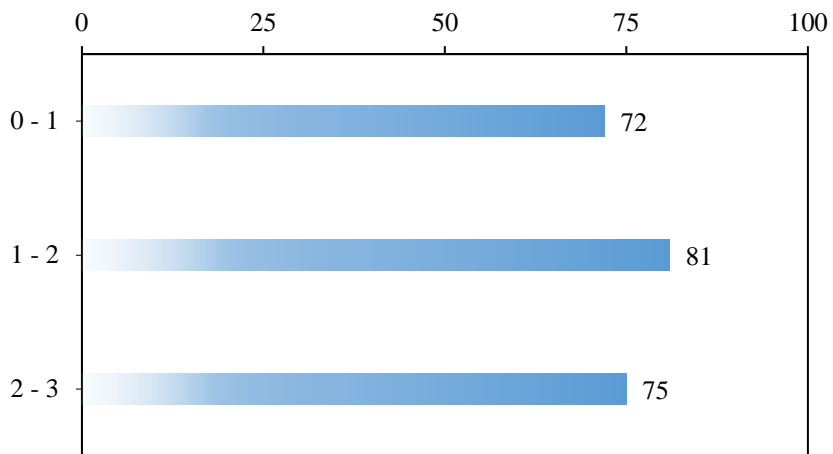
21. Dlouhá třebová V1



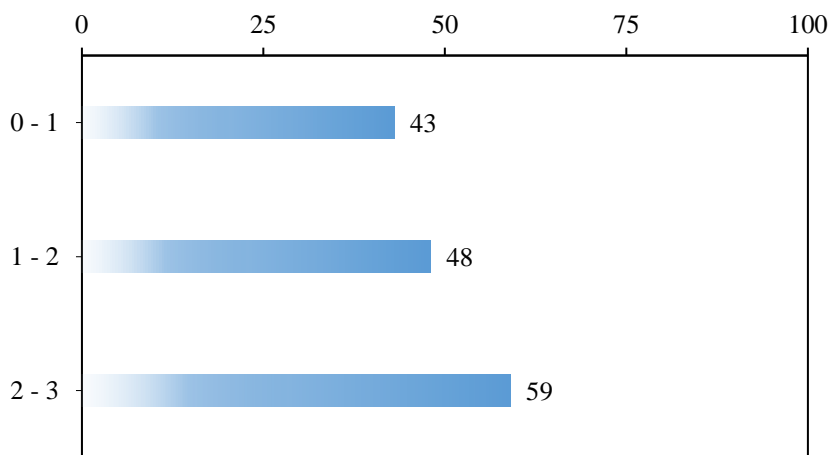
22. Dlouhá třebová V2



23. Česká Skalice 1



24. Česká Skalice 2



Číslo lokality	Lokalita	Petrografický typ horniny	<u>Tvar</u> Drsnost	J_r/J_a
1	Dolní Kounice	Granodiorit typ Tetčice	<u>Zvlněné</u> Drsné	3/2

Pozn.: místy lehce limonitizované



2	Ústí nad Labem – Mariánská skála	Trachyt	<u>Zvlněné</u> Drsné až hladké	2,5/1
---	-------------------------------------	---------	-----------------------------------	-------



3

Velké Opatovice

Písčítý slínovec

Zvlněné
Drsné

1,5/3



4

Hrob

Pararula dvojslídňá

Zvlněné
Hladké

2/2

Pozn.: silná limonitizace



5

Čertovy Schody

Vápenec mikritický

Zvlněné
Hladké

2/2



6

Dolní Žleb

Křemenný pískovec

Zvlněné
Drsné

2/3



7

Vlastějovice

Ortorula, skarn

Zvlněné
Drsné až hladké

2,5/2

Pozn.: místy povlaky



8

Hanušovice

Amfibolit

Zvlněné
Hladké až drsné

2,5/2

Pozn.: lehká limonitizace



9

Vilémov

Fylit až kvarcit

Stupňovité
Hladké

3/2

Pozn.: silná limonitizace



10

Železný Brod

Fylit dvojslídny

Zvlněné
Hladké

2/4

Pozn.: místy silná limonitizace



11

Vrané nad Vltavou

Tufit

Zvlněné
Drsné až hladké

2,5/2

Pozn.: místy povlaky krevele





PŘÍLOHA 03 – Stanovení objemové hmotnosti [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] a jednoosé tlakové pevnosti [MPa]

1. Objemová hmotnost

č. lokality	název:	hornina:			
1	Dolní Kounice	Granodiorit typ Tetčice			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
1 / 1	117 304	307,0	2 617	0,0%	2 618
1 / 2	117 405	305,0	2 598	-0,8%	
1 / 3	115 644	302,9	2 619	0,1%	
1 / 4	115 942	304,9	2 630	0,5%	
1 / 5	117 153	307,5	2 625	0,3%	

č. lokality	název:	hornina:			
2	Ústí nad Labem – Mariánská Skála	Trachyt			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
2 / 1	113 318	279,2	2 464	1,7%	2 423
2 / 2	118 943	286,0	2 405	-0,8%	
2 / 3	122 436	296,4	2 421	-0,1%	
2 / 4	117 552	284,2	2 418	-0,2%	
2 / 5	118 413	285,1	2 408	-0,6%	

č. lokality	název:	hornina:			
3	Velké Opatovice	Písečný slínovec			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
3 / 1	116 889	250,8	2 146	-0,3%	2 152
3 / 2	117 801	266,4	2 261	5,1%	
3 / 3	116 425	247,0	2 122	-1,4%	
3 / 4	117 008	254,4	2 174	1,0%	
3 / 5	114 431	235,5	2 058	-4,4%	

č. lokality	název:	hornina:			
4	Hrob	Pararula dvojslídá			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
4 / 1	113 965	292,8	2 569	2,0%	2 519
4 / 2	112 545	277,8	2 468	-2,0%	

č. lokality	název:	hornina:			
5	Velkolom Čertovy Schody	Vápenec mikritický			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
5 / 1	114 325	305,8	2 675	0,2%	2 669
5 / 2	114 131	304,4	2 667	-0,1%	
5 / 3	114 558	305,6	2 668	0,0%	
5 / 4	114 428	305,2	2 667	-0,1%	
5 / 5	114 664	305,8	2 667	-0,1%	

č. lokality	název:	hornina:			
6	Dolní Žleb	Křemenný pískovec			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
6 / 1	116 580	228,8	1 963	-2,6%	2 016
6 / 2	116 881	245,2	2 098	4,1%	
6 / 3	117 051	234,2	2 001	-0,8%	
6 / 4	116 978	231,4	1 978	-1,9%	
6 / 5	116 645	236,0	2 023	0,4%	
6 / 6	116 893	235,2	2 012	-0,2%	
6 / 7	116 784	245,2	2 100	4,1%	
6 / 8	113 954	222,6	1 953	-3,1%	

č. lokality	název:	hornina:			
7	Lom Vlastějovice	Ortorula, skarn			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
7 / 1	113 990	292,3	2 564	-0,6%	2 579
7 / 2	114 175	294,6	2 580	0,0%	
7 / 3	114 616	294,7	2 571	-0,3%	
7 / 4	113 303	294,7	2 601	0,8%	

č. lokality	název:	hornina:			
8	Hanušovice	Amfibolit			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
8 / 1	113 785	331,0	2 909	1,4%	2 869
8 / 2	114 818	318,7	2 776	-3,2%	
8 / 3	113 728	334,2	2 939	2,4%	
8 / 4	114 135	321,5	2 817	-1,8%	
8 / 5	113 789	330,4	2 904	1,2%	

č. lokality	název:	hornina:			
9	Vilémov	Fylit až kvarcit			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
9 / 1	116 131	305,2	2 628	0,0%	2 628
9 / 2	113 551	299,5	2 638	0,4%	
9 / 3	115 923	305,4	2 635	0,2%	
9 / 4	113 682	297,4	2 616	-0,5%	
9 / 5	117 080	306,8	2 620	-0,3%	
9 / 6	117 528	307,9	2 620	-0,3%	
9 / 7	115 927	306,1	2 640	0,5%	

č. lokality	název:	hornina:			
10	Železný Brod	Fylit dvojslídny			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
10 / 1	116 939	296,4	2 535	0,0%	2 535

č. lokality	název:	hornina:			
11	Vrané nad Vltavou	Tufit			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
11 / 1	111 762	294,4	2 634	0,3%	2 627
11 / 2	112 353	296,8	2 642	0,6%	
11 / 3	116 733	305,0	2 613	-0,5%	
11 / 4	112 635	294,4	2 614	-0,5%	
11 / 5	113 134	297,6	2 630	0,1%	

č. lokality	název:	hornina:			
12	Štěchovice	Břidlice			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
12 / 1	113 887	307,6	2 701	0,4%	2 690
12 / 2	112 423	303,7	2 701	0,4%	
12 / 3	110 418	297,9	2 698	0,3%	
12 / 4	114 810	308,5	2 687	-0,1%	
12 / 5	114 029	303,8	2 664	-1,0%	

č. lokality	název:	hornina:			
13	Mělník – Na Polabí	Vápnitý slínovec			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
13 / 1	133 782	307,4	2 297	0,4%	2 288
13 / 2	133 101	304,3	2 285	-0,1%	
13 / 3	133 982	306,0	2 283	-0,2%	

č. lokality	název:	hornina:			
14	Pomezní Boudy	Rula			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
14 / 1	99 256	262,1	2 641	-0,1%	2 642
14 / 2	99 543	262,8	2 640	-0,1%	
14 / 3	99 552	263,4	2 646	0,1%	

č. lokality	název:	hornina:			
15	Tišnov - Trmačov	Arkóza			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
15 / 1	134 653	356,8	2 649	0,3%	2 641
15 / 2	126 523	334,0	2 639	-0,1%	
15 / 3	135 074	356,0	2 635	-0,2%	

č. lokality	název:	hornina:			
23	Česká Skalice 1	Vápnitý slínovec			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
23 / 1	97 906	251,8	2 572	0,1%	2 569
23 / 2	98 705	253,4	2 567	-0,1%	
23 / 3	98 590	253,2	2 568	0%	

č. lokality	název:	hornina:			
24	Česká Skalice 2	Vápnitý slínovec			
těleso	objem [mm ³]	hmotnost [g]	objemová hmotnost [kg/m ³]	odchylka od průměru	průměr
24 / 1	97 804	247,8	2 534	1,6%	2 495
24 / 2	98 124	246,4	2 511	0,7%	
24 / 3	97 889	238,8	2 439	-2,2%	

2. Jednoosá tlaková pevnost

č. lokality	název			hornina		
1	Dolní Kounice			Granodiorit typ Tetčice		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
1 / 1	1553	99,10	64	-14%		
1 / 2	1551	215,97	139	88%		
1 / 3	1529	51,80	34	-54%	74	
1 / 4	1534	135,98	89	20%		
1 / 5	1551	68,38	44	-40%		

č. lokality	název			hornina		
2	Ústí nad Labem – Mariánská Skála			Trachyt		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
2 / 1	1546	63,88	41	-36%		
2 / 2	1542	125,00	81	26%		
2 / 3	1542	84,83	55	-15%	65	
2 / 4	1544	90,50	59	-9%		
2 / 5	1541	133,36	87	34%		

č. lokality	název			hornina		
3	Velké Opatovice			Prísčítý slínovec		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
3 / 1	1559	77,12	49	-10%		
3 / 2	1568	95,85	61	11%		
3 / 3	1547	98,46	64	16%	55	
3 / 4	1554	87,97	57	3%		
3 / 5	1520	66,28	44	-21%		

č. lokality	název			hornina		
4	Hrob			Pararula dvojslídňá		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
4 / 1	1532	65,72	43	46%		
4 / 2	1514	24,14	16	-46%	29	

č. lokality	název			hornina		
5	Velkolom Čertovy Schody			Vápenec mikritický		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
5 / 1	1521	71,50	47	-7%		
5 / 2	1522	104,01	68	35%		
5 / 3	1523	72,38	48	-6%	51	
5 / 4	1521	65,02	43	-15%		
5 / 5	1522	71,60	47	-7%		

č. lokality	název			hornina		
6	Dolní Žleb			Křemenný pískovec		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
6 / 1	1547	43,47	28	-10%		
6 / 2	1551	52,31	34	8%		
6 / 3	1553	51,33	33	5%		31
6 / 4	1551	41,29	27	-15%		
6 / 5	1548	54,74	35	13%		

č. lokality	název			hornina		
7	Lom Vlastějovice			Ortorula, skarn		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
7 / 1	1526	48,52	32	-52%		
7 / 2	1532	107,65	70	7%		
7 / 3	1532	136,09	89	35%		66
7 / 4	1519	109,16	72	9%		

č. lokality	název			hornina		
8	Hanušovice			Amfibolit		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
8 / 1	1524	103,01	68	9%		
8 / 2	1535	94,54	62	-1%		
8 / 3	1524	82,36	54	-13%		62
8 / 4	1525	54,73	36	-42%		
8 / 5	1522	140,17	92	48%		

č. lokality	název			hornina		
9	Vilémov			Fylit až kvarcit		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
9 / 2	1482	47,84	32	-35%		
9 / 3	1528	93,39	61	23%		
9 / 4	1485	92,07	62	25%		50
9 / 5	1524	69,53	46	-8%		
9 / 6	1523	71,82	47	-5%		

č. lokality	název			hornina		
10	Železný Brod			Fylit dvojslídny		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
10 / 1	1547	9,38	6,1	0%		6,1

č. lokality	název			hornina		
11	Vrané nad Vltavou			Tufit		
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr	
11 / 1	1492	188,87	127	48%		
11 / 2	1503	122,37	81	-5%		
11 / 3	1559	135,14	87	1%		86
11 / 4	1503	94,09	63	-27%		
11 / 5	1508	106,27	70	-18%		

č. lokality	název	hornina			
12	Štěchovice	Břidlice			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
12 / 1	1510	32,34	21	-25%	29
12 / 2	1501	31,60	21	-26%	
12 / 3	1496	56,68	38	32%	
12 / 4	1526	67,05	44	53%	
12 / 5	1521	28,73	19	-34%	

č. lokality	název	hornina			
13	Mělník – Na Polabí	Vápňitý slínovec			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
13 / 1	1527	25,30	16,6	-18%	20
13 / 2	1518	37,60	24,8	23%	
13 / 3	1523	28,90	19,0	-6%	

č. lokality	název	hornina			
14	Pomezní Boudy	Rula			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
14 / 1	1552	113,71	73	-5%	77
14 / 2	1554	115,70	74	-3%	
14 / 3	1550	129,04	83	8%	

č. lokality	název	hornina			
15	Tišnov - Trmačov	Arkóza			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
15 / 1	1526	48,8	32,0	-65,6%	53
15 / 2	1534	98,7	64,3	21,3%	
15 / 3	1542	98,5	63,9	20,6%	

č. lokality	název	hornina			
23	Česká Skalice 1	Vápňitý slínovec			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
23 / 1	1529	153,47	100	0%	100
23 / 2	1540	165,17	107	7%	
23 / 3	1540	143,98	93	-7%	

č. lokality	název	hornina			
24	Česká Skalice 2	Vápňitý slínovec			
těleso	plocha [mm ²]	síla [kN]	pevnost [MPa]	odchylka [%]	průměr
24 / 1	1532	150,40	98	33%	74
24 / 2	1534	94,56	62	-16%	
24 / 3	1536	94,16	61	-17%	

Pevnost v prostém tlaku

Název úkolu: **Český Krumlov - Steinwand** Číslo úkolu: **100591 - 041**
Labor. číslo: **28369** Datum odběru: **28.7.2010**
Sonda: **J 5** Datum zkoušky: **3.8.2010**
Hloubka: **0,50 - 0,75 m** Tvar tělesa: **válec**
Materiál: **krystalický vápenec**

Označení tělesa		těleso číslo 1	těleso číslo 2
Průměr tělesa	mm	93,4	93,4
		93,2	93,3
		93,5	93,3
Střed	mm	93,4	93,3
Výška tělesa	mm	187,9	101,8
		187,7	101,1
		187,2	102,0
Střed	mm	187,6	101,6
Plocha podstavy	mm ²	6847	6842
Štíhlostní poměr		2,01	1,09
Objemová hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2814	2851
Objemová hmotnost suchá	kg/m ³	2812	2848
Vlhkost	%	0,1	0,1
Pevnost změřená	MPa	91,26	111,08
Průměrná pevnost	MPa	101,17	

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost: **Zdeněk Fiala**
Kontroloval: **Mgr. Hana Křížová**
vedoucí laboratoře
Datum vystavení: **4.8.2010**



ARCADIS Geotechnika a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Pevnost v prostém tlaku

Název úkolu: **Český Krumlov - Steinwand** Číslo úkolu: **100591 - 041**
Labor. číslo: **28368** Datum odběru: **28.7.2010**
Sonda: **J 3** Datum zkoušky: **3.8.2010**
Hloubka: **1,2 - 1,5 m** Tvar tělesa: **válec**
Materiál: **krystalický vápenec**

Označení tělesa		těleso číslo 1	těleso číslo 2
Průměr tělesa	mm	93,2	93,0
		93,2	93,0
		93,2	93,1
Střed	mm	93,2	93,0
Výška tělesa	mm	186,2	100,1
		186,1	100,5
		186,1	100,4
Střed	mm	186,1	100,3
Plocha podstavy	mm ²	6822	6798
		Štíhlostní poměr	2,00
Objemová hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2841	2848
Objemová hmotnost suchá	kg/m ³	2838	2845
Vlhkost	%	0,1	0,1
Pevnost změřená	MPa	117,24	88,41
Průměrná pevnost	MPa	102,82	

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost: **Zdeněk Fiala**
Kontroloval: **Mgr. Hana Křížová**
vedoucí laboratoře
Datum vystavení: **4.8.2010**



ARCADIS Geotechnika a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Pevnost v prostém tlaku

Název úkolu: **Český Krumlov - Steinwand** Číslo úkolu: **100591 - 041**
Labor. číslo: **28367** Datum odběru: **28.7.2010**
Sonda: **J 1** Datum zkoušky: **3.8.2010**
Hloubka: **0,80 - 1,25 m** Tvar tělesa: **válec**
Materiál: **krystalický vápenec**

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	93,3
		93,3
		92,8
Střed	mm	93,1
Výška tělesa	mm	187,7
		188,3
		188,0
Střed	mm	188,0
Plocha podstavy	mm ²	6812
		Štíhlostní poměr
Objemová hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2838
Objemová hmotnost suchá	kg/m ³	2835
Vlhkost	%	0,1
Pevnost změřená	MPa	45,71

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 3**

Pozn.: Porušení proběhlo podél predisponované plochy nespojitosti - puklina.

Za správnost: Zdeněk Fiala
Kontroloval: Mgr. Hana Křížová
vedoucí laboratoře
Datum vystavení: 4.8.2010



ARCADIS Geotechnika a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Pevnost v prostém tlaku

Název úkolu: **Český Krumlov - Steinwand** Číslo úkolu: **100591 - 041**
Labor. číslo: **28366** Datum odběru: **27.7.2010**
Sonda: **J 4** Datum zkoušky: **3.8.2010**
Hloubka: **0,65 - 0,90 m** Tvar tělesa: **válec**
Materiál: **krystalický vápenec**

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	93,8
		93,8
		94,0
Střed	mm	93,9
Výška tělesa	mm	129,3
		129,4
		128,9
Střed	mm	129,2
Plocha podstavy	mm ²	6920
		Štíhlostní poměr
Objemová hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2851
Objemová hmotnost suchá	kg/m ³	2846
Vlhkost	%	0,2
Pevnost změřená	MPa	85,82

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost: Zdeněk Fiala
Kontroloval: Mgr. Hana Křížová
vedoucí laboratoře
Datum vystavení: 4.8.2010



ARCADIS Geotechnika a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Pevnost v prostém tlaku

Název úkolu: **Český Krumlov - Steinwand** Číslo úkolu: **100591 - 041**
Labor. číslo: **28365** Datum odběru: **27.7.2010**
Sonda: **J 2** Datum zkoušky: **3.8.2010**
Hloubka: **0,0 - 0,2 m** Tvar tělesa: **válec**
Materiál: **krystalický vápenec**

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	93,5
		93,6
		93,8
Střed	mm	93,6
Výška tělesa	mm	167,3
		167,3
		166,9
Střed	mm	167,2
Plocha podstavy	mm ²	6886
		Štíhlostní poměr
Objemová hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2822
Objemová hmotnost suchá	kg/m ³	2815
Vlhkost	%	0,2
Pevnost změřená	MPa	106,00

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost: Zdeněk Fiala
Kontroloval: Mgr. Hana Křížová
vedoucí laboratoře
Datum vystavení: 4.8.2010



ARCADIS Geotechnika a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5

Pevnost v prostém tlaku

Název zakázky: **I/14 Dlouhá Třebová, sanace sesuvu skalní stěny, GTP**

Číslo zakázky: **CZ0116.000008** Datum odběru: **17.2.2016**

Číslo vzorku: **50900** Datum zkoušky: **3.3.2016**

Sonda: **V1** Tvar tělesa: **válec**

Hloubka (m): **1,80 - 2,00** Materiál: **pískovec
jemnozrný**

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	69,5
		69,5
		69,5
		69,5
Střed	mm	69,5
Výška tělesa	mm	100,4
		100,6
		100,5
		100,5
Střed	mm	100,5
Plocha podstavy	mm ²	3794
Štíhlostní poměr	-	1,45
Obj. hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2520
Obj. hmotnost suchá	kg/m ³	2448
Vlhkost	%	2,9
Pevnost změřená	MPa	77,92

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost: **Zdeněk Fiala**

Kontroloval: **Mgr. Jana Němečková, vedoucí laboratoře**

Datum vystavení: **4.3.2016**

ARCADIS

ARCADIS CZ a.s.
 Geologická 988/4, 152 00 Praha 5
 IČ: 41192168 DIČ: CZ41192168



Pevnost v prostém tlaku

Název zakázky:	I/14 Dlouhá Třebová, sanace sesuvu skalní stěny, GTP	Datum odběru:	17.2.2016
Číslo zakázky:	CZ0116.000008	Datum zkoušky:	3.3.2016
Číslo vzorku:	50901	Tvar tělesa:	válec
Sonda:	V1	Materiál:	pískovec jemnozrný
Hloubka (m):	2,4 - 2,6		

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	69,5
		69,5
		69,5
		69,5
Střed	mm	69,5
Výška tělesa	mm	131,8
		132,8
		132,3
		132,3
Střed	mm	132,3
Plocha podstavy	mm ²	3794
Štíhlostní poměr	-	1,90
Obj. hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2541
Obj. hmotnost suchá	kg/m ³	2440
Vlhkost	%	4,2
Pevnost změřená	MPa	54,96

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost:	Zdeněk Fiala
Kontroloval:	Mgr. Jana Němečková, vedoucí laboratoře
Datum vystavení:	4.3.2016

 **ARCADIS**

ARCADIS CZ a.s.
Geologická 988/4, 152 00 Praha 5
IČ 41192168 DIČ CZ41192168




Pevnost v prostém tlaku

Název zakázky:	I/14 Dlouhá Třebová, sanace sesuvu skalní stěny, GTP	Datum odběru:	17.2.2016
Číslo zakázky:	CZ0116.000008	Datum zkoušky:	3.3.2016
Číslo vzorku:	50902	Tvar tělesa:	válec
Sonda:	V2	Materiál:	pískovec jemnozrný
Hloubka (m):	1,75 - 2,15		

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	69,5
		69,3
		69,5
Střed	mm	69,4
Výška tělesa	mm	81,3
		81,5
		81,5
Střed	mm	81,4
Plocha podstavy	mm ²	3786
Štíhlostní poměr	-	1,17
Obj. hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2352
Obj. hmotnost suchá	kg/m ³	2208
Vlhkost	%	6,5
Pevnost změřená	MPa	58,17

Zatřídění podle ČSN 73 6133: **R 2**

Za správnost:	Zdeněk Fiala
Kontroloval:	Mgr. Jana Němečková, vedoucí laboratoře
Datum vystavení:	4.3.2016



 ARCADIS CZ a.s.
 Geologická 988/4, 152 00 Praha 5
 © IČ 41192168 DIČ CZ41192168

Mittmann

Pevnost v prostém tlaku

Název zakázky:	I/14 Dlouhá Třebová, sanace sesuvu skalní stěny, GTP	Datum odběru:	17.2.2016
Číslo zakázky:	CZ0116.000008	Datum zkoušky:	3.3.2016
Číslo vzorku:	50903	Tvar tělesa:	válec
Sonda:	V2	Materiál:	pískovec jemnozrný
Hloubka (m):	2,70 - 2,95		

Označení tělesa		těleso číslo 1
Průměr tělesa	mm	69,5 69,5 69,5
Střed	mm	69,5
Výška tělesa	mm	148,6 148,6 148,6
Střed	mm	148,6
Plocha podstavy	mm ²	3794
Štíhlostní poměr	-	2,14
Obj. hmotnost při zkoušce	kg/m ³	2502
Obj. hmotnost suchá	kg/m ³	2418
Vlhkost	%	3,5
Pevnost změřená	MPa	143,48

Zatřídění podle ČSN 73 6133: R 2

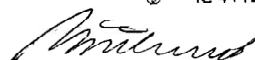
Za správnost: Zdeněk Fiala

Kontroloval: Mgr. Jana Němečková, vedoucí laboratoře

Datum vystavení: 4.3.2016

 **ARCADIS**

ARCADIS CZ a.s.
Geologická 988/4, 152 00 Praha 5
iČ 41192168 DIČ CZ41192168





GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T1

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 1/1 + těleso 1/2**
Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **13999**
Vlhkost: [%] 0,35
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,49
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,49

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	1/1	1/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,7-0,81	1,87-2					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	44,0	44,0					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	44,4					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1546	1550					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	16,00	43,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	10,35	27,73					
Průměrná σ_c	[MPa]	19,0						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.

Laboratoř mechaniky zemin a hornin

K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T2

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 4/1 + těleso 4.1/2**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14000**
Vlhkost: [%] 0,61
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,44
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,42

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	4/1	4.1/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,61-0,76	1,28-1,4					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	45,9	43,7					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	46,1					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1550	1667					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	12,50	17,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	8,06	10,50					
Průměrná σ_c	[MPa]	9,3						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.

**PROTOKOL O VÝSLEDCÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK
PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU**

č. : 109/18/T3

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 4/2 + těleso 4/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14001**
Vlhkost: [%] 0,66
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,26
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,25

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	4/2	4/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	1,57-1,85	2,54-2,73					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	46,6	41,5					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	43,4					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1546	1477					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	23,50	42,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	15,20	28,43					
Průměrná σ_c	[MPa]	21,8						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T4

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 5.1/3 + těleso 5/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14002**
Vlhkost: [%] 0,52
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,40
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,39

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	5.1/3	5/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	2,57-2,71	2,4-2,56					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	46,1	44,4					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	43,3					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1546	1470					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	33,00	24,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	21,34	16,66					
Průměrná σ_c	[MPa]	19,0						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T5

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 5/1 + těleso 5.1/1**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14003**
Vlhkost: [%] 0,56
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,39
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,37

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	5/1	5.1/1					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,04-0,22	0,43-0,61					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	44,4	41,0					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	44,9					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1550	1581					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	33,00	29,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	21,28	18,34					
Průměrná σ_c	[MPa]	19,8						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T6

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 6/1 + těleso 6/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14004**
Vlhkost: [%] 0,53
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,51
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,49

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	6/1	6/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,76-1	2-2,21					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	41,2	42,2					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	41,2	42,0					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1335	1383					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	27,00	41,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	20,22	30,00					
Průměrná σ_c	[MPa]	25,1						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T7

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 6/2 + těleso 6.1/2**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14005**
Vlhkost: [%] 0,52
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,33
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,32

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	6/2	6.1/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	1,26-1,44	1,72-1,84					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	41,5	40,0					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	42,2	42,2					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1401	1401					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	16,50	73,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	11,78	52,48					
Průměrná σ_c	[MPa]	32,1						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T8

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 7/1 + těleso 7/2**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14006**
Vlhkost: [%] 1,03
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,40
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,37

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	7/1	7/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0-0,23	1,6-1,76					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	46,1	44,9					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	44,4					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1550	1546					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	23,50	9,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	15,16	6,14					
Průměrná σ_c	[MPa]	10,7						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDCÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T9

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 7.1/3 + těleso 7/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14007**
Vlhkost: [%] 0,70
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,39
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,38

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	7.1/3	7/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	2-2,13	2,13-2,27					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	48,3	47,7					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	44,3					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1548	1543					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	36,50	6,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	23,57	3,89					
Průměrná σ_c	[MPa]	13,7						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T10

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 10/1 + těleso 10/2**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14008**
Vlhkost: [%] 0,75
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,61
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,59

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	10/1	10/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,76-0,96	1-1,11					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	41,6	45,9					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	44,4	44,4					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1546	1546					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	57,00	45,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	36,86	29,43					
Průměrná σ_c	[MPa]	33,1						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T11

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 11/1 + těleso 11/2**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14009**
Vlhkost: [%] 0,43
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,50
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,48

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	11/1	11/2					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,45-0,59	1,7-1,87					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	46,1	43,7					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	43,7	42,2					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1498	1401					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	45,00	66,50					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	30,04	47,48					
Průměrná σ_c	[MPa]	38,8						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T12

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 11.1/3 + těleso 11/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14010**
Vlhkost: [%] 0,42
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,55
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,54

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	11.1/3	11/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	2,15-2,27	2,36-2,53					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	41,0	44,4					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	43,7	44,1					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1498	1525					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	47,00	42,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	31,38	27,53					
Průměrná σ_c	[MPa]	29,5						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T13

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 12.1/3 + těleso 12/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14011**
Vlhkost: [%] 0,64
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,47
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,45

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	12.1/3	12/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	2,62-2,75	2,75-2,91					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	42,7	43,3					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	42,2	42,2					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1397	1397					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	37,00	17,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	26,49	12,17					
Průměrná σ_c	[MPa]	19,3						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.



GEODRILL s.r.o.
Laboratoř mechaniky zemin a hornin
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK PEVNOST V JEDNOOSÉM (PROSTÉM) TLAKU

č. : 109/18/T14

Název zakázky: **I/35 Moravská Třebová, sanace skalního masivu**
Číslo zakázky: 1914/18
Objednatel: Geotechnika Holý, Ing. Ondřej Holý, Přední Chlum 40, 262 56 Milešov
Odběr: objednatel
Datum odběru: -
Datum převzetí vzorku: 26.7.2018
Zkoušel: Mgr. Urban M., Ing. Adamík V.
Datum zpracování zakázky: 30.7.-6.8.2018
Matrice: horninové vzorky
Identifikace zkušebních postupů: Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku, ČSN EN 1926, 2007
Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN 1997-2: Eurokód 7, 2008

Označení tělesa: **těleso 13/1 + těleso 13/3**

Hloubka: [m] -
Číslo vzorku: **14012**
Vlhkost: [%] 0,69
Objemová hmotnost přirozená: [Mg/m³] 2,29
Objemová hmotnost suchá: [Mg/m³] 2,27

Zkušební těleso:	-	1	2					
Označení zkušebního tělesa:	-	13/1	13/3					
Metráž zkušebního tělesa:	[m]	0,69-0,93	2,49-2,65					
Štíhlostní poměr:	-	1:1	1:1					
Druh tělesa:	-	válec	válec					
Průměrná výška tělesa:	[mm]	41,2	40,0					
Průměrný průměr vzorku:	[mm]	43,7	42,0					
Průměrná plocha průřezu:	[mm ²]	1502	1383					
Síla na mezi porušení (F):	[kN]	23,50	21,00					
Pevnost v jednoosém (prostém) tlaku (σ_c):	[MPa]	15,65	15,18					
Průměrná σ_c	[MPa]	15,4						

Poznámky:

Vzhledem k množství horniny se ze statistického hlediska jedná o nedostatečný soubor dat k vyhodnocení.

Objemová hmotnost je uvedena jako průměr z hodnot zjištěných na jednotlivých zkušebních vzorcích.

Laboratoř neodpovídá za odběr vzorků. Výsledky zkoušek se vztahují na vzorky v dodaném stavu.

Protokol vystavil a schválil: Mgr. Radka Drápalová
zástupce vedoucího laboratoře

Datum vystavení protokolu: 6.8.2018



Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.

PŘÍLOHA 04 – Vygenerované náhodné proměnné

Legenda

- Sloupec A: číslo proměnné
 - Sloupec B: plášťové tření [MPa]
 - Sloupec C: GSI [-]
 - Sloupec D: RQD [%]
 - Sloupec E: jednoosá tlaková pevnost [MPa]
 - Sloupec F: objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
 - Sloupec G: plášťové tření [MPa]
 - Sloupec H: GSI [-]
 - Sloupec I: RQD [%]
 - Sloupec J: jednoosá tlaková pevnost [MPa]
 - Sloupec K: objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
- Sloupce B-F: rovnoměrné rozdělení
Sloupce G-K: normální rozdělení

1. Cementová zálivka

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	0.96	48	28	52.5	2815	1.34	56	53	64.6	2231
2	2.08	51	47	60.3	2740	1.81	53	35	44.6	2325
3	1.34	52	52	51.6	2048	1.87	51	51	48.6	2414
4	1.50	69	77	29.4	2311	1.85	64	28	13.6	2602
5	0.50	60	41	34.5	2050	1.55	59	29	35.0	2358
6	1.62	41	84	29.3	2742	0.27	51	54	36.8	2149
7	1.46	53	45	30.9	2499	1.16	44	70	52.9	2293
8	1.19	39	35	59.0	2488	0.39	41	56	52.7	2794
9	1.05	45	24	62.6	2836	1.41	54	40	70.7	2560
10	0.56	69	28	61.5	2564	1.19	55	10	61.9	2575
11	0.51	50	62	34.4	2440	1.24	52	55	47.8	2158
12	1.44	42	29	31.9	2211	0.99	49	95	28.5	2438
13	0.54	37	40	53.1	2042	1.53	49	56	21.0	2308
14	1.57	41	77	65.6	2761	0.56	50	28	46.5	2890
15	1.91	38	54	64.4	2511	1.06	69	34	31.0	2579
16	0.39	63	53	49.7	2333	0.86	40	68	47.3	2597
17	1.58	55	80	49.0	2305	1.82	39	53	64.5	2674
18	0.90	56	47	63.5	2862	0.87	48	53	32.8	2181
19	0.87	60	23	51.7	2435	0.57	54	51	63.7	2524
20	0.84	42	42	44.0	2346	0.32	48	68	62.0	2336
21	0.52	55	67	29.0	2633	1.62	50	24	61.5	2510
22	0.55	60	35	45.2	2599	1.44	43	45	9.0	2500
23	1.86	65	33	40.8	2625	1.17	57	58	25.4	2727
24	1.84	65	51	48.8	2777	0.69	52	26	30.9	2035
25	1.10	53	36	58.1	2752	0.96	52	50	22.2	2204
26	1.43	68	27	30.1	2663	1.31	47	42	16.4	2260
27	0.58	67	72	39.4	2035	0.71	52	70	7.9	2454
28	1.01	65	32	61.8	2503	1.21	67	62	40.2	2179
29	1.18	60	87	59.0	2640	1.05	55	54	21.9	2382
30	1.77	54	54	61.9	2475	0.20	50	48	30.1	2605
31	1.12	37	76	54.5	2307	1.75	50	52	32.3	2300
32	1.20	58	27	34.0	2171	1.20	53	59	33.0	2290
33	1.21	59	84	32.7	2499	1.03	44	37	69.8	2262
34	1.27	47	79	43.2	2730	0.87	59	59	49.6	2712
35	1.68	35	44	51.3	2780	1.34	47	38	63.0	2494
36	1.89	46	48	61.6	2392	1.52	45	56	57.3	2456
37	0.86	35	81	52.3	2765	0.55	43	89	6.4	2552
38	1.22	62	45	44.5	2186	0.13	43	47	22.0	2706
39	1.08	36	65	36.1	2178	0.64	37	26	20.1	2694
40	0.57	60	76	36.6	2600	1.87	51	52	25.3	2421
41	0.72	42	26	63.7	2672	1.13	43	66	83.1	2459
42	1.90	46	49	35.9	2657	0.73	49	71	25.7	2165
43	0.64	69	44	53.3	2098	0.61	57	54	47.8	2610
44	2.09	40	74	51.9	2122	1.44	48	65	41.2	2375
45	1.63	60	42	64.7	2112	1.29	54	61	30.8	2549
46	0.65	64	34	37.9	2237	0.98	54	42	41.6	2526
47	2.09	64	56	65.8	2550	0.77	38	34	60.1	2006
48	0.38	63	24	62.8	2749	0.59	59	58	89.1	2597
49	0.56	37	86	61.8	2315	1.86	45	72	22.2	2639
50	1.89	51	26	58.6	2700	0.87	45	32	44.5	2578
51	1.39	65	78	47.5	2519	0.89	49	47	29.3	2452
52	1.75	39	49	38.6	2586	0.51	46	30	44.5	2587
53	1.69	59	67	32.6	2096	0.37	50	15	17.1	2359
54	1.93	60	22	56.2	2711	1.19	54	45	32.3	2740
55	1.57	34	51	52.9	2235	0.14	40	31	62.0	2471
56	0.57	57	86	31.3	2308	1.12	51	35	50.4	2457
57	0.77	64	54	30.9	2602	0.49	58	56	39.3	2087
58	0.73	46	38	43.1	2768	1.26	41	56	50.1	2374
59	1.73	46	69	49.9	2321	1.40	38	27	36.7	2607
60	0.99	62	69	63.8	2174	1.31	52	59	35.2	2518
61	0.72	40	41	43.4	2415	1.05	53	23	36.5	2636
62	1.40	45	75	50.7	2483	1.32	41	15	41.4	2728
63	1.11	46	28	33.2	2843	0.45	48	37	28.9	2385
64	2.09	60	50	40.5	2426	1.19	44	50	46.7	2692
65	1.80	62	59	32.1	2751	1.40	59	60	44.7	2245
66	0.36	53	48	58.4	2741	0.97	50	23	45.8	2587
67	0.47	47	63	52.4	2579	0.48	63	44	25.7	2574
68	0.45	57	59	59.3	2669	1.41	39	52	35.6	2109
69	0.70	42	22	59.0	2638	0.36	60	15	33.6	2245
70	1.26	57	73	51.1	2159	1.70	36	30	39.8	2280
71	1.28	45	33	32.4	2462	0.75	53	50	55.5	2398
72	1.96	67	76	40.8	2265	0.90	50	52	39.0	2302
73	1.50	43	73	47.4	2584	0.14	56	48	44.2	2230
74	0.71	68	84	61.1	2655	1.15	47	37	44.0	2551
75	0.68	56	27	34.7	2596	1.53	56	40	67.1	2981
76	1.73	46	65	57.1	2381	0.23	35	37	32.9	2353
77	0.93	57	59	55.3	2168	0.67	55	31	64.8	2324
78	1.27	38	51	46.2	2174	1.48	58	56	66.0	2323
79	1.94	54	58	34.9	2796	0.53	67	22	76.9	2310
80	1.99	58	72	43.2	2341	1.33	55	18	83.2	2236
81	0.70	54	87	44.2	2469	0.59	54	18	40.0	2039
82	1.10	37	58	53.8	2809	1.71	48	57	65.8	2532
83	0.74	60	31	46.3	2487	0.61	64	64	70.9	2581
84	1.15	34	85	43.9	2259	1.11	62	65	25.8	1931
85	1.83	41	43	35.4	2106	1.47	67	48	63.2	2568
86	0.70	59	73	59.0	2464	1.55	48	36	69.3	2531
87	0.53	66	51	52.7	2494	1.83	36	47	3.5	2282
88	1.61	40	72	50.5	2278	1.03	48	58	11.5	2848
89	1.90	35	24	53.5	2471	0.21	58	60	22.5	2380
90	0.67	52	66	52.3	2556	1.54	49	31	49.9	2205
91	1.33	41	83	65.4	2265	0.56	64	48	46.1	2653
92	2.02	59	60	49.9	2732	0.62	39	71	60.6	2541
93	0.87	52	70	54.8	2405	0.93	48	49	36.8	2532
94	1.89	59	70	30.9	2114	1.87	48	42	63.2	2498
95	1.92	47	75	42.4	2714	0.98	58	76	71.5	2444
96	1.41	51	79	53.6	2753	0.84	65	46	51.9	2666

97	1.18	52	45	47.9	2580	1.26	35	69	36.7	2360
98	0.40	60	80	46.3	2272	1.89	57	33	41.6	2384
99	1.39	61	65	44.7	2839	0.45	57	27	38.6	2389
100	0.95	44	44	41.8	2395	0.82	49	56	63.5	1992
101	1.61	56	61	61.5	2260	0.47	51	74	37.2	2401
102	1.69	67	29	44.7	2545	0.81	40	68	51.6	2650
103	1.50	52	35	34.7	2202	1.78	49	61	33.9	2185
104	0.90	67	72	45.0	2080	0.55	59	48	3.1	2670
105	1.03	65	55	42.7	2514	0.50	40	15	49.3	2484
106	1.55	51	27	48.2	2188	1.76	57	44	48.6	2795
107	1.61	43	34	46.2	2336	1.05	51	25	30.8	2386
108	2.05	42	75	45.9	2647	1.19	53	45	56.6	3031
109	1.40	56	83	45.6	2233	1.77	46	50	31.1	2424
110	1.59	54	83	61.2	2090	0.61	53	34	11.2	2301
111	0.68	69	87	31.3	2295	1.06	78	49	30.1	2610
112	0.54	64	37	62.2	2163	1.95	49	50	35.1	2251
113	0.65	65	68	59.5	2824	1.26	51	62	44.9	2393
114	0.88	46	87	60.6	2718	0.77	52	20	18.9	2591
115	0.49	66	65	37.1	2678	2.10	43	44	69.9	2020
116	0.78	64	35	52.1	2841	1.00	62	56	8.7	2234
117	1.01	52	34	37.6	2760	1.10	51	51	53.2	1882
118	1.16	52	46	56.3	2560	1.81	58	30	28.0	2786
119	0.98	61	86	39.6	2760	0.53	57	28	23.3	2576
120	0.54	39	57	46.9	2086	1.32	60	49	56.2	2477
121	0.85	65	71	63.5	2466	1.00	51	22	22.7	1985
122	1.24	69	46	40.5	2355	1.26	54	42	83.1	2715
123	1.11	55	69	47.8	2682	1.05	46	57	19.4	2769
124	1.25	55	46	50.4	2764	1.15	56	62	44.4	2618
125	1.37	49	55	31.6	2042	0.65	50	54	37.9	2482
126	1.92	63	73	46.1	2664	0.19	44	38	85.8	2155
127	1.14	62	53	64.1	2311	0.99	45	67	65.4	2705
128	1.38	35	83	29.9	2391	0.78	41	68	36.3	2419
129	1.42	52	37	41.3	2460	2.32	55	47	40.1	2065
130	0.97	55	5							

198 0.49 44 49 31.3 2477 1.86 51 51 49.8 2100
199 1.80 42 61 59.5 2754 0.21 50 20 85.9 2544
200 0.44 53 38 45.3 2455 0.17 44 58 3.3 2787
201 0.47 67 30 38.0 2087 1.08 51 34 2.9 2356
202 1.65 58 78 46.5 2713 1.84 49 44 25.2 2646
203 1.99 63 53 40.4 2237 0.80 52 38 35.7 2593
204 0.55 46 39 53.2 2412 1.12 42 19 43.7 2462
205 1.04 47 73 65.1 2080 1.06 47 57 36.0 2260
206 1.45 50 54 33.1 2099 0.64 54 111 52.7 2424
207 2.10 42 32 56.1 2084 0.77 50 52 15.4 2168
208 1.02 37 32 61.9 2484 1.93 39 19 20.0 2415
209 1.18 39 77 41.6 2259 2.04 38 49 33.4 2419
210 0.40 35 34 48.3 2134 0.15 37 67 74.1 2322
211 1.94 58 87 32.7 2767 0.66 45 38 66.1 2385
212 0.81 64 80 52.9 2634 1.54 68 47 64.6 1935
213 1.18 39 73 40.5 2686 0.89 57 18 12.1 2304
214 1.34 38 60 41.6 2375 0.14 45 54 13.5 2493
215 1.03 36 74 36.9 2051 0.98 53 51 30.1 2525
216 1.73 38 62 32.8 2296 0.84 63 41 31.3 2936
217 2.03 69 87 30.4 2743 2.14 57 57 57.0 2267
218 1.18 68 32 35.5 2742 1.55 54 25 60.0 2254
219 0.45 58 38 57.4 2617 1.51 42 48 40.8 2006
220 1.56 49 36 31.1 2711 0.49 57 46 69.6 2559
221 1.06 50 64 38.1 2137 1.18 43 58 42.4 3370
222 0.63 59 68 51.6 2791 1.26 51 41 59.4 2353
223 1.69 52 72 38.2 2532 1.16 39 48 48.6 2509
224 1.19 36 51 33.0 2229 0.19 42 70 26.7 2246
225 1.94 66 61 63.3 2676 1.40 50 51 68.9 2612
226 0.60 60 59 49.3 2578 0.79 47 46 64.3 2875
227 0.48 39 41 44.9 2604 0.65 65 32 40.4 1926
228 1.26 61 45 31.9 2679 0.97 51 51 18.3 2498
229 2.09 59 53 61.3 2058 0.63 60 46 30.7 2858
230 1.93 45 56 65.9 2435 0.70 43 66 42.8 2674
231 2.05 61 55 64.7 2238 1.44 53 75 52.9 2733
232 1.36 62 42 59.0 2804 1.15 57 53 42.8 2604
233 0.50 46 32 48.3 2364 1.32 38 51 43.9 2555
234 1.83 54 79 56.5 2601 0.81 63 36 61.3 2347
235 1.74 55 48 39.0 2808 0.67 37 76 26.5 2157
236 0.69 51 39 58.7 2216 0.88 43 54 26.2 2184
237 1.97 62 58 59.1 2736 0.59 57 38 70.1 2666
238 2.09 34 24 35.9 2292 2.01 51 43 50.7 2286
239 0.98 65 33 60.8 2631 1.05 55 78 32.2 2440
240 0.67 55 69 44.1 2722 1.49 53 39 10.2 2711
241 0.53 57 32 40.3 2819 0.71 47 34 51.9 2380
242 0.48 61 71 32.1 2487 1.04 38 25 33.2 2833
243 1.77 44 84 40.8 2211 1.01 41 44 67.7 2714
244 1.16 36 41 63.2 2371 1.32 56 31 48.4 2650
245 1.69 49 24 38.7 2658 0.94 55 44 42.4 2236
246 1.56 46 69 54.1 2259 1.65 53 40 27.9 2502
247 0.51 55 72 33.3 2072 1.30 47 56 37.2 2481
248 1.51 44 65 63.2 2529 1.70 51 35 45.9 2469
249 1.94 65 57 61.3 2394 0.38 54 34 28.2 2189
250 2.00 61 54 49.4 2059 0.66 50 48 66.8 2613
251 1.83 67 62 57.0 2225 0.71 40 45 42.3 2689
252 0.97 58 61 59.6 2700 1.30 51 60 41.6 2144
253 1.12 38 65 36.4 2755 0.76 60 55 38.5 2642
254 1.92 66 68 58.4 2588 2.02 55 55 84.6 2831
255 1.84 35 28 62.1 2357 0.87 46 39 18.1 2444
256 1.12 35 37 40.0 2356 0.82 41 47 83.7 2680
257 0.79 57 51 43.9 2387 0.50 41 36 28.5 2568
258 0.62 38 64 44.8 2242 1.81 43 95 54.3 2602
259 1.16 61 41 34.6 2258 0.35 46 61 59.9 2087
260 0.45 68 40 59.1 2023 1.36 47 74 35.2 2412
261 0.66 48 46 39.0 2539 0.16 61 53 49.6 2552
262 0.37 35 56 43.1 2711 1.15 52 5 42.8 2524
263 1.50 55 53 50.1 2746 1.89 48 45 9.8 2301
264 1.39 45 32 47.9 2788 2.26 61 20 41.0 2646
265 2.04 66 44 40.7 2841 0.20 46 42 42.3 2482
266 2.11 59 71 60.1 2415 0.80 52 39 55.3 2386
267 1.71 54 28 50.4 2736 1.41 40 47 67.0 2382
268 0.33 56 55 64.6 2844 2.35 65 54 41.3 2391
269 0.48 58 29 59.3 2322 1.09 51 36 52.3 2420
270 1.20 41 62 38.5 2391 1.10 50 35 43.6 2315
271 0.97 64 25 46.1 2132 0.61 40 51 42.4 2475
272 1.67 42 31 39.7 2460 1.14 45 28 77.6 2700
273 2.02 41 58 47.5 2606 1.05 53 90 28.6 2628
274 1.58 39 84 53.3 2740 1.40 52 26 49.1 2776
275 0.36 47 66 57.8 2028 2.10 55 25 31.5 2394
276 1.86 43 43 60.2 2494 0.93 63 46 48.9 2864
277 1.70 47 70 55.9 2569 1.53 53 32 75.2 2568
278 0.98 35 82 45.4 2158 1.59 47 89 37.0 2472
279 0.46 56 38 46.7 2692 1.26 55 62 55.0 2421
280 1.86 65 87 62.3 2478 1.41 47 57 39.7 2670
281 1.36 57 57 41.1 2526 1.66 57 42 13.5 2513
282 0.86 64 88 29.6 2070 1.71 56 47 29.0 2795
283 1.31 54 22 45.5 2090 1.71 73 22 43.2 3030
284 1.10 47 63 47.4 2355 0.86 37 42 54.8 2874
285 1.45 50 42 47.6 2862 0.77 49 58 23.3 2594
286 1.82 38 76 29.0 2500 0.67 45 39 56.6 2434
287 1.26 59 45 65.3 2798 1.64 49 38 62.0 2688
288 1.52 49 82 50.5 2197 1.87 52 25 58.1 2646
289 1.10 42 44 58.2 2658 1.70 72 34 65.0 2429
290 0.83 36 68 51.5 2648 0.91 65 56 61.7 2691
291 1.31 43 70 47.6 2018 1.71 49 36 53.0 2476
292 0.95 46 58 60.5 2868 0.51 43 18 80.0 2461
293 0.84 57 84 38.6 2575 0.86 55 44 57.0 1955
294 0.44 55 34 44.8 2227 1.49 61 43 9.8 2309
295 1.92 58 50 59.2 2426 0.65 52 48 25.4 2406
296 2.04 69 47 36.1 2423 1.51 43 45 12.3 2302
297 0.65 52 84 58.8 2106 1.06 55 31 58.3 2631
298 1.09 38 59 29.5 2713 1.09 59 25 52.3 2607

299 1.84 38 67 38.4 2481 0.80 44 62 36.0 2465
300 1.91 54 35 36.4 2839 0.97 48 72 52.7 2536
301 2.10 37 28 63.6 2435 1.62 43 34 49.6 2321
302 1.72 52 33 34.4 2331 2.79 46 63 41.0 2029
303 2.00 57 42 57.8 2132 0.65 43 61 34.4 2151
304 1.13 47 42 35.1 2491 0.15 45 89 15.7 2285
305 1.21 42 57 55.0 2204 1.23 37 49 45.6 2405
306 0.33 55 79 40.9 2272 0.82 51 72 45.9 2261
307 1.46 61 45 36.0 2857 1.16 47 49 27.7 2177
308 1.56 49 60 65.5 2187 1.61 59 69 45.2 2242
309 2.12 39 50 64.5 2198 0.48 61 36 64.6 2171
310 2.04 55 71 38.2 2492 1.23 42 16 57.5 2622
311 1.95 35 22 41.5 2118 1.25 50 57 62.3 2434
312 1.16 53 72 45.6 2692 0.71 56 47 43.7 2580
313 1.29 65 40 30.4 2244 1.12 33 43 59.3 2477
314 2.00 52 40 51.4 2235 1.06 42 60 53.9 2310
315 1.62 63 28 59.0 2314 0.49 47 38 26.8 2239
316 1.38 44 39 30.6 2700 0.73 46 52 59.8 2490
317 0.86 48 24 55.7 2775 1.12 42 41 53.0 2396
318 0.58 40 56 49.4 2704 1.49 43 27 46.0 2351
319 2.12 57 42 45.1 2790 0.51 48 32 40.0 2441
320 0.81 44 79 34.5 2514 0.31 47 62 55.0 2014
321 2.10 46 34 63.1 2785 1.40 41 39 42.8 2379
322 1.27 66 63 43.1 2070 1.27 45 43 42.4 2515
323 1.86 67 42 32.5 2840 1.66 46 50 46.5 2683
324 0.71 57 69 54.4 2342 1.64 64 34 67.0 2706
325 1.67 55 71 61.6 2843 1.45 59 27 38.1 2245
326 2.14 65 85 38.3 2132 0.86 57 53 23.9 2538
327 0.84 38 68 50.4 2643 1.14 51 73 19.5 2936
328 1.69 44 63 53.9 2165 0.66 59 59 39.3 2461
329 1.62 65 65 40.2 2323 1.11 52 56 44.2 2382
330 1.92 56 86 61.9 2831 1.19 50 51 47.7 2587
331 1.77 66 53 56.3 2275 0.69 55 18 11.4 2750
332 0.65 40 74 64.4 2095 1.63 50 23 53.1 2904
333 1.38 67 81 46.7 2372 1.40 56 46 46.9 2311
334 1.01 65 37 37.8 2689 0.37 50 47 35.0 2085
335 1.08 67 87 51.7 2142 1.48 66 56 45.6 2710
336 0.96 66 27 60.2 2114 1.42 57 52 47.9 2130
337 1.47 51 78 49.1 2751 0.67 48 66 37.9 2231
338 0.68 61 70 57.8 2037 1.39 61 19 74.1 2346
339 2.10 40 64 46.5 2750 1.77 45 46 41.8 2546
340 1.16 45 41 50.7 2828 0.72 35 52 39.3 2681
341 0.58 64 28 48.1 2645 0.17 46 33 33.3 2388
342 0.72 62 66 34.8 2369 0.90 52 3 31.6 2579
343 2.02 53 38 55.3 2018 0.90 51 34 33.2 2556
344 0.45 66 33 30.7 2731 1.10 44 48 31.6 2273
345 1.48 58 49 40.1 2868 1.89 60 52 15.3 2968
346 1.26 46 78 41.1 2093 1.27 46 51 31.0 2625
347 1.48 38 33 51.5 2266 0.72 48 51 65.0 2417
348 1.16 48 36 34.9 2742 1.49 50 47 27.9 2675
349 1.89 43 65 62.5 2258 0.52 52 55 51.0 1991
350 0.89 40 33 60.8 2616 1.25 45 80 47.9 2113
351 0.95 65 31 61.6 2069 1.22 47 50 50.1 2982
352 0.73 35 62 53.0 2714 1.30 61 24 73.3 2644
353 1.64 36 44 34.7 2703 0.36 63 49 18.6 2750
354 1.69 43 36 52.9 2109 1.48 50 43 12.0 2640
355 1.78 68 65 45.6 2461 0.57 50 25 39.9 2648
356 2.05 48 36 62.5 2842 0.41 60 53 33.1 2360
357 0.33 52 82 37.5 2861 0.31 70 50 7.1 2744
358 0.36 65 43 38.7 2692 0.56 50 31 50.6 2560
359 1.42 42 29 59.0 2245 0.93 61 41 77.6 2465
360 1.08 50 85 56.1 2749 0.74 43 19 39.4 2323
361 1.64 46 43 44.0 2522 0.90 54 68 12.9 2430
362 1.91 42 69 54.5 2175 0.62 35 41 45.5 2171
363 1.74 64 77 49.4 2179 1.46 66 60 7.0 2364
364 1.04 58 74 41.0 2345 1.59 52 49 53.8 2356
365 1.38 65 63 35.6 2450 1.57 48 1 15.6 2831
366 1.08 37 29 39.5 2836 2.14 59 55 52.3 2705
367 1.73 37 87 29.7 2807 1.14 64 42 63.6 2448
368 0.85 37 62 58.1 2255 0.31 61 29 43.2 2665
369 1.61 44 29 29.4 2785 1.11 66 7 64.8 2150
370 1.05 42 76 43.7 2763 1.12 57 48 61.7 2373
371 1.90 53 52 31.1 2401 1.21 51 91 31.6 1938
372 2.06 40 70 46.3 2166 0.19 49 46 53 54.4 2259
373 0.54 43 53 46.8 2036 0.95 48 36 25.7 2170
374 1.51 53 73 46.3 2140 1.54 51 42 42.2 2617
375 0.51 65 38 46.8 2096 1.91 45 84 56.6 2037
376 1.85 38 44 37.0 2197 1.04 52 24 22.9 2565
377 0.83 59 76 65.2 2489 1.23 53 46 6.6 2273
378 0.67 48 58 29.7 2637 0.27 58 60 17.3 2103
379 1.05 62 28 63.6 2271 1.00 48 58 29.4 2318
380 1.54 63 79 33.9 2381 1.22 43 64 70.0 2513
381 0.84 58 35 58.3 2261 0.91 48 45 44.7 2477
382 1.43 42 36 29.1 2129 0.64 53 59 53.6 2319
383 1.04 58 43 51.3 2049 0.45 64 11 24.2 3171
384 2.10 51 65 43.6 2463 1.00 54 52 41.6 2532
385 1.11 43 25 46.4 2033 0.92 57 21 54.8 2587
386 1.89 45 52 29.1 2681 1.59 45 47 25.8 2629
387 0.61 35 25 55.5 2608 1.54 52 52 61.4 2528
388 0.57 68 81 53.2 2698 1.58 49 32 65.7 2461
389 0.45 48 70 41.8 2474 0.59 72 42 16.1 2537
390 0.89 67 56 44.7 2438 1.39 51 48 59.7 2341
391 1.25 49 23 53.5 2526 1.12 61 47 64.3 2395
392 0.54 64 38 51.1 2317 1.40 64 55 73.1 2484
393 0.43 41 55 63.1 2649 1.64 53 59 21.6 2355
394 0.95 53 60 41.5 2721 1.18 45 47 58.4 2319
395 1.64 68 38 38.3 2570 0.34 44 22 62.8 2996
396 0.35 50 78 42.5 2547 0.57 50 51 35.7 2361
397 0.35 56 37 54.2 2087 2.20 45 40 47.1 2513
398 1.85 66 48 43.5 2378 0.97 38 60 49.2 2052
399 0.74 66 87 44.0 2241 1.13 64 63 94.7 2429

400	0.79	50	41	52.4	2151	0.46	46	66	58.6	2204
401	1.07	36	28	33.5	2650	0.97	63	27	34.9	2410
402	0.56	51	75	54.9	2250	0.82	46	11	33.6	2792
403	1.56	58	49	58.5	2700	0.52	47	47	41.4	2536
404	1.25	52	56	58.6	2474	2.56	55	60	30.6	2281
405	1.43	65	42	45.5	2329	0.66	44	40	26.6	2491
406	1.37	64	42	44.3	2435	0.63	50	62	45.6	2397
407	0.41	49	55	40.9	2380	1.73	51	48	60.2	2427
408	1.23	52	56	50.3	2617	1.51	54	56	41.6	2609
409	0.80	57	82	41.3	2439	1.41	72	52	68.4	2485
410	1.07	56	51	65.9	2835	1.00	51	56	45.2	2310
411	1.29	59	84	33.8	2359	1.54	50	79	51.0	2509
412	0.98	46	48	48.5	2295	1.29	43	36	27.8	2403
413	1.43	69	44	35.3	2140	1.26	48	30	46.9	2436
414	1.86	61	77	51.5	2210	1.08	31	45	36.4	2466
415	0.97	54	69	31.3	2333	1.74	47	66	63.6	2878
416	1.05	49	42	33.8	2080	1.81	55	42	24.3	2370
417	0.67	53	58	44.0	2115	0.64	51	27	9.5	2506
418	1.06	40	45	34.5	2222	1.83	41	20	46.8	2418
419	1.44	45	39	32.3	2356	1.48	43	39	60.3	2773
420	0.52	49	28	46.6	2562	1.02	46	46	52.1	2622
421	1.75	66	78	61.4	2832	0.57	59	62	37.5	2442
422	0.98	53	53	32.6	2834	0.22	47	39	52.6	2459
423	0.94	66	51	62.0	2479	0.65	66	62	73.2	2825
424	2.06	49	38	65.1	2409	0.68	64	43	57.6	2501
425	1.31	52	50	29.9	2568	1.09	52	49	52.2	2428
426	1.69	37	56	60.9	2526	1.57	56	51	53.4	2150
427	0.82	62	31	53.0	2579	0.65	49	38	43.7	2452
428	1.23	65	60	37.2	2329	1.83	72	31	52.4	2439
429	1.78	66	68	30.7	2735	0.62	57	63	20.0	2074
430	0.87	50	85	37.7	2306	1.30	64	36	78.8	2261
431	0.86	53	88	46.9	2469	0.67	45	67	62.6	2266
432	2.10	39	86	37.2	2162	1.50	49	44	33.8	2875
433	1.91	63	51	40.9	2133	1.01	68	53	40.8	2458
434	1.16	67	64	53.9	2441	1.32	49	48	55.2	2265
435	0.91	44	84	52.5	2750	1.86	51	89	34.7	2352
436	1.66	37	84	40.7	2552	0.51	55	50	35.5	2575
437	0.41	39	31	45.2	2743	1.25	58	8	60.5	2545
438	1.98	41	26	31.8	2547	0.78	50	63	35.3	2154
439	0.94	65	65	53.0	2566	0.51	52	42	22.3	2555
440	1.86	55	42	35.0	2456	2.07	41	32	38.5	2350
441	2.00	50	66	65.2	2296	0.53	53	65	33.9	2483
442	0.69	40	24	30.2	2686	1.13	36	33	89.0	2985
443	1.11	41	36	64.9	2630	0.90	56	66	68.5	2566
444	1.68	38	24	37.5	2847	0.55	51	28	64.7	2519
445	1.77	63	84	45.3	2795	1.09	52	64	60.8	1932
446	0.67	66	76	53.7	2093	0.34	56	17	55.9	2412
447	1.54	59	76	63.6	2312	1.23	58	46	41.6	2328
448	1.25	49	37	30.5	2631	0.94	62	54	69.2	2084
449	2.02	38	82	47.7	2258	0.21	54	32	64.0	2432
450	1.31	38	68	57.0	2828	0.59	55	73	10.7	2227
451	1.60	57	27	35.8	2822	1.80	53	62	77.3	2601
452	0.86	41	88	46.2	2406	1.25	52	20	21.1	2333
453	0.42	38	48	60.3	2176	0.76	56	55	78.3	2225
454	1.37	60	27	36.5	2355	1.31	52	30	76.2	2321
455	1.61	54	26	40.8	2792	0.15	40	58	39.8	2425
456	1.16	35	68	53.7	2333	0.35	53	29	45.7	2759
457	0.36	61	81	63.7	2707	1.05	47	53	65.6	2418
458	1.74	66	81	43.0	2797	0.88	48	63	61.9	2913
459	1.32	37	58	46.4	2051	0.43	54	39	50.8	2652
460	1.27	38	42	37.3	2757	1.06	50	23	17.3	2833
461	1.77	59	53	61.7	2215	1.21	54	40	54.2	2704
462	1.94	48	44	47.1	2331	1.10	43	52	29.6	2827
463	1.06	56	85	34.1	2781	0.99	49	39	20.4	2119
464	1.05	61	46	38.9	2381	1.45	53	58	65.3	2507
465	0.85	64	62	47.2	2859	1.54	50	27	19.3	2709
466	1.06	43	86	36.4	2766	0.77	47	62	44.5	2658
467	0.78	38	88	50.1	2840	0.80	63	55	57.5	2343
468	0.76	62	39	65.5	2702	1.47	65	41	49.6	2256
469	1.82	45	66	36.8	2039	1.99	50	43	29.3	2841
470	1.89	61	50	50.6	2396	0.94	65	20	38.1	2391
471	1.88	54	76	45.9	2587	0.14	69	72	44.0	2395
472	2.02	45	83	61.4	2108	0.72	45	54	16.4	2499
473	1.97	46	47	48.2	2519	0.83	52	26	20.4	2729
474	0.37	41	39	37.3	2040	0.48	43	57	23.8	2441
475	1.29	69	42	35.3	2106	1.14	43	47	38.3	2316
476	1.93	60	26	61.1	2562	1.24	53	53	82.2	2359
477	0.88	36	34	40.1	2751	1.38	44	37	12.6	2120
478	0.97	57	81	35.2	2377	2.18	53	46	49.6	2540
479	1.98	35	34	57.7	2245	0.85	48	28	63.4	2283
480	1.77	46	57	42.3	2800	1.83	38	103	38.4	2205
481	0.92	64	83	65.1	2762	1.19	49	70	23.2	2420
482	0.70	54	69	51.1	2497	1.41	54	49	56.7	2740
483	1.09	59	62	58.6	2269	2.35	45	25	41.0	2456
484	0.89	62	67	49.2	2154	0.82	50	24	23.9	1954
485	0.59	67	47	53.5	2791	1.71	65	50	41.0	2148
486	0.99	60	87	62.3	2440	1.29	52	53	86.7	2548
487	0.92	62	46	55.9	2632	0.30	52	52	44.8	2929
488	1.93	66	86	42.2	2254	1.03	45	29	64.5	2394
489	1.36	62	38	42.6	2130	1.19	48	48	31.9	2029
490	1.97	68	85	46.4	2414	0.94	60	62	67.4	2741
491	0.87	36	40	40.1	2525	1.29	60	41	38.2	2382
492	1.23	67	79	60.9	2393	1.06	47	65	43.9	2672
493	0.83	39	69	38.0	2568	1.10	51	46	83.7	2290
494	1.00	62	78	53.4	2039	0.82	55	40	46.1	2973
495	1.14	53	87	62.5	2533	1.01	51	67	57.9	2346
496	1.04	45	31	36.2	2565	1.09	62	86	19.8	2451
497	0.34	37	34	57.6	2287	0.91	50	33	47.9	2273
498	0.67	47	67	46.9	2786	1.50	43	1	34.0	2917
499	0.51	50	46	55.8	2423	1.00	50	39	20.7	2291
500	1.05	51	28	47.1	2635	1.08	50	39	23.0	2001

501	0.70	53	66	42.0	2751	1.33	52	47	45.7	2593
502	1.20	38	57	65.3	2599	0.88	42	29	64.3	2657
503	0.87	49	33	44.3	2505	0.72	59	43	48.7	2276
504	1.38	58	73	36.2	2766	1.28	44	47	48.5	2888
505	1.83	60	49	50.3	2626	0.96	55	46	44.5	2418
506	0.81	66	83	40.5	2564	0.11	55	32	59.8	2391
507	0.72	67	75	48.3	2101	1.21	52	37	92.1	2428
508	0.77	58	68	65.5	2406	1.58	41	56	22.9	2452
509	1.39	53	88	57.8	2495	0.53	50	66	74.9	2217
510	0.35	69	27	56.6	2330	1.55	61	65	42.2	2703
511	1.04	67	60	41.0	2361	1.08	43	71	66.4	2902
512	2.02	41	83	42.6	2081	0.92	51	31	30.7	2304
513	1.76	41	75	56.1	2625	1.06	54	16	35.1	2630
514	1.45	48	68	49.7	2744	1.53	54	69	60.1	2193
515	0.94	43	58	56.2	2377	1.32	45	50	67.4	2029
516	1.83	48	82	49.0	2819	1.40	55	51	0.5	2570
517	0.78	41	24	59.5	2395	1.16	68	54	27.1	2365
518	0.52	45	68	36.5	2859	1.24	44	45	59.6	2585
519	0.88	41	58	32.6	2296	1.40	40	57	43.3	2544
520	0.72	56	47	53.2	2484	0.77	56	74	26.6	2169
521	1.33	57	81	29.3	2120	0.81	59	72	53.3	2263
522	0.35	69	38	45.1	2131	1.49	40	61	56.9	2346
523	2.02	52	68	34.8	2291	1.25	59	21	39.7	2911
524	0.83	46	36	53.0	2365	1.66	48	64	18.7	2722
525	1.06	39	47	64.7	2699	0.95	46	46	43.5	2952
526	0.67	44	51	57.3	2423	1.75	44	20	52.3	1941
527	1.69	45	40	45.8	2551	1.82	40	25	49.8	2095
528	0.87	68	36	59.4	2420	1.76	46	51	52.6	2451
529	1.04	48	28	42.0	2557	1.27	52	59	34.0	2374
530	2.11	55	56	58.7	2312	1.80	43	60	67.9	2432
531										

602 1.94 39 46 53.7 2685 0.37 41 50 51.1 2699
603 0.32 48 60 63.4 2803 1.27 36 15 49.1 2654
604 0.54 60 25 48.6 2549 0.34 53 51 43.3 2380
605 0.94 49 26 30.8 2572 1.93 55 43 78.5 2480
606 0.65 58 85 57.2 2564 1.50 56 36 31.8 2701
607 1.39 44 39 46.7 2257 1.07 61 30 13.8 2625
608 1.98 42 52 54.2 2453 1.10 46 48 12.0 2544
609 0.49 42 31 61.5 2698 0.46 56 61 58.7 2861
610 0.55 63 52 51.4 2644 1.06 42 48 44.6 2386
611 1.71 65 53 35.6 2381 1.38 47 45 47.7 2703
612 1.75 58 69 40.3 2153 0.36 46 24 43.2 2364
613 0.79 45 62 48.3 2159 1.50 63 68 22.0 2416
614 0.47 40 67 60.0 2837 0.83 39 25 42.7 2167
615 1.66 37 74 40.4 2234 0.30 56 33 51.7 2367
616 0.48 38 23 35.4 2642 0.90 42 44 61.9 1992
617 1.66 60 59 40.5 2330 1.38 50 31 11.1 2496
618 1.43 52 38 64.2 2302 1.43 48 55 4.8 2318
619 1.89 52 25 34.1 2253 0.93 46 46 60.2 2429
620 0.87 58 64 32.2 2676 1.45 57 35 66.9 2677
621 1.57 58 61 36.4 2344 1.67 63 56 62.1 2009
622 1.63 63 39 31.0 2033 0.15 41 60 52.3 2427
623 2.10 68 63 41.1 2365 1.89 42 43 65.2 2441
624 1.06 48 53 38.5 2556 1.52 49 60 43.4 2351
625 1.08 66 78 35.9 2583 1.33 52 21 31.6 2375
626 0.45 63 50 54.3 2072 1.17 49 7 40.0 2792
627 1.32 42 45 30.2 2525 2.22 61 60 46.4 2325
628 1.46 66 53 32.3 2095 2.27 45 43 55.3 1957
629 0.72 41 31 30.6 2768 0.92 50 48 27.9 2760
630 0.34 66 50 44.8 2218 0.23 31 43 31.6 2099
631 0.75 54 57 60.4 2260 1.59 49 49 31.1 2123
632 2.08 43 69 54.9 2369 1.23 55 5 65.5 2379
633 1.67 52 60 62.1 2535 1.64 47 68 51.2 2771
634 1.49 36 46 33.9 2861 1.79 57 64 15.5 2330
635 0.93 58 25 43.5 2429 0.69 45 69 36.5 2543
636 1.83 53 68 54.2 2644 1.52 56 24 40.9 2859
637 0.98 35 38 38.5 2029 0.70 58 61 69.2 1988
638 1.00 59 46 43.1 2478 1.75 56 37 55.5 2496
639 1.18 46 31 35.5 2666 0.75 52 23 10.7 2760
640 1.78 53 37 51.3 2612 1.56 47 30 70.1 2227
641 1.35 61 85 65.9 2781 1.06 54 38 46.1 2466
642 1.68 53 44 42.5 2279 0.55 55 58 23.4 2699
643 1.33 42 85 34.6 2037 1.34 44 6 16.0 2113
644 1.20 66 71 41.4 2048 0.88 44 43 48.0 2564
645 0.33 43 52 59.1 2771 0.84 35 63 66.3 2553
646 1.82 38 28 51.1 2653 1.54 42 50 37.1 2245
647 2.06 43 67 46.2 2081 1.56 44 53 32.7 2027
648 1.84 35 50 49.2 2789 1.57 50 33 29.3 2421
649 1.74 53 70 35.5 2149 1.44 49 45 6.6 2337
650 0.89 58 61 62.2 2032 0.94 70 37 59.5 2113
651 1.79 64 22 57.1 2284 1.74 54 36 27.8 2510
652 0.90 69 41 38.0 2550 1.15 41 27 3.2 2292
653 0.79 58 36 49.1 2295 0.95 45 49 51.6 1948
654 0.71 43 84 30.5 2790 0.23 60 42 10.8 1942
655 1.48 42 41 34.6 2329 0.40 45 44 18.7 2722
656 1.10 43 35 37.6 2808 1.35 59 38 24.6 2382
657 0.66 53 75 48.3 2404 0.25 47 22 50.5 2293
658 2.01 43 61 59.1 2385 1.70 52 16 92.1 2490
659 1.64 60 35 63.3 2841 0.30 58 4 21.2 2558
660 0.58 39 32 44.6 2550 1.74 58 39 72.9 2054
661 2.05 53 41 40.1 2285 1.20 37 60 47.1 2397
662 1.58 64 87 57.1 2730 0.98 64 60 36.1 2496
663 1.80 67 71 50.7 2678 0.63 42 75 30.2 1877
664 0.72 43 51 45.2 2510 1.13 48 34 45.2 2406
665 0.99 47 30 30.0 2113 1.37 52 79 4.7 2512
666 1.11 35 75 62.8 2277 1.17 48 55 31.1 2566
667 1.46 41 35 58.8 2402 0.99 48 31 54.8 2604
668 0.84 41 33 51.4 2042 0.99 57 51 32.1 2320
669 1.18 60 62 55.0 2365 1.09 52 31 23.4 2916
670 0.52 40 67 49.2 2703 1.70 58 65 31.9 2234
671 0.53 62 68 46.3 2383 1.79 60 44 45.2 2433
672 0.33 58 87 50.2 2025 0.14 57 9 68.8 2294
673 1.90 55 41 36.8 2491 1.07 43 43 22.8 2111
674 0.34 48 57 31.0 2253 1.46 43 41 44.5 2220
675 0.91 67 34 51.9 2798 0.69 42 65 62.8 2374
676 1.63 47 55 62.5 2249 1.57 52 20 83.1 2357
677 0.91 46 24 54.6 2768 0.32 53 60 54.6 2379
678 1.66 54 75 50.1 2611 0.74 64 32 63.6 2597
679 0.87 38 63 29.1 2157 1.10 51 25 46.1 2556
680 0.66 41 88 63.3 2537 0.35 53 51 54.0 2684
681 1.83 40 35 31.7 2190 1.25 48 13 28.4 2482
682 1.67 43 44 29.2 2158 2.22 59 65 83.4 2593
683 0.66 44 60 46.0 2803 0.80 51 83 27.2 2850
684 0.60 36 26 53.5 2341 1.19 57 53 57.1 2474
685 0.81 64 50 38.1 2135 1.16 41 35 63.3 2460
686 1.51 59 29 36.3 2158 0.50 52 31 10.5 2485
687 0.50 38 72 62.2 2058 0.55 43 56 43.6 2216
688 0.89 68 28 59.8 2558 1.15 47 60 52.6 2610
689 2.08 46 69 50.3 2493 1.14 50 27 72.8 2432
690 1.27 37 45 35.7 2273 1.56 45 33 48.8 2182
691 0.47 69 28 51.9 2863 0.77 49 73 25.1 2374
692 2.00 57 57 62.3 2650 0.89 46 49 39.0 2697
693 0.50 57 40 32.2 2857 0.81 54 53 35.5 2459
694 1.60 46 24 61.7 2039 1.58 42 50 51.3 2246
695 0.79 52 65 29.7 2147 1.70 68 21 12.3 2543
696 1.52 45 27 59.2 2079 0.66 42 14 26.6 2353
697 0.78 50 37 46.2 2798 0.52 55 21 61.0 2659
698 1.58 51 30 36.6 2123 0.14 55 37 67.1 2818
699 1.25 38 65 37.0 2073 1.09 55 59 56.7 2545
700 0.33 37 32 61.1 2739 1.02 64 61 85.5 2707
701 1.37 49 56 60.4 2283 1.20 37 71 106.9 2715
702 0.69 49 61 55.8 2850 1.10 50 34 35.5 2475

703 0.42 66 77 53.0 2339 0.87 52 62 45.3 1978
704 0.95 57 87 42.8 2340 1.36 56 50 17.1 2293
705 0.67 44 77 54.2 2695 1.45 39 61 51.0 2674
706 2.01 60 67 52.2 2197 1.35 49 47 54.4 2740
707 1.11 52 39 50.8 2284 1.00 57 73 51.2 2954
708 1.49 41 28 52.2 2778 0.89 55 56 40.3 2575
709 1.66 50 59 63.6 2436 0.84 41 67 56.5 2471
710 1.39 56 57 61.9 2515 1.01 52 63 63.3 1992
711 0.59 53 58 47.3 2207 0.12 59 34 64.6 2590
712 0.38 55 59 58.0 2825 1.40 47 63 18.9 2089
713 1.62 57 77 41.5 2175 1.42 50 43 14.7 2233
714 1.88 50 46 39.2 2624 1.12 62 61 40.7 2742
715 0.68 39 70 60.4 2109 1.48 41 55 50.2 2672
716 0.42 57 23 38.1 2158 1.04 48 62 56.8 2274
717 1.68 41 24 44.5 2394 1.44 51 86 47.3 2316
718 0.33 36 35 45.1 2096 0.86 59 67 38.0 2758
719 1.86 67 80 63.4 2245 0.68 58 36 14.0 2685
720 0.34 46 34 35.5 2727 0.81 46 41 87.8 2839
721 2.10 37 64 32.4 2640 1.22 54 11 37.2 2638
722 0.36 34 62 31.7 2733 0.79 60 44 68.6 2480
723 0.34 64 85 53.1 2096 0.61 56 28 59.6 2655
724 0.79 53 43 52.7 2227 1.88 49 56 1.8 2319
725 0.72 48 77 39.7 2415 0.34 59 51 3.5 2100
726 0.42 61 25 35.0 2366 1.57 46 56 71.5 2555
727 1.85 67 79 53.6 2854 1.06 61 48 53.3 2752
728 0.60 51 68 60.7 2353 0.49 53 57 31.0 2482
729 2.10 50 70 49.4 2596 1.72 42 42 19.6 2475
730 1.34 46 31 56.3 2833 0.88 62 35 62.7 2470
731 1.34 51 36 38.1 2331 1.24 51 71 13.6 2356
732 1.14 34 55 34.1 2775 1.23 63 24 80.9 2209
733 2.13 55 23 34.9 2802 1.04 56 14 46.0 2656
734 1.45 61 82 41.5 2795 0.46 55 53 75.9 2495
735 1.73 37 58 30.5 2258 1.64 56 56 23.6 2235
736 1.85 57 70 59.7 2700 0.54 45 57 43.2 2636
737 1.61 42 32 35.7 2852 1.19 58 40 34.5 2231
738 1.26 43 31 32.7 2747 0.90 46 67 4.5 2337
739 2.07 49 73 39.7 2386 0.87 57 44 68.3 2567
740 0.85 60 47 54.5 2603 0.50 43 66 14.1 2920
741 0.47 37 46 39.4 2432 1.80 39 69 64.7 2644
742 2.08 68 56 47.2 2161 1.36 52 40 74.4 2371
743 1.49 51 48 57.2 2676 1.28 58 52 54.5 2510
744 0.32 55 31 60.0 2261 0.59 41 40 34.9 2221
745 0.44 61 75 60.0 2050 0.57 48 45 38.2 2249
746 1.23 46 60 35.5 2622 0.32 45 19 14.1 2641
747 1.04 58 26 48.4 2391 1.05 53 67 64.2 2686
748 0.42 62 72 58.9 2385 0.43 50 44 18.0 2485
749 1.16 45 46 57.1 2773 1.13 47 49 59.7 2612
750 2.13 49 52 57.6 2021 0.70 43 36 39.6 2034
751 0.55 52 72 47.4 2789 1.53 52 18 80.1 2443
752 0.88 67 39 43.3 2712 1.29 39 47 17.0 2624
753 0.57 35 30 54.7 2624 0.88 45 53 38.3 2243
754 0.60 36 64 49.8 2443 0.65 61 29 59.7 2325
755 1.25 50 37 31.3 2326 0.73 60 49 49.1 2775
756 1.98 44 63 53.4 2376 1.05 52 28 22.7 2710
757 0.74 69 22 34.7 2418 1.26 45 58 72.5 2495
758 1.05 59 53 57.6 2774 1.07 56 20 49.6 2678
759 1.34 54 88 58.9 2589 2.13 43 72 13.6 2542
760 0.70 55 65 34.9 2141 1.18 45 83 85.5 2635
761 0.63 64 69 51.5 2718 0.89 60 38 37.1 2671
762 2.05 38 56 62.3 2423 1.18 35 62 21.2 2374
763 1.25 53 55 29.2 2193 1.61 60 38 65.1 2203
764 0.42 66 50 46.9 2346 1.99 54 54 4.2 2299
765 0.92 38 67 36.9 2043 0.77 44 28 48.1 2495
766 1.83 46 41 59.8 2814 1.12 44 41 63.7 2270
767 2.00 58 59 63.8 2770 0.60 63 47 46.4 2351
768 1.55 61 88 29.3 2715 1.05 58 46 73.7 2649
769 1.13 41 53 63.1 2544 1.69 53 21 60.5 2494
770 1.22 62 60 45.1 2831 0.66 56 52 71.3 2099
771 0.51 63 82 40.9 2682 1.64 51 23 44.2 2450
772 1.94 58 82 37.9 2754 1.27 56 61 32.6 2248
773 0.57 46 22 44.9 2826 1.20 45 37 56.3 2456
774 1.20 36 86 53.3 2408 1.69 63 56 39.7 1901
775 2.01 52 82 55.9 2662 0.28 50 61 48.4 2498
776 1.76 48 77 29.3 2650 1.19 46 0 12.1 2449
777 0.93 41 54 49.3 2377 1.25 52 23 25.5 2620
778 1.38 48 28 61.2 2091 1.33 58 17 0.9 2197
779 0.74 36 49 34.2 2812 0.96 37 44 60.7 2126
780 1.83 56 42 60.7 2378 1.31 44 28 35.9 2509
781 1.72 69 48 57.3 2367 1.24 56 45 29.7 2104
782 1.60 55 62 36.8 2430 1.89 46 28 25.8 2711
783 1.45 59 26 41.1 2082 1.57 41 66 35.0 2418
784 1.40 60 61 57.5 2411 0.45 58 71 60.4 2291
785 1.67 60 72 40.0 2028 1.13 37 30 56.4 2573
786 1.03 53 84 62.7 2666 1.12 56 38 32.7 2353
787 2.02 50 26 62.2 2131 1.64 56 51 60.4 2946
788 2.01 58 26 42.6 2173 0.39 41 14 43.5 2002
789 0.49 42 87 33.2 2524 1.62 53 65 15.4 2210
790 0.43 40 81 64.7 2675 1.02 49 49 58.9 2472
791 1.89 62 61 65.2 2605 1.46 50 54 31.7 2519
792 1.03 63 25 62.3 2334 1.25 41 54 48.5 2072
793 0.78 41 36 59.0 2757 1.21 55 39 29.1 2860
794 1.29 49 72 40.6 2594 1.51 39 54 83.1 2808
795 1.53 57 73 31.9 2831 0.56 59 20 59.1 2683
796 1.18 67 37 29.2 2346 1.53 45 47 37.4 2185
797 0.82 39 49 50.4 2448 0.80 41 49 58.3 2493
798 0.54 57 63 43.2 2267 0.49 65 60 37.0 2410
799 0.72 45 60 52.2 2221 0.98 37 46 63.5 2679
800 1.05 59 45 63.4 2586 1.17 42 34 30.8 2448
801 1.28 63 78 49.9 2550 0.73 40 26 76.4 2577
802 0.52 36 33 47.3 2632 1.36 56 46 91.1 2430
803 2.01 62 59 37.8 2554 1.55 49 68 68.9 2772

804 1.23 44 50 42.2 2842 1.29 54 48 24.2 2007
805 0.81 55 86 37.4 2621 0.80 50 30 61.4 2508
806 0.36 54 31 38.4 2840 0.89 49 61 22.4 2386
807 1.69 58 44 57.7 2025 0.90 41 27 7.4 2703
808 0.95 44 68 40.2 2458 1.82 58 59 79.6 2571
809 1.54 64 76 30.2 2492 1.08 40 40 60.4 2304
810 1.53 47 60 43.8 2247 1.06 57 58 46.9 2238
811 2.07 46 37 32.4 2779 1.09 49 54 71.7 2973
812 2.05 60 23 56.0 2865 1.26 60 35 37.1 2236
813 1.17 64 62 63.5 2021 1.69 38 65 41.3 2831
814 2.05 40 75 45.5 2515 0.40 52 39 38.8 2400
815 1.83 53 39 60.2 2825 1.23 52 47 33.3 1902
816 1.76 49 49 40.9 2119 1.94 49 50 63.7 2565
817 0.55 38 63 33.7 2131 1.20 55 60 40.7 2514
818 1.20 66 73 37.1 2800 0.75 59 42 48.1 2253
819 0.56 53 77 30.9 2772 0.79 42 8 14.2 2585
820 0.50 45 86 47.6 2477 0.64 58 37 25.7 2741
821 1.44 59 43 31.1 2133 1.45 61 40 35.5 2509
822 1.55 64 81 58.9 2362 1.65 53 32 23.0 2508
823 2.01 60 34 33.4 2078 1.28 58 25 34.8 2429
824 0.76 60 75 36.1 2477 0.47 45 18 21.2 2528
825 2.06 40 49 30.4 2150 0.82 33 26 53.6 2376
826 1.75 36 59 39.5 2126 0.51 44 22 56.4 2351
827 1.75 69 82 60.0 2796 1.00 47 52 5.5 2534
828 1.89 48 54 43.3 2577 1.44 41 41 49.0 2452
829 1.11 45 35 57.1 2263 2.13 48 37 44.1 2728
830 1.56 61 47 45.4 2153 1.56 55 30 46.0 2263
831 0.87 37 53 49.5 2650 0.47 49 68 28.7 2903
832 0.41 47 33 32.6 2295 0.41 49 50 20.8 2336
833 0.47 50 53 34.1 2161 1.90 55 63 76.7 2403
834 0.79 63 83 42.4 2530 0.89 47 58 1.1 2296
835 1.85 48 68 55.2 2081 1.92 54 39 11.1 2729
836 0.39 40 83 59.8 2095 0.67 44 77 87.8 2143
837 0.33 64 39 32.7 2652 0.53 58 35 34.9 2572
838 0.72 63 71 40.2 2757 0.22 37 53 54.7 2651
839 1.27 52 32 55.2 2199 0.31 52 72 51.6 2506
840 0.34 56 75 30.4 2837 1.81 54 14 48.9 2576
841 0.99 44 46 34.4 2094 1.59 53 48 63.5 2187
842 1.14 35 77 42.1 2125 1.21 46 56 15.3 2577
843 2.02 40 81 52.8 2040 1.22 53 35 26.8 2450
844 2.11 35 78 64.1 2700 1.39 41 77 43.5 2733
845 1.68 44 29 39.8 2702 0.85 54 47 54.5 2681
846 2.04 36 33 33.5 2204 1.68 67 55 38.7 2532
847 1.25 44 36 61.4 2696 1.72 49 51 15.8 2428
848 1.35 54 72 42.1 2735 0.69 51 61 66.9 2601
849 1.39 65 72 47.2 2733 1.20 51 71 59.8 2326
850 1.51 59 43 53.2 2175 0.96 57 44 90.3 2761
851 1.76 45 52 56.3 2603 1.38 58 71 53.3 2258
852 0.55 66 52 66.0 2491 1.05 58 54 59.2 2408
853 1.32 36 77 39.3 2085 1.15 46 39 33.7 2378
854 1.05 67 34 53.1 2099 0.94 47 77 21.1 2776
855 0.52 58 48 39.3 2841 1.60 59 46 34.3 2600
856 1.24 52 39 54.6 2814 1.33 48 48 50.9 2084
857 1.54 53 77 46.7 2418 1.67 57 46 80.2 2491
858 0.39 40 39 43.7 2547 1.44 51 61 66.5 2198
859 1.04 53 61 31.7 2598 1.05 43 76 38.4 2129
860 0.90 45 23 46.6 2670 1.33 40 62 56.5 2696
861 0.99 60 84 54.6 2061 1.85 63 74 81.9 2329
862 1.74 44 33 54.1 2576 0.22 53 73 8.0 2500
863 0.61 56 84 33.4 2268 0.65 55 60 70.7 2764
864 1.76 60 40 45.8 2499 1.10 54 46 23.7 3029
865 1.75 60 54 42.0 2572 1.64 52 56 30.3 2543
866 0.58 60 49 41.3 2684 1.35 49 31 70.2 2605
867 0.70 54 83 55.0 2434 1.73 52 39 43.2 2572
868 1.67 66 86 36.5 2526 1.28 42 52 45.6 2558
869 2.13 59 78 63.2 2067 0.96 50 0 32.5 2154
870 0.88 60 31 53.1 2744 0.96 52 36 33.8 2590
871 1.90 69 26 51.2 2431 0.35 38 42 84.8 2604
872 1.10 66 79 30.6 2042 0.40 48 41 38.3 2583
873 0.72 56 22 60.5 2231 0.83 51 12 26.9 1922
874 0.46 41 66 50.8 2829 0.64 49 103 26.4 2067
875 0.87 51 69 60.2 2578 1.01 50 38 20.8 2669
876 1.38 68 29 54.3 2848 2.10 57 30 40.8 2232
877 0.62 37 47 50.8 2356 0.56 46 68 15.8 2637
878 0.89 46 51 44.8 2736 2.17 62 29 25.8 2518
879 1.26 48 25 41.7 2141 1.52 53 58 72.5 2679
880 0.34 35 31 52.1 2584 1.47 52 27 42.4 2336
881 1.80 59 78 61.3 2198 0.74 48 28 38.0 2341
882 1.27 53 56 39.8 2072 0.16 31 16 9.1 2152
883 1.46 60 35 36.3 2260 0.74 49 81 37.3 2794
884 0.90 69 27 36.2 2230 1.76 49 54 28.6 2326
885 1.83 63 28 60.3 2079 1.18 65 48 38.4 2495
886 1.30 51 39 36.4 2764 0.74 62 65 58.0 2439
887 1.48 39 54 45.1 2579 1.89 49 15 36.7 2790
888 0.84 63 53 64.8 2212 1.41 64 69 85.3 2265
889 1.57 41 79 31.7 2780 0.80 57 43 51.0 2334
890 1.49 47 70 58.5 2407 1.57 43 31 13.4 2235
891 1.84 46 58 43.5 2521 2.05 39 38 17.4 2244
892 1.46 52 54 62.3 2303 1.46 43 29 27.7 2464
893 0.36 52 36 52.5 2838 1.78 41 59 25.3 2218
894 0.42 53 56 54.9 2620 1.48 47 46 28.6 2520
895 1.80 54 32 57.8 2351 0.12 41 33 24.1 2583
896 1.04 69 66 59.6 2770 0.18 56 27 64.7 2541
897 2.07 50 53 32.2 2098 1.16 49 42 46.7 2495
898 1.08 48 44 49.3 2075 0.81 40 26 56.0 2654
899 1.32 62 35 57.4 2194 0.65 44 27 26.9 2070
900 0.95 61 54 60.8 2019 1.16 49 78 70.4 2727
901 1.54 68 48 32.4 2560 1.09 56 44 43.0 2594
902 0.79 62 44 41.8 2366 0.95 45 54 62.3 2494
903 0.86 64 27 52.7 2762 1.38 44 54 54.9 2314
904 2.08 68 36 64.2 2180 1.44 49 56 54.8 2270

905 1.19 50 81 60.5 2850 0.80 58 40 8.5 2605
906 1.02 60 34 52.5 2532 1.06 48 28 50.1 2103
907 0.79 44 39 57.9 2343 1.32 52 40 58.0 2586
908 1.32 41 74 64.8 2588 1.33 37 50 35.5 2220
909 1.23 51 42 52.1 2471 1.36 51 25 42.6 2469
910 0.36 65 60 40.9 2668 1.28 49 51 40.6 2404
911 0.44 67 24 51.8 2069 1.69 52 41 16.1 2278
912 1.49 54 76 59.9 2378 0.68 57 42 11.4 2478
913 1.45 66 25 54.0 2346 2.26 55 31 15.0 2387
914 0.50 47 33 65.0 2686 0.64 42 32 37.7 2670
915 1.93 46 30 43.3 2700 1.73 50 27 41.2 2711
916 1.58 56 37 40.4 2570 1.38 42 49 66.3 3010
917 1.14 54 65 42.0 2258 0.86 49 40 59.0 2839
918 2.04 35 68 60.0 2547 0.65 50 90 56.6 2236
919 1.29 43 39 44.8 2131 2.12 57 58 49.0 2444
920 2.04 66 65 50.4 2809 1.03 49 32 1.2 2240
921 0.34 62 37 32.0 2288 0.75 47 18 42.8 2422
922 0.67 52 57 51.8 2476 1.18 49 20 21.7 2368
923 0.41 51 87 29.6 2179 1.10 55 44 80.9 2349
924 0.97 53 26 44.9 2483 1.00 54 46 64.9 2464
925 0.86 57 35 48.7 2553 1.59 42 57 64.0 2476
926 2.01 51 66 52.0 2790 1.10 40 36 10.4 2395
927 0.34 45 37 57.7 2305 0.79 43 24 30.1 2364
928 1.47 46 73 31.0 2425 1.34 47 7 50.7 2477
929 1.24 60 64 58.5 2424 0.77 53 55 66.5 2429
930 1.96 59 53 62.2 2206 1.45 50 41 54.5 2657
931 0.95 68 66 34.8 2563 0.86 51 44 59.1 2134
932 0.37 54 35 52.5 2413 1.62 46 27 54.9 2528
933 1.91 46 50 54.8 2128 0.14 45 38 43.3 2251
934 1.00 48 35 45.4 2630 1.15 54 82 59.6 2651
935 1.93 35 34 53.5 2730 1.35 65 59 41.9 2878
936 0.88 59 37 46.0 2155 2.09 61 34 61.9 2817
937 0.51 55 50 61.8 2683 1.47 45 37 63.5 2306
938 0.60 42 26 47.9 2144 1.34 49 35 30.8 2202
939 0.65 47 80 32.4 2227 1.64 53 37 53.2 2301
940 0.56 46 28 31.9 2408 1.00 48 57 55.8 2656
941 0.46 43 64 42.9 2550 1.03 48 70 43.6 2411
942 1.91 38 34 30.6 2607 1.28 60 15 41.7 2206
943 1.66 43 84 45.7 2573 0.36 62 69 65.0 2461
944 1.37 51 75 52.5 2634 2.01 45 58 3.8 2759
945 0.39 42 68 62.2 2297 1.57 60 68 4.9 2384
946 1.79 35 69 43.7 2531 0.18 56 51 59.5 2620
947 1.91 38 24 63.3 2285 1.13 50 61 56.3 2352
948 2.12 39 29 31.3 2385 1.03 62 43 43.5 2691
949 0.78 40 37 41.7 2269 1.06 44 63 40.4 2871
950 0.80 53 28 49.6 2231 1.08 48 42 40.0 1893
951 0.73 37 27 29.4 2204 0.91 57 52 27.9 2448
952 1.82 38 48 38.6 2290 1.58 55 58 41.5 2395
953 1.24 42 59 55.9 2823 0.45 48 53 48.4 1973
954 1.67 48 79 62.3 2051 0.73 50 60 7.3 2587
955 1.56 45 48 58.2 2741 1.25 54 45 37.0 2339
956 0.52 58 30 47.9 2174 0.98 42 56 70.0 2579
957 1.42 35 47 48.1 2357 1.48 51 43 44.8 2212
958 1.16 61 76 36.5 2366 0.79 55 59 26.6 2044
959 0.97 40 41 51.0 2468 0.63 58 35 42.5 2568
960 1.66 67 72 40.7 2652 0.75 56 65 61.0 2323
961 1.53 58 59 37.0 2055 1.64 43 48 44.4 2608
962 1.92 63 63 38.7 2608 1.37 54 41 28.3 2552
963 1.04 50 35 60.3 2418 1.26 49 40 33.9 2349
964 0.80 65 55 39.8 2710 1.33 46 24 66.6 2481
965 2.08 49 57 47.7 2164 1.34 50 13 52.1 2582
966 0.78 55 87 51.5 2801 1.72 46 35 37.9 2825
967 1.94 35 48 50.5 2056 0.56 59 52 72.3 2524
968 1.84 62 60 56.2 2322 1.24 60 41 68.6 2940
969 1.89 55 86 66.0 2468 0.98 38 53 33.7 2549
970 1.54 61 57 57.1 2035 0.37 55 14 22.9 2237
971 1.22 64 49 44.9 2473 1.01 37 44 72.7 2771
972 0.81 45 80 48.5 2688 0.42 49 67 46.2 2724
973 1.67 50 58 53.4 2448 0.37 61 57 47.9 2470
974 1.67 56 31 57.1 2134 0.77 49 42 28.5 2791
975 1.55 42 87 32.1 2257 1.46 60 49 47.1 2485
976 2.07 52 35 63.9 2051 0.62 54 50 52.1 2246
977 1.58 52 32 62.4 2024 1.05 56 39 53.1 2348
978 1.13 37 40 29.8 2585 1.35 51 41 29.5 2119
979 0.51 61 33 65.5 2579 0.22 55 59 48.9 1676
980 1.99 47 39 51.5 2464 1.86 65 26 29.8 2729
981 2.00 41 48 64.5 2798 1.58 38 55 16.0 2562
982 0.84 39 38 31.5 2479 2.01 56 35 62.2 2021
983 1.68 65 56 64.7 2373 2.03 50 50 39.7 2336
984 2.12 35 22 62.9 2840 1.21 56 28 67.8 2474
985 1.71 57 45 57.0 2249 1.57 53 56 36.1 2302
986 1.56 57 83 48.5 2841 0.47 53 38 70.9 2845
987 1.83 46 71 41.8 2028 1.38 49 68 19.9 2362
988 0.60 67 72 50.1 2106 1.42 50 45 9.5 2591
989 1.60 52 88 38.3 2826 2.02 64 22 44.2 2370
990 1.34 68 47 61.2 2212 1.30 50 45 73.9 2588
991 1.57 42 60 46.2 2355 0.78 50 42 25.2 2484
992 0.39 44 87 41.3 2510 0.84 45 59 49.6 2612
993 1.11 49 56 36.2 2789 1.62 58 19 11.3 2104
994 1.73 60 29 51.3 2022 1.54 57 17 62.3 2641
995 1.79 58 86 61.9 2405 0.93 56 40 39.8 2566
996 1.74 39 27 46.3 2058 1.09 43 49 60.1 2151
997 0.98 55 53 30.5 2432 0.96 47 49 20.8 2275
998 0.52 41 25 37.5 2224 2.39 56 53 41.3 2484
999 0.50 42 52 46.3 2710 1.25 54 20 64.6 2660
1000 1.45 62 72 32.6 2292 0.85 41 70 6.0 2550
1001 1.84 58 35 39.6 2447 1.15 46 46 42.0 2283
1002 2.05 45 45 40.8 2137 1.95 53 50 44.6 2525
1003 1.77 46 38 38.1 2062 1.53 47 49 27.9 2550
1004 0.58 55 37 51.5 2843 1.57 45 23 21.7 2728
1005 1.22 60 30 53.9 2403 0.91 48 52 72.3 2471

1208	1.42	49	70	57.1	2414	1.03	49	10	32.0	2214	1309	2.02	38	59	32.5	2316	0.94	52	60	79.7	2585
1209	2.01	56	76	51.6	2718	0.60	53	60	31.9	2236	1310	2.09	57	73	52.0	2798	0.83	58	48	53.5	2765
1210	0.38	43	58	53.2	2035	1.52	60	40	49.8	2769	1311	1.24	57	34	39.0	2181	1.32	59	35	32.1	2575
1211	1.13	46	78	54.0	2857	1.64	56	22	38.7	2615	1312	1.30	51	28	30.4	2569	1.26	55	28	87.6	2080
1212	0.89	51	66	41.7	2611	1.35	53	45	56.2	2601	1313	1.53	38	73	62.9	2049	1.57	52	29	62.2	2632
1213	1.80	46	39	36.1	2428	0.61	44	45	72.7	2799	1314	1.26	44	71	41.0	2585	1.79	56	39	38.7	2106
1214	1.39	40	60	64.1	2312	0.11	41	36	40.7	2504	1315	1.63	37	49	35.0	2411	1.25	44	68	3.6	2613
1215	1.27	62	62	64.1	2664	0.80	54	67	69.9	2398	1316	0.62	35	60	59.1	2732	0.56	37	41	24.6	2602
1216	0.93	41	35	54.1	2419	1.35	51	24	23.2	2651	1317	1.82	68	83	48.4	2317	0.69	61	42	72.9	2176
1217	0.32	35	71	29.4	2716	1.03	40	46	15.4	2354	1318	0.70	66	30	45.7	2106	1.11	47	22	49.6	2181
1218	1.10	42	72	59.1	2290	1.58	42	29	56.9	2111	1319	1.48	52	69	53.0	2760	0.71	58	49	39.3	2828
1219	0.71	66	27	64.6	2768	1.26	52	31	48.5	2666	1320	1.04	61	33	52.3	2409	0.99	50	18	67.9	2597
1220	1.81	61	68	61.6	2391	0.71	57	61	49.6	2426	1321	1.25	46	33	29.3	2818	1.68	37	21	33.4	2422
1221	0.61	47	85	30.3	2671	1.09	61	35	36.7	2678	1322	0.66	42	68	38.2	2713	1.76	51	36	46.3	2796
1222	0.93	62	84	58.5	2253	1.25	43	14	54.9	2562	1323	1.16	42	43	54.9	2306	1.66	57	43	56.2	2797
1223	0.60	41	41	39.8	2243	1.13	45	20	31.8	2299	1324	1.23	69	67	60.0	2256	1.75	51	41	68.1	2672
1224	1.67	34	36	29.7	2766	0.90	65	44	105.6	2365	1325	1.58	63	86	62.9	2171	0.75	33	53	32.8	2604
1225	1.34	55	27	54.3	2377	1.27	46	45	23.7	2004	1326	0.88	66	35	56.3	2345	1.24	43	59	62.7	2834
1226	1.94	63	33	50.8	2103	1.27	48	24	16.7	2408	1327	1.45	35	54	38.6	2819	0.71	53	62	36.4	2680
1227	0.89	39	61	46.8	2680	0.69	52	60	26.2	2270	1328	0.87	37	38	46.0	2053	1.39	37	68	66.2	2795
1228	1.14	48	84	45.9	2679	0.14	46	70	50.7	2521	1329	0.38	40	74	64.4	2411	1.16	53	43	94.9	2735
1229	1.73	65	24	56.5	2412	1.36	39	56	36.5	2612	1330	0.61	59	62	58.5	2677	1.41	42	22	18.1	2372
1230	0.84	52	83	32.1	2412	2.00	49	61	67.2	2545	1331	2.08	52	53	62.3	2338	1.83	58	39	86.2	2329
1231	2.12	51	36	61.8	2296	0.64	55	39	27.3	2339	1332	0.35	58	78	65.4	2842	0.81	54	42	26.3	2276
1232	0.41	49	48	63.6	2164	0.23	50	79	77.6	2697	1333	1.58	58	38	47.6	2698	1.27	59	60	32.3	2656
1233	0.64	53	76	60.3	2205	1.14	57	32	52.7	2497	1334	0.41	47	82	60.9	2705	1.66	55	69	52.8	2567
1234	2.08	34	80	43.9	2469	0.50	55	35	51.6	2046	1335	1.01	43	34	43.2	2375	1.78	61	39	80.0	2172
1235	0.82	56	46	29.3	2697	1.71	63	56	61.4	2004	1336	1.09	55	35	44.0	2195	1.50	40	45	61.8	2030
1236	1.23	51	34	58.7	2149	0.92	46	32	37.2	2558	1337	2.06	35	58	64.9	2505	0.68	48	52	77.8	2750
1237	1.89	48	74	50.9	2135	0.89	44	62	0.6	2782	1338	1.61	55	27	57.9	2710	1.74	54	41	22.9	2220
1238	1.39	47	24	47.8	2352	0.99	71	39	27.1	2178	1339	1.25	35	52	54.4	2851	1.85	51	42	31.0	2131
1239	1.70	67	61	59.2	2761	1.20	56	30	35.1	2563	1340	0.89	35	63	60.4	2663	0.66	65	37	58.5	2838
1240	0.91	63	58	38.4	2734	0.78	45	47	18.5	2225	1341	1.59	44	79	48.8	2503	0.31	61	31	57.0	2316
1241	1.43	45	59	39.5	2154	0.73	42	32	40.6	2237	1342	1.41	42	71	56.6	2686	1.00	55	63	60.3	2742
1242	2.11	35	37	30.2	2172	0.25	56	46	46.8	2414	1343	0.97	42	29	55.0	2706	1.63	53	32	58.0	2819
1243	1.37	52	77	55.0	2674	1.00	60	48	23.2	2412	1344	0.64	34	70	52.8	2670	0.91	46	76	64.9	2313
1244	0.61	65	85	35.7	2452	1.24	56	43	28.7	2581	1345	1.83	51	50	34.6	2626	1.83	47	20	3.2	2674
1245	1.06	37	71	29.9	2502	0.84	66	49	48.5	2652	1346	0.46	54	53	59.5	2415	0.73	59	44	36.6	2274
1246	1.46	49	45	35.2	2710	0.72	49	50	54.2	2593	1347	0.49	61	39	57.7	2207	2.09	34	49	59.2	2423
1247	0.35	58	46	40.6	2832	1.39	51	39	45.1	2450	1348	1.11	41	50	53.6	2482	1.70	44	61	85.8	2339
1248	0.77	38	38	32.8	2861	0.32	55	56	67.8	2552	1349	1.67	43	43	62.0	2247	0.27	38	46	21.2	2598
1249	2.08	68	42	31.9	2192	1.10	52	27	66.6	2319	1350	0.54	43	60	32.2	2282	1.31	37	65	22.2	2750
1250	1.36	44	31	60.4	2203	1.34	58	54	31.6	1842	1351	1.85	49	74	36.1	2340	0.89	59	62	83.1	2711
1251	0.57	42	48	61.5	2673	0.72	47	83	50.7	2543	1352	1.12	45	37	36.2	2327	1.56	45	22	65.1	2340
1252	1.59	64	85	59.3	2135	0.30	41	63	49.9	2840	1353	0.49	36	82	61.8	2281	0.27	58	44	42.0	2221
1253	0.78	59	74	43.5	2739	1.06	57	56	67.4	2435	1354	0.36	69	72	59.7	2858	0.91	43	13	30.6	2369
1254	2.08	48	34	39.7	2259	0.54	56	26	50.4	2703	1355	0.84	52	67	33.6	2834	0.64	56	44	66.0	2506
1255	0.92	49	48	56.4	2382	0.48	41	16	49.1	2645	1356	0.71	58	56	55.8	2282	1.03	56	43	26.5	2608
1256	1.01	56	26	49.4	2832	1.15	57	43	11.2	2476	1357	0.64	36	77	45.0	2308	1.62	46	37	52.5	2143
1257	1.47	39	67	31.9	2729	1.68	43	57	19.5	2329	1358	0.74	58	43	34.5	2801	0.95	42	29	44.0	2583
1258	1.72	60	62	51.4	2196	1.30	55	20	34.2	2963	1359	0.96	54	54	58.0	2252	0.78	52	31	2.7	2912
1259	0.43	54	76	44.3	2563	1.46	43	50	17.7	2777	1360	1.84	68	82	42.6	2842	0.89	50	46	45.3	3065
1260	0.34	68	68	30.1	2231	0.78	46	41	55.8	2449	1361	1.02	41	85	52.8	2848	1.10	50	78	53.3	2115
1261	0.46	35	50	51.9	2273	0.52	57	64	7.0	2551	1362	1.32	63	61	46.4	2775	1.84	58	41	18.4	3332
1262	1.15	60	25	34.8	2302	0.82	50	44	46.2	2416	1363	0.34	34	45	48.7	2679	1.10	48	39	31.4	2619
1263	1.24	61	29	34.8	2268	0.69	27	51	20.1	2309	1364	0.63	49	69	34.2	2484	0.78	47	36	47.1	2389
1264	0.87	45	79	62.5	2228	1.41	47	59	32.8	2680	1365	2.07	49	82	62.5	2861	1.69	58	40	48.2	2544
1265	1.55	54	52	63.9	2398	0.85	45	41	24.2	2849	1366	1.38	63	48	53.8	2739	1.06	69	59	53.1	2602
1266	1.16	61	36	39.3	2697	1.61	36	59	51.0	2221	1367	0.43	36	32	62.7	2310	1.23	67	56	60.4	2476
1267	0.45	49	80	44.2	2306	1.61	49	46	56.7	2664	1368	0.68	45	37	36.1	2363	1.03	55	34	17.7	2279
1268	1.90	61	60	38.5	2311	0.95	52	32	72.9	2741	1369	2.10	61	83	51.2	2712	1.07	53	57	10.0	2564
1269	1.28	56	75	33.4	2798	2.42	52	36	29.1	2502	1370	1.93	68	81	37.2	2640	0.78	50	39	40.4	2167
1270	0.64	44	32	62.2	2397	0.74	60	54	85.7	2611	1371	1.38	40	46	65.7	2177	1.94	43	61	49.7	2630
1271	2.05	45	44	52.7	2703	0.95	53	67	34.0	2333	1372	0.85	43	70	47.5	2526	0.88	52	27	53.4	2292
1272	1.40	46	79	37.2	2210	1.00	54	77	37.2	2778	1373	1.69	38	72	35.4	2587	1.82	46	56	46.9	2909
1273	1.05	53	46	56.8	2235	1.26	47	26	31.1	2408	1374	1.21	65	37	58.3	2530	0.91	55	63	35.6	2301
127																					

1410	2.13	46	81	44.7	2722	1.18	40	55	23.4	2646
1411	1.01	34	71	65.5	2060	1.31	58	33	40.1	2171
1412	1.76	54	27	53.3	2683	1.18	57	46	77.7	2728
1413	0.88	47	58	31.5	2084	1.07	61	55	40.8	2438
1414	1.60	66	29	62.8	2546	1.24	46	52	67.1	2391
1415	0.93	41	66	56.5	2508	1.51	58	67	88.1	2839
1416	0.36	38	69	49.9	2795	1.21	45	29	53.0	2738
1417	1.57	60	66	59.5	2146	1.45	47	31	65.8	2497
1418	1.16	44	84	35.9	2283	0.85	45	48	30.5	2215
1419	0.37	67	26	58.1	2523	1.24	46	57	64.3	2117
1420	0.49	40	27	58.2	2036	1.34	44	60	36.2	2479
1421	1.92	67	53	45.5	2484	1.05	52	57	62.5	2290
1422	1.68	36	65	42.3	2045	0.73	64	39	40.2	2747
1423	1.79	49	29	60.1	2660	1.25	33	57	25.7	2112
1424	1.51	69	38	44.1	2035	1.21	45	20	61.9	2237
1425	1.70	59	27	52.1	2791	0.71	48	40	75.1	2203
1426	1.47	53	80	30.0	2219	1.15	58	48	50.1	2676
1427	1.23	65	66	44.5	2228	1.44	55	65	40.4	2318
1428	2.07	41	39	65.5	2526	1.25	58	47	1.0	2654
1429	1.18	37	38	34.4	2573	0.94	47	40	30.6	2641
1430	0.94	62	54	62.5	2800	1.76	64	52	57.2	2224
1431	0.68	53	39	50.3	2289	1.06	66	12	43.6	2309
1432	0.51	41	79	35.1	2467	0.88	63	15	62.6	2480
1433	0.93	42	28	53.9	2481	1.22	53	80	65.7	1794
1434	1.03	35	38	53.3	2340	1.44	55	40	61.7	2712
1435	0.90	66	41	30.8	2852	1.20	48	49	51.2	2279
1436	1.50	38	25	53.3	2712	1.23	53	39	8.9	2511
1437	0.32	40	65	46.0	2386	0.89	63	77	83.4	2239
1438	1.29	58	75	54.9	2053	0.22	51	53	54.9	2090
1439	1.59	65	33	55.1	2538	1.24	49	28	34.6	2665
1440	1.78	57	81	33.9	2489	0.54	44	52	48.6	2699
1441	2.11	38	83	40.2	2746	1.53	48	54	55.2	2396
1442	1.01	57	87	48.4	2784	1.38	47	4	33.3	2439
1443	0.56	55	25	34.9	2028	0.16	62	32	69.2	2781
1444	0.54	46	79	63.1	2299	0.87	50	38	62.2	2747
1445	1.20	52	66	63.4	2845	0.41	50	51	69.2	2165
1446	0.91	37	71	29.8	2359	1.76	56	57	43.5	2899
1447	1.09	62	81	32.7	2353	0.54	49	63	55.7	2722
1448	0.75	47	69	31.6	2541	0.90	40	37	22.3	2239
1449	1.32	37	81	41.5	2421	1.27	56	60	56.7	1978
1450	1.39	59	76	43.3	2221	0.75	39	14	24.8	2625
1451	0.34	46	87	56.8	2648	1.79	43	43	33.5	2581
1452	0.39	68	51	45.3	2670	0.73	38	38	65.6	2482
1453	2.10	61	73	50.7	2350	0.88	46	42	19.7	2202
1454	1.58	65	43	34.9	2782	0.82	47	8	52.2	2475
1455	1.51	38	58	56.5	2368	0.98	52	59	27.8	2838
1456	0.95	44	43	66.0	2465	0.69	56	5	32.9	2741

1457	1.06	48	82	29.9	2332	1.02	46	62	47.2	2517
1458	0.87	43	30	46.6	2273	0.61	46	26	48.4	2615
1459	1.38	48	43	53.9	2800	0.83	51	60	41.2	2482
1460	1.38	65	58	58.7	2429	1.48	46	35	29.7	2683
1461	0.73	41	56	44.5	2030	1.59	57	34	58.5	2331
1462	0.72	62	34	41.2	2472	1.39	43	60	66.1	2438
1463	1.80	68	31	30.9	2842	0.41	63	8	53.7	2276
1464	0.36	64	74	58.4	2612	1.40	61	43	60.5	2275
1465	0.77	54	83	61.4	2668	1.03	55	48	43.7	2612
1466	1.31	35	83	62.9	2316	0.83	53	52	55.1	2257
1467	0.57	39	66	58.8	2069	0.84	37	57	42.0	2221
1468	2.02	37	81	29.8	2319	1.75	37	56	48.0	2511
1469	1.00	52	54	41.1	2610	1.86	41	32	68.0	2399
1470	1.88	62	84	35.0	2205	0.86	47	41	24.7	2624
1471	0.83	42	26	50.6	2787	1.47	47	66	42.6	2321
1472	1.57	50	71	52.9	2705	1.25	53	69	31.4	2430
1473	0.33	53	32	48.5	2111	1.34	62	64	86.6	2565
1474	0.66	64	46	61.4	2619	1.33	49	43	38.6	2608
1475	2.10	34	40	53.8	2359	1.16	49	50	18.5	2542
1476	0.55	36	49	60.5	2618	1.27	63	46	57.2	2010
1477	0.41	48	23	40.9	2283	1.73	54	55	42.2	2021
1478	1.45	49	25	61.2	2568	0.77	64	60	75.0	2663
1479	1.85	37	28	55.3	2598	0.80	41	53	44.2	2599
1480	0.35	60	44	44.1	2780	1.21	44	54	48.4	2594
1481	1.24	60	46	35.4	2230	1.12	44	8	31.9	2909
1482	1.81	45	27	30.7	2643	1.58	49	53	38.4	2312
1483	1.76	59	38	57.0	2828	0.72	58	61	6.1	2651
1484	1.93	55	70	36.5	2434	1.58	52	47	20.7	3101
1485	1.88	44	75	32.5	2447	1.42	39	23	45.4	2144
1486	1.66	48	37	56.2	2228	0.11	50	56	43.7	2563
1487	1.06	62	76	58.8	2051	1.26	49	56	50.8	2291
1488	2.02	38	34	49.9	2698	1.10	45	30	6.4	2533
1489	0.69	50	75	58.2	2608	1.92	32	59	79.0	2562
1490	1.50	37	70	33.9	2306	0.67	42	55	30.9	2114
1491	1.93	39	70	34.3	2208	1.93	53	23	10.0	2969
1492	1.73	37	63	32.0	2044	1.76	60	51	45.6	2297
1493	1.60	39	79	42.4	2158	1.46	49	24	42.5	2809
1494	1.33	67	67	33.6	2385	1.63	54	49	26.1	2473
1495	0.86	37	85	57.9	2490	1.04	63	43	7.6	2249
1496	1.28	66	86	55.8	2450	1.53	54	48	6.0	2062
1497	0.61	63	83	57.9	2824	0.78	58	79	90.3	2410
1498	0.92	35	54	53.3	2675	1.48	35	44	65.2	2472
1499	0.45	36	43	30.8	2822	1.78	42	14	60.5	2579
1500	1.15	49	74	29.4	2363	1.69	49	49	56.0	2588

2. Cementová injektáž

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	0.48	47	44	62	2156	0.4	44	34	62	3006
2	0.71	56	67	9	2794	0.1	38	45	77	2412
3	0.40	31	60	49	2420	0.1	40	30	27	2936
4	0.32	41	56	52	2040	0.1	41	47	74	2380
5	1.09	58	66	53	2151	0.1	50	14	90	2710
6	0.50	40	54	62	2295	0.1	41	70	40	2694
7	1.27	31	78	33	2205	0.1	34	45	51	2812
8	0.69	46	46	11	2481	0.1	40	70	13	2544
9	1.33	33	73	35	2151	0.1	53	51	100	2789
10	1.24	45	71	82	2477	0.1	51	58	53	2291
11	1.25	31	37	12	2701	0.1	50	46	80	2817
12	0.34	35	34	75	2111	0.1	33	22	21	2497
13	0.31	46	66	33	2425	0.1	45	62	31	2632
14	0.90	60	44	70	2843	0.1	48	32	70	2993
15	0.92	38	36	7	2160	0.1	41	45	75	2647
16	0.78	63	22	13	2534	0.1	47	48	13	2609
17	1.08	35	59	77	2631	0.1	39	28	96	2577
18	0.87	60	77	58	2055	0.1	47	36	61	2327
19	0.51	59	73	51	2848	0.1	36	42	48	2521
20	0.27	33	45	20	2723	0.1	45	47	56	3023
21	0.22	49	69	8	2571	0.1	49	69	31	2494
22	0.75	57	79	49	2516	0.1	19	54	33	2865
23	1.26	43	39	11	2311	0.1	57	12	67	2292
24	0.26	52	44	77	2150	0.1	55	52	34	2439
25	0.41	49	81	45	2391	0.1	49	70	30	2312
26	0.47	63	55	60	2510	0.1	44	38	42	2641
27	1.15	43	80	12	2799	0.1	54	22	22	2424
28	1.21	46	67	19	2243	0.1	44	54	66	2854
29	1.08	64	23	63	2629	0.1	56	38	52	2402
30	0.89	49	29	58	2306	0.1	32	53	68	3153
31	0.56	59	44	81	2576	0.1	33	43	33	2487
32	0.52	48	43	40	2339	0.1	43	44	38	2590
33	1.32	38	34	49	2095	0.1	47	15	89	2493
34	1.22	40	78	85	2317	0.1	44	66	25	2688
35	1.16	50	37	8	2203	0.1	39	57	31	2283
36	0.87	54	74	27	2864	0.1	42	45	60	2316
37	1.19	49	71	45	2565	0.1	50	37	49	2506
38	0.62	31	30	50	2343	0.1	48	71	23	2821
39	0.56	50	44	43	2661	0.1</				

94	0.35	49	60	36	2078	0.2	51	29	87	2542	195	0.68	58	74	31	2630	0.3	39	23	72	1973
95	0.43	64	45	80	2800	0.2	41	31	41	2334	196	1.07	35	65	49	2516	0.3	58	36	27	2467
96	0.51	36	55	78	2625	0.2	47	52	72	2617	197	0.89	38	70	78	2685	0.3	36	31	63	2821
97	1.08	54	35	15	2163	0.2	53	28	36	2499	198	0.22	52	52	17	2318	0.3	48	33	39	2604
98	1.01	36	69	14	2262	0.2	39	48	52	2097	199	0.38	38	59	46	2225	0.3	33	48	58	2216
99	0.32	36	55	23	2184	0.2	69	24	53	2960	200	1.21	44	59	46	2571	0.3	48	15	74	2695
100	0.39	33	74	15	2250	0.2	42	37	79	2788	201	0.58	57	23	52	2343	0.3	38	43	61	2602
101	0.51	37	47	14	2851	0.2	48	34	68	2252	202	0.69	38	23	17	2552	0.3	59	36	69	2536
102	0.68	40	34	50	2273	0.2	53	41	68	2322	203	0.79	53	23	76	2656	0.3	30	17	25	2500
103	0.60	61	40	38	2817	0.2	34	53	72	2417	204	1.04	48	72	73	2423	0.3	46	33	11	2390
104	0.29	32	23	33	2139	0.2	46	71	44	2766	205	0.85	32	40	84	2784	0.3	33	35	55	2558
105	0.78	36	53	47	2094	0.2	55	22	90	2590	206	0.39	40	28	62	2031	0.3	50	79	19	2349
106	0.54	42	73	27	2249	0.2	45	60	55	2642	207	0.21	36	23	65	2706	0.3	48	28	63	2335
107	0.52	42	29	24	2087	0.2	40	54	15	2705	208	1.13	59	54	54	2760	0.3	43	45	49	1698
108	0.84	63	28	38	2318	0.2	52	35	64	2208	209	0.79	39	56	7	2502	0.3	43	53	64	2775
109	1.14	62	63	56	2773	0.2	43	10	49	2372	210	0.56	40	45	80	2762	0.3	40	7	78	2916
110	0.56	59	74	56	2201	0.2	41	31	48	2761	211	1.19	44	49	39	2808	0.3	56	28	23	2316
111	0.68	43	27	14	2648	0.2	35	48	73	2047	212	0.57	33	76	22	2254	0.3	47	57	46	2623
112	1.33	35	29	76	2110	0.2	64	49	80	2382	213	1.25	51	42	85	2372	0.3	54	34	100	2418
113	0.46	63	39	6	2301	0.2	32	78	55	2357	214	0.31	63	52	73	2257	0.3	37	41	76	2684
114	1.08	63	54	50	2306	0.2	33	67	79	2674	215	0.65	47	78	86	2207	0.3	57	28	23	2447
115	0.26	57	44	46	2700	0.2	44	27	64	2712	216	1.02	37	54	85	2233	0.3	27	52	17	2717
116	1.07	48	44	8	2849	0.2	51	49	67	2629	217	0.44	34	61	59	2867	0.3	52	41	70	2496
117	0.56	49	25	49	2101	0.2	48	66	49	2789	218	1.07	49	25	71	2105	0.3	45	14	51	2534
118	0.79	30	61	57	2583	0.2	56	31	67	2503	219	0.25	41	39	65	2601	0.3	38	11	35	2508
119	0.32	42	61	75	2280	0.2	49	28	98	2791	220	1.33	48	40	30	2105	0.3	32	38	32	2735
120	0.28	40	54	63	2192	0.2	38	37	14	2405	221	0.58	43	56	9	2043	0.3	44	28	42	2610
121	0.29	54	51	40	2185	0.2	29	54	43	2440	222	1.28	32	63	43	2270	0.3	42	33	21	2680
122	1.04	31	58	41	2172	0.2	37	45	70	2506	223	0.83	43	39	57	2866	0.3	51	19	10	2719
123	0.84	57	53	40	2116	0.2	52	38	71	2058	224	1.21	46	44	71	2729	0.3	36	19	54	2627
124	1.12	44	60	22	2264	0.2	47	34	13	2448	225	0.99	61	57	11	2260	0.3	36	63	89	2413
125	1.14	31	51	9	2021	0.2	40	38	119	2515	226	0.36	54	67	74	2659	0.3	49	11	46	2619
126	1.34	40	48	49	2620	0.2	38	35	16	2925	227	0.31	45	70	31	2025	0.3	53	26	41	2354
127	0.79	48	25	62	2509	0.2	38	45	7	2261	228	0.80	43	35	79	2482	0.3	57	36	48	3135
128	1.29	45	68	17	2801	0.2	49	34	73	2659	229	0.36	39	29	66	2599	0.3	51	45	65	2529
129	0.55	50	66	43	2141	0.2	37	48	46	2665	230	0.50	61	69	79	2746	0.3	55	48	32	2766
130	0.38	47	31	9	2102	0.2	40	37	97	2639	231	1.25	63	28	54	2416	0.3	45	47	69	2406
131	0.48	62	34	53	2332	0.2	54	43	47	2458	232	1.29	63	60	30	2630	0.3	55	39	87	2776
132	1.22	46	57	27	2142	0.2	37	47	61	2652	233	1.03	47	36	13	2376	0.3	44	75	72	2660
133	0.79	35	36	21	2611	0.2	37	46	43	2539	234	1.17	57	51	76	2304	0.3	42	23	73	2550
134	0.64	29	39	65	2480	0.2	53	22	61	2799	235	0.94	62	51	15	2450	0.3	38	27	53	2699
135	0.58	41	25	35	2190	0.2	37	53	8	2138	236	0.95	62	56	41	2700	0.3	55	42	7	2606
136	0.67	54	76	76	2795	0.2	40	28	35	2532	237	0.45	51	75	60	2070	0.3	31	15	57	2260
137	0.79	29	78	11	2806	0.2	46	8	25	2411	238	0.37	37	78	64	2245	0.3	33	33	68	2653
138	1.33	58	37	59	2049	0.2	53	50	52	2574	239	0.37	34	37	79	2497	0.3	36	47	21	2767
139	1.34	35	31	20	2577	0.2	56	39	96	2909	240	0.27	63	37	81	2759	0.3	55	28	35	2909
140	1.02	43	80	9	2172	0.2	20	40	120	2150	241	1.04	51	73	69	2801	0.3	44	28	22	2591
141	0.60	64	45	59	2279	0.2	31	38	27	2648	242	0.84	42	28	67	2323	0.3	40	34	83	3065
142	0.74	34	49	85	2274	0.2	52	22	14	2247	243	0.26	50	41	24	2610	0.3	45	31	32	2667
143	0.22	43	75	50	2716	0.2	53	53	67	2430	244	0.65	55	24	65	2124	0.3	51	51	67	2831
144	1.15	56	34	61	2165	0.2	40	44	26	2532	245	0.35	60	63	46	2696	0.3	57	34	46	2793
145	0.47	29	77	73	2847	0.2	34	50	28	2635	246	1.01	39	73	51	2609	0.3	31	60	36	2671
146	0.66	56	50	25	2607	0.2	52	43	49	2260	247	0.78	32	41	28	2179	0.3	36	51	54	2173
147	0.76	62	65	49	2050	0.2	37	31	47	2165	248	0.22	46	69	80	2540	0.3	38	5	57	2506
148	0.54	55	46	81	2812	0.2	37	38	8	2203	249	1.10	51	72	55	2084	0.3	52	35	124	2529
149	0.24	62	42	70	2849	0.2	29	54	84	2748	250	1.28	32	28	38	2473	0.3	53	7	72	2531
150	0.19	46	50	29	2762	0.2	62	20	113	2588	251	1.34	64	32	12	2718	0.3	56	47	75	2604
151	0.77	52	35	75	2051	0.2	35	39	33	2777	252	0.71	39	49	39	2698	0.3	43	81	58	2416
152	1.35	55	52	78	2475	0.2	32	22	26	2639	253	1.27	51	57	25	2706	0.3	46	44	43	2526
153	0.63	61	65	63	2090	0.2	48	58	71	2641	254	0.99	47	27	71	2402	0.3	35	42	33	2443
154	0.60	51	57	72	2530	0.2	42	48	71	2609	255	0.77	58	75	62	2690	0.3	50	45	44	2286
155	1.09	32	39	46	2622	0.3	45	62	56	2481	256	0.32	43	79	74	2567	0.3	40	30	71	2677
156	0.68	37	32	8	2553	0.3	58	41	16	2199	257	0.77	43	71	25	2622	0.3	39	47	57	2595
157	0.82	32	57	35	2635	0.3	43	39	42	2573	258	0.37	41	79	56	2855	0.3	48	47	91	2357
158	0.89	55	65	11	2601	0.3	57	34	51	2226	259	0.70	40	36	41	2665	0.3	41	37	50	2632
159	0.61	52	81	51	2777	0.3	47	50	61	2957	260	0.79	48	38	63	2645	0.3	36	35	74	2668
160	0.73	51	36	37	2422	0.3	45	59	55	2484	261	1.24	33	22	80	2264	0.3	52	16	67	2726
161	0.71	36	49	65	2772	0.3	48	29	70	2174	262	1.07	31	50	45	2837	0.3	55	25	33	2817
162	1.15	44	45	62	2133	0.3	40	4	58	2799	263	0.28	32	23	81	2317	0.3	45	41	62	2551
163	1.07	40	39	24	2213	0.3	24	47	41	2646	264	1.27	34	51	76	2437	0.3	38	27	61	2530
164	0.85	47	31	43	2311	0.3	52	36	74	2589	265	0.68	37								

700	1.27	41	78	33	2169	0.6	53	4	85	2381
701	0.66	33	71	61	2089	0.6	31	35	71	2863
702	0.76	36	29	19	2526	0.6	45	24	44	3070
703	0.60	35	60	62	2639	0.6	30	28	33	2820
704	0.22	34	65	19	2256	0.6	41	31	15	2615
705	1.18	42	32	36	2661	0.6	34	50	64	2336
706	0.28	49	60	27	2703	0.6	43	61	13	2593
707	0.95	33	66	84	2608	0.6	60	43	68	2397
708	0.92	51	55	61	2469	0.6	44	26	56	2719
709	0.81	32	25	23	2182	0.6	55	41	68	2608
710	0.82	40	80	80	2533	0.6	52	57	28	2618
711	0.70	60	63	75	2290	0.6	39	49	61	2549
712	1.05	53	74	70	2571	0.6	68	11	25	2677
713	0.65	33	46	11	2160	0.6	64	35	25	2623
714	0.96	56	28	47	2666	0.6	35	32	102	2814
715	0.92	55	46	64	2079	0.6	44	51	48	2702
716	1.12	30	44	9	2123	0.6	28	32	110	2386
717	0.27	36	72	45	2336	0.6	52	3	96	2470
718	0.52	63	60	47	2257	0.6	51	29	14	2704
719	0.88	58	23	58	2076	0.6	38	50	47	2314
720	1.14	39	60	26	2386	0.6	40	27	81	2524
721	0.31	57	31	76	2274	0.6	59	43	83	2312
722	0.75	53	42	18	2214	0.6	43	13	66	2312
723	1.08	41	70	21	2653	0.6	44	58	33	2488
724	0.59	35	74	71	2669	0.6	41	85	82	2516
725	0.96	49	59	17	2409	0.6	45	19	13	2434
726	1.20	49	65	28	2514	0.6	32	34	91	2147
727	0.78	45	70	86	2711	0.6	53	50	15	2446
728	1.31	54	70	77	2108	0.6	41	40	40	2715
729	1.30	57	44	67	2265	0.6	46	27	24	2556
730	0.36	35	53	54	2356	0.6	35	39	82	2758
731	0.82	37	75	9	2310	0.6	53	19	60	2678
732	1.26	44	40	58	2574	0.6	52	59	47	2371
733	0.64	56	38	63	2671	0.6	59	51	21	2332
734	0.85	51	76	69	2171	0.6	55	27	12	2344
735	0.22	62	79	24	2622	0.6	43	43	38	2552
736	1.24	59	45	17	2518	0.6	33	39	30	1998
737	1.15	49	60	53	2422	0.6	57	43	47	2965
738	0.39	53	30	59	2039	0.6	47	58	32	2696
739	0.40	51	41	82	2784	0.6	52	19	73	2399
740	0.99	33	51	77	2174	0.6	50	38	26	2812
741	1.25	36	41	65	2197	0.6	53	53	93	2496
742	1.14	61	34	80	2786	0.6	40	24	87	2237
743	0.99	30	65	29	2866	0.6	36	35	31	2240
744	0.66	45	42	21	2560	0.6	47	45	54	2813
745	0.63	46	44	30	2674	0.6	65	22	89	2792
746	0.86	62	57	60	2522	0.6	45	26	98	2408
747	1.01	64	80	59	2620	0.6	61	28	10	2755
748	1.27	43	52	52	2473	0.6	53	36	62	2292
749	0.24	49	47	69	2739	0.6	52	36	91	2524
750	0.30	33	43	16	2381	0.6	40	58	42	2777
751	0.79	38	62	69	2172	0.6	52	46	22	2138
752	0.24	38	52	19	2625	0.6	51	82	84	2178
753	0.60	52	35	59	2548	0.6	50	38	46	3010
754	0.92	47	33	57	2318	0.6	46	49	97	2746
755	1.01	46	61	46	2757	0.6	34	32	35	2763
756	0.90	31	29	75	2310	0.6	35	27	25	2455
757	0.50	59	43	64	2373	0.6	42	49	36	2550
758	0.46	63	65	57	2695	0.6	53	59	34	2618
759	0.80	34	28	53	2865	0.6	44	45	28	2397
760	1.18	31	27	80	2820	0.6	39	8	86	2607
761	1.27	30	77	66	2079	0.6	42	16	42	1961
762	0.58	42	71	81	2105	0.6	41	35	49	2764
763	0.65	59	33	53	2810	0.6	51	36	74	2156
764	0.48	48	75	47	2670	0.6	50	38	67	2687
765	1.06	42	79	48	2868	0.6	53	44	59	2489
766	1.24	36	58	42	2279	0.6	50	18	60	2475
767	1.14	52	68	19	2160	0.6	52	27	44	2459
768	0.74	63	77	68	2699	0.6	50	47	40	2334
769	0.40	43	52	22	2820	0.6	53	52	75	2572
770	0.29	57	70	79	2567	0.6	45	37	83	2523
771	1.06	52	49	12	2589	0.6	52	50	31	2489
772	0.31	62	30	78	2051	0.6	50	55	34	2699
773	0.39	37	63	7	2516	0.6	47	26	79	2614
774	1.17	45	57	32	2775	0.6	53	60	48	2367
775	0.28	40	29	36	2374	0.6	39	8	97	2393
776	0.36	57	55	35	2634	0.6	56	39	67	2253
777	0.73	62	29	33	2088	0.6	48	30	20	2594
778	0.61	37	53	13	2285	0.6	45	28	38	2397
779	0.45	39	69	47	2026	0.6	34	40	15	2305
780	1.16	59	74	55	2637	0.6	53	58	67	2382
781	1.03	52	68	49	2419	0.6	38	43	51	2669
782	1.32	41	70	65	2645	0.6	49	51	35	2540
783	0.39	52	67	33	2102	0.6	56	46	38	2537
784	1.25	42	71	26	2599	0.6	46	31	119	2694
785	0.64	30	79	44	2330	0.6	45	27	86	2710
786	0.93	50	34	32	2599	0.6	44	37	29	2764
787	0.23	54	23	7	2121	0.6	38	33	64	2538
788	1.27	49	50	9	2640	0.6	51	25	124	2150
789	0.20	48	80	19	2384	0.6	39	42	47	2019
790	0.73	30	45	69	2158	0.6	42	54	99	2540
791	0.68	43	56	9	2313	0.6	46	45	54	2208
792	1.02	44	71	62	2129	0.6	46	38	68	2435
793	1.17	42	25	25	2296	0.6	39	64	92	2336
794	1.30	63	65	18	2184	0.6	49	29	99	2397
795	1.15	41	55	18	2573	0.6	38	48	45	2705
796	1.18	55	40	28	2380	0.6	54	44	83	2562
797	0.70	45	55	62	2809	0.6	35	57	56	2231
798	1.34	30	75	60	2742	0.6	37	52	79	2288
799	0.51	42	47	81	2723	0.6	30	31	54	2511
800	0.50	31	62	46	2760	0.6	53	47	31	2896
801	1.04	63	41	27	2524	0.6	29	24	68	2794
802	0.20	43	57	40	2719	0.6	53	36	79	2340
803	0.65	48	57	46	2540	0.6	41	61	63	2814
804	0.61	56	76	54	2043	0.6	42	82	99	2450
805	1.07	39	22	39	2619	0.6	43	29	100	2209
806	0.60	56	44	47	2598	0.6	45	32	51	2459
807	0.58	59	68	24	2286	0.6	56	35	61	2694
808	0.61	41	48	81	2084	0.6	58	13	66	2549
809	1.18	33	32	16	2827	0.6	41	35	26	2618
810	0.21	53	35	57	2759	0.6	57	32	46	2757
811	1.27	43	37	49	2827	0.6	48	18	14	2857
812	0.93	50	40	48	2373	0.6	46	65	37	2579
813	0.38	58	51	58	2185	0.6	47	61	122	2489
814	0.77	61	37	67	2133	0.6	37	45	101	2764
815	0.40	48	71	40	2083	0.6	48	12	60	2167
816	1.29	31	54	10	2047	0.6	35	46	44	2718
817	1.07	60	28	47	2770	0.6	49	48	75	2874
818	0.40	44	27	30	2525	0.6	59	19	99	2522
819	0.49	33	55	58	2113	0.6	44	39	12	2664
820	0.42	53	75	85	2105	0.6	51	29	39	2454
821	0.39	46	61	41	2050	0.6	47	59	80	2639
822	0.67	31	31	53	2759	0.6	47	47	39	3052
823	0.83	47	61	81	2806	0.6	49	48	111	2954
824	1.19	48	45	17	2181	0.6	39	71	24	2957
825	0.82	38	28	45	2023	0.6	49	36	17	2801
826	0.76	40	30	44	2260	0.6	47	22	91	2506
827	0.92	32	72	18	2570	0.6	47	67	17	2925
828	0.33	60	33	44	2023	0.6	47	52	23	2260
829	0.37	49	80	74	2634	0.6	41	29	43	2205
830	0.29	49	49	39	2789	0.6	38	49	30	2501
831	0.86	38	41	80	2801	0.6	42	34	69	2689
832	1.31	56	71	37	2143	0.6	49	61	71	2695
833	0.90	61	27	49	2120	0.6	41	32	60	2894
834	0.87	47	40	66	2347	0.6	41	61	96	2581
835	0.41	32	46	36	2095	0.6	42	22	45	2759
836	0.39	36	49	7	2770	0.6	59	29	87	2354
837	0.49									

902	0.60	39	75	62	2212	0.7	52	28	121	2334	1003	1.16	62	72	13	2671	0.7	39	48	44	3020
903	0.25	52	29	16	2221	0.7	54	38	63	2575	1004	1.04	38	42	42	2812	0.7	40	40	90	2326
904	0.34	37	38	43	2268	0.7	38	58	36	2913	1005	0.84	59	33	81	2598	0.7	44	44	30	2191
905	0.84	37	56	83	2137	0.7	51	23	35	2450	1006	0.84	57	57	47	2671	0.7	37	52	91	2814
906	0.94	53	58	61	2345	0.7	44	25	15	2260	1007	0.42	61	35	14	2542	0.7	47	49	50	2783
907	0.94	51	43	10	2488	0.7	34	56	53	2445	1008	0.97	53	50	26	2160	0.7	44	45	16	2131
908	0.47	38	33	46	2467	0.7	54	38	59	2840	1009	1.27	55	75	54	2758	0.7	44	32	106	2386
909	1.21	44	54	24	2294	0.7	52	15	13	2495	1010	0.72	58	43	81	2339	0.7	44	28	60	2330
910	0.87	63	57	57	2284	0.7	32	17	44	2508	1011	0.89	33	63	34	2587	0.7	66	49	17	2537
911	1.16	58	59	66	2108	0.7	60	35	83	2538	1012	1.24	60	59	36	2568	0.7	42	32	121	2632
912	0.35	41	38	86	2544	0.7	43	10	129	2704	1013	1.07	39	46	63	2484	0.7	32	53	64	2471
913	0.62	33	31	7	2847	0.7	28	53	60	2530	1014	0.84	45	58	83	2210	0.7	40	12	78	2915
914	0.35	41	70	32	2392	0.7	63	34	84	2826	1015	0.63	45	80	34	2627	0.7	26	13	77	2274
915	0.85	55	35	9	2119	0.7	37	33	88	2525	1016	0.85	31	24	84	2511	0.7	35	51	47	2781
916	1.18	44	34	48	2796	0.7	47	54	93	2342	1017	1.10	63	42	46	2423	0.7	52	55	20	2410
917	1.15	40	42	67	2161	0.7	54	53	56	2478	1018	0.28	53	38	23	2261	0.7	28	10	65	2855
918	0.58	61	27	85	2765	0.7	44	8	111	2512	1019	1.09	57	74	66	2709	0.7	35	28	37	2666
919	0.66	55	50	70	2178	0.7	38	16	115	2523	1020	0.97	63	62	43	2166	0.7	44	35	23	2230
920	1.15	51	28	62	2192	0.7	55	39	26	2521	1021	0.39	62	39	31	2269	0.7	44	32	62	2516
921	0.78	43	23	74	2681	0.7	47	14	40	2521	1022	0.38	46	24	80	2500	0.7	50	12	57	2695
922	0.19	60	74	45	2758	0.7	48	54	54	2424	1023	1.29	40	59	22	2782	0.7	59	33	13	2418
923	1.00	46	67	76	2432	0.7	45	43	43	2672	1024	1.30	48	77	77	2314	0.7	53	7	53	2342
924	0.44	43	64	46	2679	0.7	45	50	79	2206	1025	0.25	42	39	17	2821	0.7	40	14	72	2357
925	0.74	64	43	23	2859	0.7	53	60	59	2316	1026	1.06	35	64	40	2266	0.7	43	26	37	2387
926	0.42	37	63	57	2698	0.7	29	54	73	2500	1027	0.31	44	39	72	2754	0.7	42	46	37	2222
927	1.01	62	32	76	2486	0.7	55	22	112	2427	1028	0.31	62	70	18	2590	0.7	46	51	65	2480
928	0.99	33	50	8	2769	0.7	40	35	17	2460	1029	1.04	35	28	78	2567	0.7	32	60	67	2646
929	0.28	37	69	61	2819	0.7	31	20	67	2633	1030	0.65	37	33	86	2498	0.7	33	37	28	2637
930	0.73	60	66	18	2299	0.7	39	39	23	2547	1031	0.65	55	49	68	2491	0.7	51	59	79	2606
931	0.44	47	30	13	2025	0.7	26	38	58	2622	1032	1.19	36	35	49	2389	0.7	44	21	82	2343
932	1.06	38	71	25	2510	0.7	40	29	92	2250	1033	0.33	51	40	74	2355	0.7	56	54	54	2414
933	0.42	30	30	16	2084	0.7	55	32	21	2563	1034	0.34	47	36	35	2702	0.7	48	53	29	2119
934	0.60	38	46	68	2364	0.7	44	45	28	2374	1035	0.85	47	76	29	2039	0.7	33	6	47	2426
935	0.54	32	46	72	2043	0.7	43	41	76	2322	1036	0.27	50	77	38	2449	0.7	49	7	87	2194
936	0.40	56	80	67	2160	0.7	47	47	79	1867	1037	1.23	56	35	64	2565	0.8	44	41	32	2310
937	1.22	30	29	22	2071	0.7	32	45	21	2402	1038	0.73	62	29	17	2043	0.8	39	56	55	2984
938	1.23	45	40	36	2125	0.7	44	51	68	2726	1039	0.25	53	56	65	2856	0.8	41	45	64	2523
939	0.64	30	57	78	2135	0.7	48	30	35	2423	1040	0.47	57	51	48	2797	0.8	43	41	51	2593
940	0.91	53	71	59	2698	0.7	41	23	61	2457	1041	1.13	60	61	67	2860	0.8	42	44	55	2645
941	0.25	54	65	70	2170	0.7	37	26	64	2807	1042	0.45	39	42	22	2602	0.8	50	19	88	2749
942	1.03	51	64	10	2418	0.7	45	56	42	2777	1043	0.44	35	24	22	2379	0.8	33	46	25	2207
943	0.48	30	26	76	2758	0.7	38	64	86	2647	1044	0.67	41	43	16	2227	0.8	23	34	40	2494
944	0.23	34	69	52	2319	0.7	51	42	105	2758	1045	0.49	50	40	39	2566	0.8	48	31	18	2612
945	0.91	51	80	49	2103	0.7	46	41	45	2759	1046	0.42	43	32	86	2262	0.8	63	51	31	2764
946	0.35	49	29	25	2069	0.7	28	26	61	2764	1047	0.33	46	24	68	2138	0.8	62	51	34	2452
947	1.25	56	62	76	2029	0.7	48	18	62	2357	1048	0.45	32	72	9	2699	0.8	48	68	54	2615
948	0.36	35	79	76	2512	0.7	46	44	21	2129	1049	0.77	48	51	38	2754	0.8	54	24	14	2896
949	1.11	48	75	17	2656	0.7	54	63	36	2636	1050	1.21	42	25	85	2501	0.8	38	48	84	2402
950	1.24	56	75	77	2813	0.7	39	28	15	2614	1051	0.93	52	33	57	2365	0.8	21	93	124	2493
951	0.48	59	80	45	2225	0.7	53	50	13	2327	1052	1.34	30	74	56	2638	0.8	46	47	70	2267
952	0.26	57	76	11	2119	0.7	29	58	14	2410	1053	0.82	34	72	7	2505	0.8	46	24	66	2685
953	0.21	55	41	65	2732	0.7	51	38	79	2047	1054	0.27	48	73	33	2197	0.8	38	17	34	2401
954	0.58	46	70	8	2580	0.7	41	32	85	3099	1055	0.74	41	74	71	2188	0.8	51	25	74	2232
955	0.45	53	48	15	2498	0.7	48	64	66	2439	1056	0.79	58	27	62	2518	0.8	38	50	44	2453
956	1.35	51	39	70	2555	0.7	50	44	78	2227	1057	0.51	49	74	8	2861	0.8	49	37	33	2858
957	0.26	38	26	10	2271	0.7	31	45	54	2565	1058	0.88	63	48	15	2441	0.8	37	48	59	2348
958	0.85	60	51	28	2273	0.7	58	83	59	2324	1059	0.64	46	27	69	2227	0.8	50	28	116	2637
959	0.83	41	64	44	2465	0.7	52	65	28	2496	1060	0.80	49	39	29	2091	0.8	58	43	23	2753
960	1.13	39	50	67	2590	0.7	42	26	87	2546	1061	1.34	42	35	19	2151	0.8	33	54	18	2209
961	0.69	49	44	72	2475	0.7	54	43	89	2588	1062	0.39	55	31	12	2659	0.8	39	48	70	3063
962	0.32	38	44	66	2465	0.7	45	53	17	2579	1063	0.23	30	27	82	2045	0.8	52	65	16	2379
963	1.27	57	54	49	2088	0.7	30	29	82	1969	1064	0.50	54	32	35	2496	0.8	44	44	41	1908
964	0.49	32	31	10	2626	0.7	40	58	40	2511	1065	0.59	52	54	30	2229	0.8	29	47	48	2608
965	0.57	31	29	82	2753	0.7	47	31	53	2492	1066	0.39	61	45	55	2843	0.8	57	63	37	2651
966	0.30	55	28	62	2386	0.7	50	67	113	3002	1067	1.05	45	26	74	2774	0.8	50	46	49	2644
967	1.25	37	46	21	2500	0.7	48	36	15	2232	1068	1.09	39	45	76	2277	0.8	37	34	52	2492
968	0.46	48	51	43	2535	0.7	52	66	90	2470	1069	0.71	41	42	18	2662	0.8	45	14	67	2844
969	0.81	47	78	14	2690	0.7	41	21	50	1985	1070	0.46	43	74	32	2119	0.8	57	26	52	2348
970	0.74	58	48	50	2565	0.7	43	46	84	2605	1071	0.93	30	26	54	2361	0.8	37	44	55	3042
971	0.41	60	44	76	2133	0.7	37	48	70	2469	1072	0.57	55	28	10	2492	0.8	49	34	78	2598
972	0.25	53																			

1104	0.30	54	48	49	2698	0.8	55	54	68	2269
1105	1.28	63	67	58	2202	0.8	60	51	57	2085
1106	0.41	53	35	8	2412	0.8	56	35	21	2214
1107	1.13	63	24	54	2549	0.8	37	52	32	2979
1108	1.06	60	68	16	2060	0.8	58	50	27	2022
1109	0.93	38	30	48	2094	0.8	35	16	57	2744
1110	0.68	31	80	44	2336	0.8	38	42	42	2266
1111	0.75	63	64	78	2130	0.8	48	32	36	2559
1112	1.00	43	78	34	2835	0.8	44	28	21	2382
1113	0.76	43	38	22	2423	0.8	54	39	26	2792
1114	0.97	31	27	6	2271	0.8	36	29	82	2449
1115	0.68	50	28	25	2634	0.8	56	25	55	2339
1116	1.19	44	33	9	2078	0.8	47	61	122	2776
1117	0.50	32	71	35	2587	0.8	55	11	71	2685
1118	0.31	41	54	81	2777	0.8	57	53	58	2403
1119	0.84	53	25	52	2262	0.8	39	56	67	2154
1120	1.20	35	63	11	2772	0.8	49	42	60	2617
1121	0.96	30	77	22	2591	0.8	40	32	73	2572
1122	0.24	49	36	34	2453	0.8	46	18	40	2752
1123	1.02	61	49	15	2247	0.8	27	26	77	2678
1124	1.22	55	32	50	2570	0.8	45	32	38	2602
1125	1.29	39	74	77	2075	0.8	34	30	35	2080
1126	0.94	55	70	71	2565	0.8	49	50	69	2762
1127	0.25	54	24	13	2760	0.8	38	55	60	2654
1128	0.54	32	49	76	2373	0.8	45	39	59	2756
1129	1.22	46	44	15	2153	0.8	52	53	97	2642
1130	0.41	37	31	50	2179	0.8	45	23	44	2238
1131	1.27	49	31	51	2528	0.8	49	39	40	2494
1132	0.88	49	45	63	2234	0.8	39	63	21	2850
1133	0.83	59	55	81	2367	0.8	42	44	27	2511
1134	0.94	31	24	59	2325	0.8	34	54	78	2689
1135	0.52	32	44	36	2327	0.8	50	45	73	2515
1136	0.66	54	23	25	2840	0.8	52	14	17	2840
1137	0.67	55	49	26	2809	0.8	33	49	53	2491
1138	0.79	34	64	53	2106	0.8	61	32	44	2611
1139	0.43	32	35	62	2142	0.8	51	61	28	2669
1140	1.12	63	66	65	2658	0.8	42	24	41	2734
1141	0.46	52	80	43	2844	0.8	58	61	63	2378
1142	1.20	56	25	22	2828	0.8	43	35	39	2797
1143	0.95	45	52	84	2838	0.8	43	50	38	2426
1144	0.48	56	55	67	2305	0.8	36	12	50	2892
1145	1.14	35	23	39	2508	0.8	39	40	40	2443
1146	0.43	30	81	10	2062	0.8	59	23	100	2517
1147	1.14	40	64	62	2625	0.8	46	29	87	2519
1148	0.21	54	75	82	2692	0.8	44	36	87	2783
1149	0.80	51	70	21	2604	0.8	46	39	96	2418
1150	0.33	55	60	82	2548	0.8	52	53	52	2592
1151	0.66	47	51	22	2688	0.8	58	38	83	2707
1152	1.13	36	51	59	2320	0.8	27	7	17	2541
1153	0.37	32	60	59	2801	0.8	44	25	68	2753
1154	1.15	35	68	62	2644	0.8	40	40	69	2695
1155	1.32	52	49	50	2431	0.8	29	18	72	2248
1156	0.55	32	40	79	2528	0.8	32	16	53	2453
1157	0.23	61	30	60	2426	0.8	52	22	36	2514
1158	0.78	32	37	60	2564	0.8	49	42	60	2927
1159	0.59	46	59	84	2495	0.8	50	59	102	2862
1160	0.70	34	55	75	2556	0.8	44	51	53	2988
1161	0.27	52	67	21	2532	0.8	42	33	72	2873
1162	0.23	43	31	81	2359	0.8	71	45	53	2539
1163	0.79	52	56	57	2783	0.8	39	58	103	2752
1164	1.12	45	48	45	2575	0.8	55	15	40	2399
1165	0.76	60	54	36	2447	0.8	36	20	39	2185
1166	0.93	42	45	44	2427	0.8	65	29	29	2300
1167	1.22	55	46	52	2439	0.8	33	32	59	2523
1168	0.75	52	43	41	2135	0.8	53	59	42	2756
1169	0.58	54	80	12	2364	0.8	48	19	71	2750
1170	1.27	50	61	14	2601	0.8	52	59	42	2105
1171	0.96	49	29	18	2029	0.8	46	48	46	2788
1172	0.31	59	53	29	2403	0.8	42	34	46	2528
1173	0.44	34	56	11	2438	0.8	37	42	55	2905
1174	1.05	30	46	58	2093	0.8	37	51	29	2724
1175	0.97	35	76	73	2166	0.8	52	35	90	2292
1176	0.32	47	78	48	2195	0.8	58	11	58	2488
1177	1.15	36	77	50	2518	0.8	46	36	37	2654
1178	0.89	41	70	25	2831	0.8	37	50	25	2337
1179	1.01	57	69	48	2229	0.8	43	27	74	2667
1180	0.37	60	32	64	2242	0.8	49	40	71	2105
1181	1.31	39	55	56	2098	0.8	67	30	56	2603
1182	0.73	36	70	64	2673	0.8	45	28	46	2638
1183	0.71	36	43	58	2057	0.8	43	47	90	2838
1184	0.82	48	67	11	2821	0.8	42	32	48	2511
1185	1.00	35	51	74	2604	0.8	47	43	59	2553
1186	0.70	60	39	37	2268	0.8	50	10	80	2340
1187	0.24	45	70	59	2275	0.8	39	25	35	2802
1188	0.87	45	80	13	2680	0.8	54	56	33	2619
1189	1.25	59	61	42	2699	0.8	42	52	44	2362
1190	0.78	51	58	29	2299	0.8	38	20	32	2345
1191	0.92	46	32	15	2639	0.8	44	27	58	2195
1192	1.04	41	57	28	2279	0.8	54	41	48	2890
1193	0.22	61	60	58	2587	0.8	53	38	31	2503
1194	0.92	33	53	45	2121	0.8	53	54	46	2810
1195	1.18	52	32	27	2157	0.8	60	20	64	2393
1196	1.00	53	75	51	2725	0.8	36	49	107	2337
1197	0.50	61	68	85	2370	0.8	57	43	49	2257
1198	1.04	41	37	16	2107	0.9	52	37	78	2635
1199	1.25	31	34	78	2509	0.9	48	23	50	2515
1200	0.85	40	27	63	2442	0.9	44	70	36	2804
1201	0.35	34	66	40	2380	0.9	39	37	76	2267
1202	0.53	29	76	50	2127	0.9	65	56	78	2856
1203	0.20	50	41	15	2046	0.9	32	38	50	2891
1204	0.95	46	38	7	2439	0.9	53	37	55	2228
1205	1.23	49	37	43	2554	0.9	59	41	58	2429
1206	0.31	56	77	33	2671	0.9	36	45	97	2681
1207	1.33	47	66	20	2602	0.9	28	36	105	2250
1208	0.96	44	69	39	2063	0.9	32	48	41	2578
1209	0.98	55	39	59	2669	0.9	49	34	32	2824
1210	0.49	45	59	71	2259	0.9	30	72	55	2169
1211	1.09	63	29	75	2295	0.9	50	40	91	2655
1212	0.81	62	59	74	2224	0.9	57	36	86	1989
1213	0.84	30	72	35	2311	0.9	35	54	44	2340
1214	0.40	45	77	82	2482	0.9	53	28	17	2973
1215	0.67	33	73	81	2794	0.9	60	31	66	2727
1216	1.04	36	24	79	2094	0.9	65	4	75	2641
1217	0.54	61	40	23	2805	0.9	48	66	56	2333
1218	0.75	35	56	60	2302	0.9	51	22	26	2657
1219	0.30	56	68	13	2656	0.9	56	38	37	2519
1220	0.86	61	50	64	2775	0.9	42	39	55	2559
1221	0.82	55	27	86	2409	0.9	56	23	115	2274
1222	0.46	44	34	59	2737	0.9	40	27	49	2658
1223	0.72	36	77	37	2090	0.9	51	31	104	2186
1224	0.26	42	67	15	2341	0.9	52	28	27	2749
1225	0.81	60	59	54	2391	0.9	56	20	72	2439
1226	0.45	43	57	59	2109	0.9	31	57	52	2901
1227	1.30	55	24	37	2702	0.9	38	62	47	2322
1228	1.29	39	27	34	2209	0.9	49	20	42	2414
1229	1.22	54	68	56	2112	0.9	45	29	79	2674
1230	1.00	36	27	72	2669	0.9	42	40	17	2594
1231	1.24	55	31	64	2205	0.9	60	45	24	2327
1232	0.82	50	73	43	2277	0.9	45	36	81	2529
1233	0.61	56	46	30	2459	0.9	53	66	18	2139
1234	0.71	56	75	60	2203	0.9	56	65	25	2785
1235	0.45	39	71	22	2070	0.9	55	48	56	2421
1236	0.87	41	70	82	2133	0.9	49	43	80	2263
1237	1.29	55	33	76	2120	0.9	49	24	50	2662
1238	1.21	31	38	82	2358	0.9	51	26	66	2506
1239	0.50	50	23	20	2555	0.9				

188	2.10	56	65	71	2557	0.33	60	63	38	2.636	289	1.46	63	27	31	2519	0.44	50	35	19	3.024
189	1.52	32	79	42	2080	0.33	66	50	31	2.252	290	1.16	62	76	29	2029	0.44	46	18	46	2.591
190	1.74	67	72	53	2106	0.33	52	53	81	2.323	291	1.42	65	35	44	2326	0.44	69	60	60	2.432
191	0.72	39	46	55	2268	0.33	42	51	39	2.568	292	1.67	40	76	33	2302	0.44	42	19	20	2.419
192	1.17	64	44	62	2623	0.33	64	41	56	2.796	293	0.24	40	62	15	2267	0.44	54	16	28	2.216
193	1.05	36	45	65	2426	0.33	57	29	67	2.513	294	0.49	71	39	40	2515	0.45	44	35	32	2.176
194	1.26	57	75	65	2020	0.33	49	61	41	2.330	295	0.64	65	68	13	2110	0.45	57	62	31	2.509
195	2.05	32	53	52	2634	0.33	60	50	29	2.641	296	1.69	56	68	12	2412	0.45	45	44	34	2.319
196	1.27	58	31	66	2505	0.33	47	51	34	2.413	297	1.79	69	67	7	2397	0.45	53	45	6	1.934
197	1.56	44	52	46	2345	0.33	42	27	59	2.667	298	2.06	34	46	21	2524	0.45	46	54	22	2.594
198	1.01	38	85	36	2583	0.34	63	44	53	2.122	299	0.68	52	86	9	2233	0.45	45	34	63	2.064
199	0.43	44	65	20	2168	0.34	31	33	22	2.787	300	0.81	42	31	51	2432	0.45	52	44	52	2.812
200	1.96	34	84	13	2081	0.34	55	37	19	2.507	301	0.61	49	83	51	2232	0.45	58	52	33	2.198
201	0.29	36	56	43	2239	0.34	60	70	76	2.477	302	0.53	63	78	48	2683	0.45	48	49	8	2.136
202	1.59	40	52	30	2236	0.34	44	36	71	2.563	303	2.09	63	53	45	2102	0.45	74	13	8	2.441
203	0.25	31	68	54	2162	0.34	48	47	78	2.596	304	0.16	61	46	67	2381	0.45	54	31	46	2.369
204	1.58	64	67	43	2066	0.34	48	12	49	2.758	305	0.40	44	43	27	2600	0.45	59	50	51	2.019
205	0.56	58	53	13	2459	0.35	35	58	39	2.311	306	1.46	39	33	50	2511	0.45	47	50	39	2.206
206	1.32	57	60	57	2106	0.35	55	37	15	2.753	307	0.26	69	41	52	2168	0.45	55	14	61	2.317
207	0.66	35	58	46	2241	0.35	42	86	25	2.418	308	1.25	54	27	69	2512	0.46	54	74	43	2.394
208	0.53	51	65	51	2180	0.35	38	49	61	2.490	309	2.02	46	80	61	2471	0.46	63	40	35	2.743
209	1.01	50	30	22	2439	0.35	64	44	57	2.633	310	1.05	63	35	22	2477	0.46	41	42	11	2.567
210	1.94	40	46	28	2492	0.35	59	72	19	2.711	311	1.42	57	80	46	2423	0.46	56	69	53	2.639
211	1.94	68	84	14	2477	0.35	55	68	7	2.542	312	0.28	39	75	19	2524	0.46	28	42	66	2.396
212	1.52	40	65	46	2075	0.35	54	52	56	2.797	313	2.18	39	69	6	2516	0.46	38	64	82	2.493
213	0.32	52	67	20	2470	0.35	55	46	41	2.427	314	1.20	51	75	28	2167	0.46	29	59	1	1.912
214	0.18	52	72	31	2610	0.35	61	47	60	2.101	315	0.10	55	71	35	2485	0.46	61	53	36	2.241
215	0.33	59	77	45	2129	0.35	48	28	33	2.470	316	0.54	61	55	12	2655	0.46	54	41	55	2.468
216	1.30	71	69	10	2353	0.36	55	23	42	2.564	317	0.44	42	31	56	2050	0.46	48	41	57	2.300
217	0.36	69	41	58	2116	0.36	50	77	35	2.148	318	1.54	65	79	35	2619	0.46	47	18	40	2.500
218	1.69	50	83	46	2336	0.36	39	39	40	2.699	319	1.38	57	53	30	2121	0.46	27	29	29	2.897
219	0.74	48	39	28	2074	0.36	53	63	57	2.288	320	0.24	44	23	28	2025	0.46	42	43	31	2.497
220	1.84	45	77	8	2057	0.36	63	79	54	2.563	321	1.75	49	35	39	2570	0.46	52	51	26	2.472
221	0.17	59	44	32	2439	0.36	57	36	60	2.737	322	1.86	30	26	64	2023	0.46	43	68	41	2.703
222	1.27	43	25	51	2437	0.36	63	29	57	2.214	323	1.21	66	63	44	2135	0.46	41	71	38	2.896
223	1.25	56	29	41	2228	0.37	55	17	35	2.361	324	1.14	46	30	9	2064	0.47	44	14	29	2.869
224	0.92	59	28	44	2321	0.37	49	57	10	2.290	325	1.05	49	25	53	2577	0.47	56	50	69	2.280
225	0.98	47	23	28	2582	0.37	57	47	35	2.809	326	2.02	48	73	52	2101	0.47	60	75	44	2.875
226	1.63	50	66	20	2615	0.37	52	3	71	2.055	327	1.85	41	50	73	2519	0.47	47	31	80	2.534
227	1.12	34	66	41	2659	0.37	16	26	38	2.221	328	0.90	52	52	66	2645	0.47	44	27	19	2.523
228	0.24	29	64	24	2673	0.37	54	26	53	2.572	329	0.64	44	56	41	2150	0.47	58	13	56	2.203
229	1.44	58	34	50	2481	0.37	39	53	32	2.438	330	0.87	37	37	67	2327	0.47	61	79	62	2.386
230	0.70	46	39	49	2081	0.38	37	13	59	2.337	331	2.04	58	81	36	2535	0.47	49	63	48	2.464
231	0.33	45	85	46	2425	0.38	65	17	53	2.469	332	1.54	51	37	62	2091	0.47	65	65	37	2.571
232	1.47	59	59	71	2267	0.38	42	34	64	2.551	333	1.47	35	68	9	2467	0.47	54	49	47	2.830
233	1.36	53	84	22	2465	0.38	33	18	29	2.465	334	1.52	50	67	28	2363	0.47	38	63	69	2.494
234	1.83	47	68	53	2144	0.38	71	66	79	2.640	335	0.20	54	27	66	2234	0.47	63	62	69	2.152
235	1.89	46	57	56	2564	0.38	66	53	63	2.177	336	0.44	45	36	65	2361	0.48	41	67	44	2.566
236	0.23	68	40	11	2393	0.38	46	2	46	2.063	337	2.01	68	68	13	2654	0.48	27	52	44	2.538
237	0.33	45	35	18	2227	0.39	58	49	17	2.515	338	0.39	55	62	23	2234	0.48	45	12	76	2.529
238	0.81	53	73	54	2252	0.39	58	43	9	2.526	339	1.57	68	41	54	2220	0.48	66	35	44	2.348
239	0.09	50	76	25	2022	0.39	40	4	59	2.459	340	1.54	56	57	12	2281	0.48	56	50	26	2.424
240	0.65	32	40	67	2312	0.39	57	65	48	2.631	341	1.79	29	80	51	2470	0.48	46	64	25	2.282
241	0.27	35	57	52	2636	0.39	47	82	41	2.734	342	0.98	34	32	19	2371	0.48	62	8	34	2.199
242	1.47	66	82	21	2083	0.39	53	26	47	2.669	343	1.48	46	27	17	2261	0.48	41	66	25	2.643
243	1.34	42	46	17	2680	0.39	41	42	55	2.515	344	1.42	55	36	33	2301	0.48	50	46	16	2.460
244	1.71	44	57	44	2106	0.39	69	37	23	2.407	345	0.83	34	24	11	2266	0.48	46	64	8	2.250
245	0.42	44	46	53	2499	0.39	64	74	64	2.400	346	1.43	46	52	8	2194	0.48	41	22	41	2.648
246	2.19	69	68	22	2022	0.39	53	59	54	2.765	347	1.33	66	31	10	2297	0.48	40	73	61	2.582
247	1.58	42	81	42	2545	0.39	25	68	63	2.634	348	0.19	49	57	58	2421	0.49	52	30	16	2.504
248	0.30	68	75	70	2136	0.39	42	42	29	2.006	349	1.15	64	57	8	2547	0.49	61	89	53	2.374
249	0.87	48	33	53	2379	0.40	39	44	12	2.341	350	1.15	42	62	24	2457	0.49	73	37	58	2.391
250	0.77	44	69	30	2084	0.40	48	23	102	2.353	351	1.33	39	41	11	2628	0.49	36	50	37	2.226
251	1.56	36	60	53	2271	0.40	55	15	27	2.549	352	1.93	31	63	19	2619	0.49	39	57	21	2.338
252	1.65	43	75	57	2136	0.40	50	54	38	2.877	353	1.21	66	39	20	2220	0.49	31	32	32	2.681
253	0.37	54	48	36	2199	0.40	43	57	50	2.400	354	0.40	36	78	43	2681	0.49	45	29	24	2.347
254	0.94	43	25	68	2064	0.40	22	51	31	2.739	355	1.41	40	72	44	2425	0.49	55	54	26	2.748
255	2.05	33	85	14	2153	0.40	44	46	23	2.021	356	1.61	40	25	31	2636	0.49	49	75	36	2.327
256	1.03	64	45	49	2627	0.40	51	49	14	2.450	357	0.87	63	78	72	2241	0.49	45	33	55	2.714
257																					

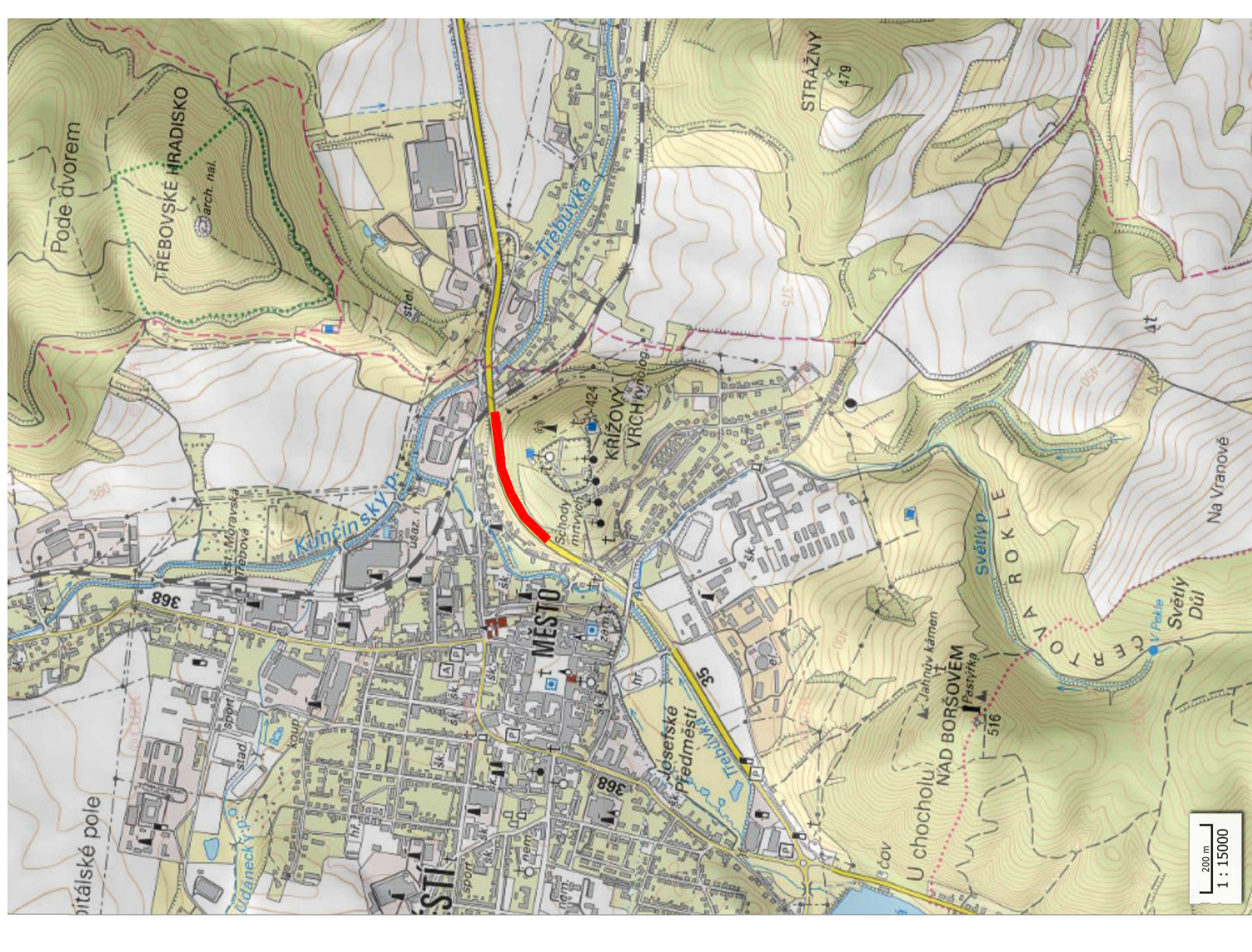
390	1.10	46	51	54	2137	0.52	68	75	63	2 328	491	0.21	37	28	33	2382	0.62	52	32	37	2 565
391	1.86	52	29	16	2681	0.52	26	46	50	2 567	492	0.96	67	58	52	2510	0.62	50	65	40	2 383
392	1.02	58	34	30	2461	0.52	65	28	49	2 695	493	0.91	67	67	61	2542	0.62	52	53	45	2 641
393	2.00	41	50	70	2294	0.52	55	25	57	2 314	494	0.28	69	66	23	2126	0.62	42	60	66	2 660
394	0.57	31	88	37	2536	0.52	47	59	86	2 290	495	0.11	50	76	48	2645	0.62	69	62	23	2 403
395	1.45	29	46	61	2482	0.52	41	45	37	2 505	496	1.25	36	35	71	2549	0.62	39	44	48	2 809
396	0.93	42	35	30	2598	0.52	55	39	56	2 056	497	0.20	45	25	36	2511	0.62	51	89	54	2 123
397	0.50	42	49	26	2302	0.52	51	52	67	2 203	498	1.12	60	48	64	2472	0.62	55	82	51	2 445
398	1.36	62	39	24	2569	0.52	49	42	17	2 937	499	0.07	48	32	47	2518	0.62	60	49	37	2 104
399	0.77	50	27	25	2208	0.52	62	11	28	2 189	500	1.61	45	48	11	2527	0.63	52	35	38	2 967
400	1.14	38	50	24	2423	0.52	69	51	48	2 342	501	0.77	30	54	56	2062	0.63	48	75	61	2 485
401	1.17	48	35	51	2342	0.53	71	44	51	2 467	502	1.57	48	64	40	2463	0.63	53	53	42	2 449
402	1.46	34	76	13	2647	0.53	30	101	45	2 314	503	1.98	38	34	69	2433	0.63	46	66	17	2 412
403	0.22	55	54	71	2628	0.53	35	47	56	2 500	504	1.63	50	41	10	2332	0.63	71	37	37	2 575
404	1.25	55	42	8	2082	0.53	42	42	47	2 825	505	1.72	54	40	55	2610	0.63	55	48	24	2 847
405	1.92	69	83	31	2597	0.53	56	36	15	2 872	506	0.30	39	82	10	2166	0.63	40	57	56	2 436
406	2.15	39	34	52	2116	0.53	66	45	77	1 981	507	0.82	70	87	38	2474	0.63	59	38	60	2 368
407	0.86	55	88	22	2070	0.53	17	43	97	2 310	508	0.54	43	35	53	2625	0.63	39	32	20	2 306
408	1.11	43	88	67	2209	0.54	59	54	51	2 593	509	1.67	33	42	71	2542	0.63	65	41	23	2 434
409	0.14	29	79	27	2598	0.54	54	5	93	2 209	510	0.77	66	23	34	2160	0.63	49	41	40	2 164
410	0.34	42	87	31	2557	0.54	52	56	46	2 510	511	1.93	29	76	68	2660	0.63	53	73	37	2 610
411	0.10	46	67	68	2204	0.54	38	43	15	2 365	512	1.28	68	63	27	2518	0.63	59	45	60	2 549
412	0.89	67	77	66	2420	0.54	57	56	9	2 310	513	1.27	43	86	54	2424	0.63	64	28	40	2 576
413	0.20	45	68	36	2399	0.54	61	22	63	2 718	514	0.61	41	47	67	2284	0.64	33	35	65	2 550
414	0.16	32	72	29	2236	0.54	37	41	47	2 760	515	1.20	66	53	17	2294	0.64	61	39	8	2 405
415	2.05	58	64	65	2221	0.54	63	68	26	2 919	516	1.42	42	71	41	2059	0.64	38	59	32	2 473
416	1.90	58	62	64	2632	0.54	30	75	57	2 546	517	1.59	39	34	43	2286	0.64	49	25	46	2 462
417	1.35	58	51	33	2063	0.54	47	38	47	2 403	518	0.36	43	45	9	2090	0.64	50	45	68	2 375
418	0.22	66	58	38	2443	0.54	48	33	30	2 039	519	0.33	67	40	25	2514	0.64	44	52	73	2 400
419	0.43	70	78	38	2348	0.55	73	67	57	2 650	520	1.96	32	42	51	2076	0.64	37	9	93	2 113
420	0.85	31	56	38	2084	0.55	59	56	6	2 825	521	1.07	67	68	42	2288	0.64	57	64	48	2 571
421	1.67	30	49	49	2279	0.55	48	49	54	2 596	522	1.96	64	86	9	2397	0.64	59	68	29	2 899
422	1.88	69	37	52	2403	0.55	55	48	56	1 979	523	1.87	35	52	69	2425	0.64	23	17	15	2 709
423	1.80	67	59	38	2128	0.55	45	30	42	2 381	524	1.32	43	32	27	2485	0.64	56	19	57	2 671
424	1.92	29	24	56	2628	0.55	30	35	43	2 587	525	2.10	40	58	45	2413	0.64	49	47	50	2 165
425	0.62	62	61	19	2556	0.55	42	47	54	2 443	526	1.06	69	68	14	2137	0.64	55	76	2	2 597
426	1.69	33	41	56	2449	0.55	70	44	64	2 279	527	1.29	37	25	9	2266	0.64	48	42	58	2 193
427	1.00	36	73	31	2261	0.55	59	40	64	2 345	528	1.92	52	73	24	2099	0.65	50	57	32	2 718
428	1.88	69	72	28	2026	0.55	34	75	13	2 724	529	1.37	34	42	73	2519	0.65	55	81	32	2 768
429	0.37	63	56	31	2615	0.55	61	46	28	2 391	530	0.19	44	32	39	2347	0.65	43	58	59	2 939
430	0.92	32	22	48	2244	0.55	56	45	22	2 343	531	1.70	35	43	57	2052	0.65	53	69	39	2 519
431	1.73	38	81	12	2306	0.55	43	58	22	2 476	532	0.72	35	61	24	2678	0.65	44	54	43	2 665
432	2.04	34	67	21	2230	0.55	43	30	87	2 131	533	0.57	30	84	24	2113	0.65	59	49	33	2 595
433	0.87	71	81	51	2269	0.55	59	54	76	2 639	534	1.83	59	39	33	2242	0.65	36	49	67	2 338
434	0.35	44	53	67	2186	0.55	60	63	56	2 402	535	1.31	61	80	38	2340	0.65	43	35	27	2 902
435	1.61	51	77	23	2163	0.55	38	80	71	2 283	536	2.09	36	79	59	2129	0.65	56	64	22	2 429
436	0.93	37	28	53	2561	0.55	48	48	36	2 573	537	1.76	47	27	61	2330	0.66	49	60	67	2 528
437	0.13	65	24	33	2409	0.56	59	58	84	2 792	538	1.90	56	82	53	2337	0.66	48	64	36	2 909
438	0.77	45	23	68	2488	0.56	56	31	42	2 405	539	1.02	41	24	20	2197	0.66	53	45	65	2 741
439	1.87	59	34	9	2339	0.56	70	39	17	2 172	540	1.79	61	36	44	2079	0.66	55	68	71	2 713
440	1.39	35	41	37	2291	0.56	39	55	66	2 323	541	1.90	45	24	32	2423	0.66	54	39	72	2 642
441	0.56	64	28	56	2107	0.56	59	19	32	2 163	542	0.64	29	65	31	2462	0.66	45	37	47	2 745
442	0.21	40	77	29	2341	0.56	57	83	43	2 823	543	0.28	48	35	73	2633	0.66	40	24	32	2 455
443	1.82	55	27	9	2155	0.56	50	63	44	2 269	544	0.10	48	30	33	2636	0.66	60	38	24	2 310
444	1.59	55	69	8	2607	0.56	54	44	66	2 594	545	1.62	41	82	47	2169	0.66	48	49	46	2 510
445	1.79	43	48	51	2387	0.56	47	29	42	2 107	546	2.16	34	34	66	2021	0.66	69	37	29	2 988
446	1.78	55	87	69	2303	0.57	58	42	17	2 466	547	0.22	45	28	54	2294	0.66	49	23	37	2 210
447	0.85	69	67	71	2594	0.57	64	70	26	2 963	548	1.63	50	88	47	2544	0.66	42	64	16	2 379
448	0.21	68	44	62	2057	0.57	83	71	48	2 638	549	2.05	38	61	56	2613	0.67	45	30	48	2 619
449	1.72	49	50	11	2507	0.57	63	11	40	2 569	550	2.08	37	47	23	2040	0.67	49	79	84	2 161
450	1.78	57	48	42	2518	0.58	43	69	23	2 371	551	0.37	44	25	33	2034	0.67	56	31	63	2 365
451	1.42	42	79	61	2403	0.58	66	54	28	2 092	552	1.03	40	53	8	2059	0.67	27	37	65	2 653
452	0.55	32	65	18	2395	0.58	56	47	37	2 677	553	0.83	68	62	27	2247	0.67	37	51	35	2 591
453	0.90	41	77	43	2330	0.58	49	13	33	2 631	554	1.08	32	42	72	2470	0.67	62	56	48	2 808
454	1.88	57	81	68	2570	0.58	58	55	42	1 840	555	0.76	61	43	26	2202	0.67	34	39	4	2 255
455	1.15	59	58	10	2503	0.58	46	67	81	2 265	556	2.01	41	29	62	2385	0.67	54	57	38	2 349
456	1.37	63	43	56	2603	0.58	71	68	10	1 906	557	1.60	55	46	16	2389	0.67	76	57	68	2 738
457	0.47	33	41	40	2242	0.58	44	73	67	2 345	558	0.81	54	86	30	2313	0.67	69	31	53	2 519
458	1.33	63	67	13	2445	0.58	51	46	17	2 046	559	0.50	53	54	57	2564	0.67	43	44	56	2 486
459</																					

592	0.91	39	35	43	2043	0.70	50	38	49	2 564	693	1.42	52	44	25	2413	0.78	45	33	42	2 436
593	0.91	43	76	36	2597	0.70	47	23	71	2 280	694	1.65	65	55	54	2181	0.78	45	45	32	2 269
594	1.50	68	30	47	2609	0.70	44	76	21	2 737	695	1.99	54	45	19	2028	0.78	50	32	27	2 459
595	1.97	58	72	45	2358	0.70	41	33	12	2 535	696	1.51	56	34	10	2353	0.78	47	28	39	2 549
596	0.51	50	79	37	2196	0.70	31	68	57	2 042	697	0.20	51	48	28	2534	0.78	39	41	39	2 231
597	0.20	42	27	14	2130	0.70	46	31	34	2 125	698	0.44	57	69	58	2640	0.78	39	25	64	2 629
598	1.76	67	85	19	2075	0.70	49	60	43	2 300	699	1.35	47	52	42	2160	0.78	59	46	32	2 183
599	0.91	66	25	52	2459	0.71	50	14	59	2 422	700	1.36	31	76	67	2220	0.78	70	21	6	2 289
600	1.22	46	38	66	2420	0.71	51	23	46	2 397	701	1.04	49	72	59	2669	0.78	47	51	39	2 303
601	0.57	65	37	18	2186	0.71	60	24	32	2 558	702	1.07	55	73	55	2433	0.78	64	68	65	2 704
602	1.86	30	75	25	2197	0.71	66	30	19	2 564	703	1.58	34	48	63	2217	0.78	49	73	44	2 414
603	0.36	71	49	73	2602	0.71	42	37	57	2 119	704	0.40	49	39	29	2114	0.79	36	50	66	2 566
604	1.30	44	87	15	2142	0.71	60	36	9	2 623	705	1.47	40	66	24	2536	0.79	54	32	37	2 319
605	1.64	50	57	22	2188	0.71	42	40	19	2 838	706	1.44	31	42	57	2497	0.79	47	27	49	2 375
606	0.78	49	34	17	2525	0.71	41	55	18	2 727	707	1.50	56	36	8	2538	0.79	50	49	24	2 632
607	0.15	68	57	49	2333	0.71	64	58	67	2 479	708	1.26	66	38	18	2313	0.79	46	69	26	2 551
608	2.15	31	38	28	2468	0.71	56	58	28	2 456	709	0.50	69	57	71	2303	0.79	61	60	19	2 406
609	0.46	59	44	53	2130	0.71	65	61	71	2 712	710	1.05	61	83	70	2274	0.79	54	67	31	2 546
610	0.80	36	27	53	2093	0.71	53	29	61	2 535	711	2.10	60	44	12	2553	0.79	45	44	17	2 693
611	1.03	56	71	20	2507	0.71	59	46	22	2 408	712	0.56	58	64	72	2363	0.79	35	28	8	2 790
612	1.45	48	66	12	2473	0.72	31	58	84	2 529	713	0.08	63	41	18	2347	0.79	60	40	64	2 107
613	1.60	47	48	67	2139	0.72	46	40	31	2 287	714	1.32	55	47	73	2121	0.79	68	33	8	2 579
614	1.75	30	72	44	2502	0.72	54	17	71	2 259	715	0.50	36	82	66	2674	0.79	57	19	19	2 445
615	1.99	42	57	22	2043	0.72	65	23	48	2 784	716	2.04	32	31	19	2099	0.79	43	60	78	2 302
616	1.63	69	45	43	2482	0.72	48	18	38	2 234	717	0.87	44	78	12	2562	0.79	35	36	48	2 686
617	0.99	65	50	8	2230	0.72	60	41	50	2 242	718	0.15	64	30	25	2362	0.80	37	44	66	2 392
618	0.46	61	72	38	2453	0.72	33	78	101	2 420	719	0.15	46	32	18	2533	0.80	38	20	37	2 485
619	0.94	40	37	61	2606	0.72	52	58	53	2 467	720	1.51	39	28	9	2248	0.80	79	44	35	2 092
620	1.67	64	33	26	2598	0.72	60	46	38	2 640	721	0.57	29	56	40	2475	0.80	34	52	16	2 710
621	2.12	59	38	65	2338	0.72	64	43	28	2 544	722	0.58	50	34	74	2616	0.80	59	84	51	2 320
622	1.48	46	85	63	2412	0.72	42	36	2	2 539	723	1.69	31	38	71	2405	0.80	71	45	55	2 181
623	0.39	54	36	29	2217	0.72	34	64	25	2 355	724	1.01	40	76	21	2052	0.80	62	31	52	2 523
624	0.38	59	23	21	2384	0.72	53	58	84	2 117	725	0.21	70	39	55	2293	0.80	58	63	55	2 540
625	0.89	51	75	17	2646	0.73	43	26	36	2 396	726	1.70	36	31	40	2393	0.80	43	56	29	2 854
626	0.94	68	60	34	2480	0.73	61	54	69	2 257	727	0.21	34	24	26	2593	0.81	36	18	13	2 657
627	0.76	52	32	31	2120	0.73	36	73	17	2 448	728	0.28	31	25	72	2151	0.81	69	90	50	2 688
628	0.96	46	39	41	2079	0.73	58	78	17	2 866	729	1.86	68	32	14	2056	0.81	51	35	26	2 973
629	0.66	37	35	44	2242	0.73	36	41	1	2 488	730	1.74	66	45	59	2456	0.81	67	19	59	3 114
630	1.37	64	58	67	2674	0.73	61	49	57	2 475	731	1.87	70	37	71	2085	0.81	44	75	86	2 608
631	0.33	67	76	25	2628	0.73	57	25	35	2 861	732	0.32	50	22	65	2533	0.81	33	50	48	2 532
632	0.35	55	22	27	2662	0.73	44	36	81	2 551	733	0.13	66	57	70	2489	0.81	42	79	41	2 642
633	0.84	33	79	38	2148	0.73	55	22	44	2 539	734	0.19	63	44	26	2608	0.81	50	69	49	2 338
634	0.30	57	47	73	2558	0.73	35	36	23	2 414	735	2.01	60	78	32	2559	0.81	38	56	27	2 509
635	1.86	31	36	70	2296	0.73	45	42	45	2 107	736	1.48	34	39	38	2376	0.81	55	46	75	2 373
636	2.06	54	78	32	2277	0.74	79	86	46	2 358	737	1.01	32	65	68	2359	0.81	51	57	6	2 111
637	1.13	56	42	49	2423	0.74	57	52	41	2 407	738	1.68	50	48	47	2414	0.81	64	42	42	2 732
638	1.68	35	53	48	2422	0.74	44	76	36	2 164	739	1.11	35	40	32	2343	0.81	57	35	18	2 163
639	1.65	40	24	33	2658	0.74	70	55	28	2 657	740	1.03	49	84	31	2085	0.81	43	27	25	2 735
640	1.90	42	39	43	2502	0.74	43	66	102	2 282	741	1.35	53	83	45	2106	0.81	52	27	38	2 416
641	1.23	39	83	34	2220	0.74	48	25	75	2 299	742	0.30	60	47	33	2143	0.81	39	43	30	2 543
642	1.63	35	42	70	2256	0.74	53	37	61	2 327	743	1.78	40	23	9	2033	0.81	72	83	55	2 486
643	0.97	56	45	11	2193	0.74	33	62	53	2 504	744	0.33	58	31	74	2399	0.81	53	18	38	2 637
644	1.27	54	68	20	2464	0.74	34	52	52	2 558	745	0.82	42	41	29	2450	0.82	42	27	38	2 305
645	0.98	56	66	40	2149	0.74	42	101	18	1 972	746	0.58	48	29	32	2647	0.82	43	32	43	2 788
646	2.06	33	50	19	2408	0.74	52	33	55	2 139	747	1.07	51	24	51	2322	0.82	61	28	65	2 200
647	0.08	62	35	30	2390	0.74	62	21	32	2 580	748	1.62	45	75	43	2668	0.82	39	35	34	2 373
648	1.10	41	43	38	2584	0.74	52	57	44	2 221	749	0.10	55	54	9	2273	0.82	56	64	14	2 358
649	0.26	43	84	17	2435	0.75	51	28	79	2 542	750	1.12	51	66	73	2274	0.82	66	33	44	2 428
650	0.08	55	38	62	2259	0.75	69	59	24	2 437	751	0.41	63	67	74	2151	0.82	35	47	16	2 090
651	0.79	65	24	43	2601	0.75	59	16	48	2 292	752	1.41	32	88	70	2505	0.82	64	61	21	2 329
652	2.17	60	58	48	2190	0.75	54	17	50	2 360	753	1.30	50	36	16	2163	0.82	68	33	59	2 460
653	0.19	40	74	17	2090	0.75	47	50	4	2 366	754	1.49	58	71	21	2277	0.82	64	49	49	2 731
654	0.41	33	29	31	2268	0.75	52	55	58	2 705	755	1.29	49	76	54	2323	0.82	49	66	79	2 241
655	1.84	47	26	48	2566	0.75	57	34	9	2 109	756	1.32	49	49	70	2521	0.82	48	38	50	2 576
656	0.90	55	59	71	2465	0.75	59	49	23	2 505	757	1.20	70	81	12	2197	0.82	28	17	40	2 366
657	1.68	46	45	39	2260	0.75	48	19	44	2 476	758	0.95	29	57	67	2115	0.82	50	34	61	2 323
658	2.19	57	80	24	2613	0.76	43	73	66	2 474	759	0.52	67	85	48	2205	0.82	41	62	65	2 485
659	0.94	63	39	63	2054	0.76	59	34	18	2 529	760	1.25	64	60	14	2210	0.82	52	70	36	2 193
660	1.32	56	74	25	2615	0.76	47	75	43	2 577	761	1.76	71	28	14	2156	0.82	58	68	64	2 450
661	2.07	58	28	20	2172	0.76	56	60	68	2											

794	2.16	63	85	64	2212	0.84	54	65	49	2492	895	1.16	67	52	13	2644	0.92	59	31	45	2308
795	0.15	35	30	30	2136	0.84	46	33	40	2452	896	1.35	69	37	45	2657	0.92	52	59	42	2592
796	0.26	60	67	60	2318	0.84	41	58	60	2490	897	0.73	52	54	42	2092	0.92	60	35	51	2799
797	0.49	42	31	59	2526	0.85	33	59	48	2428	898	1.27	43	68	36	2396	0.92	54	35	13	2517
798	1.81	46	55	30	2542	0.85	31	70	60	2163	899	1.65	56	46	23	2082	0.92	65	24	73	2403
799	0.31	31	23	19	2400	0.85	59	58	62	2379	900	1.57	57	35	73	2080	0.93	61	43	74	2451
800	0.81	68	80	32	2507	0.85	32	61	43	2304	901	2.11	67	40	21	2196	0.93	58	44	84	2434
801	0.66	62	62	62	2156	0.85	49	48	16	2524	902	0.17	61	43	62	2394	0.93	56	71	76	2566
802	0.40	42	35	22	2576	0.85	50	41	62	2426	903	0.16	45	54	40	2374	0.93	45	74	44	2502
803	1.15	52	56	71	2405	0.85	57	34	61	2507	904	0.76	64	51	14	2542	0.93	53	29	43	2560
804	0.35	63	35	21	2051	0.85	52	53	71	2324	905	2.05	45	69	6	2090	0.93	45	48	38	2627
805	0.12	63	26	12	2289	0.85	43	44	76	2457	906	0.78	56	78	35	2564	0.93	64	44	40	2771
806	1.11	34	85	45	2518	0.85	41	46	14	2845	907	1.51	44	82	59	2591	0.93	62	56	37	2577
807	1.95	50	65	6	2637	0.85	74	47	53	2839	908	1.05	60	23	60	2048	0.93	46	47	20	2777
808	0.73	43	25	62	2296	0.85	79	51	47	2521	909	0.12	40	72	17	2242	0.94	39	38	89	2361
809	1.48	48	72	73	2412	0.85	30	75	18	2553	910	1.49	68	52	71	2349	0.94	61	30	35	2517
810	0.11	41	72	24	2402	0.85	61	55	49	3219	911	1.54	62	24	29	2323	0.94	59	70	70	2591
811	1.06	48	34	66	2021	0.85	58	54	66	2006	912	2.06	57	77	64	2074	0.94	56	56	39	2637
812	2.19	30	55	28	2023	0.85	46	62	27	2702	913	1.21	53	77	20	2132	0.94	56	19	60	2825
813	0.91	60	79	52	2341	0.86	49	20	21	2473	914	1.97	41	27	69	2169	0.94	51	36	30	2122
814	1.13	64	88	52	2068	0.86	47	51	50	2660	915	1.80	33	61	26	2117	0.94	35	40	49	2071
815	2.00	32	52	52	2588	0.86	56	47	40	2637	916	1.36	69	55	70	2069	0.94	51	35	30	2504
816	0.25	34	23	66	2304	0.86	51	66	3	2107	917	1.32	63	82	31	2368	0.94	60	45	44	2501
817	1.95	57	44	26	2271	0.86	68	35	72	2481	918	2.08	53	50	38	2422	0.94	43	46	65	2459
818	0.19	61	59	46	2547	0.86	51	29	57	2349	919	0.62	49	55	53	2646	0.94	35	49	41	2236
819	1.88	36	34	31	2689	0.86	59	44	48	2584	920	0.69	38	24	19	2273	0.94	33	21	61	2336
820	0.92	33	62	44	2220	0.86	55	59	36	2395	921	0.55	29	85	44	2512	0.94	34	35	63	2427
821	2.05	33	68	70	2075	0.86	60	61	59	2377	922	0.82	29	28	52	2418	0.95	51	37	62	2461
822	0.10	47	70	10	2494	0.86	46	51	36	2307	923	1.62	33	66	30	2652	0.95	27	76	73	2454
823	0.72	35	73	62	2054	0.86	42	69	53	1913	924	2.03	55	44	59	2555	0.95	58	37	57	2519
824	0.60	52	27	68	2601	0.86	61	29	23	2583	925	1.72	48	63	72	2645	0.95	60	35	8	3073
825	1.84	42	28	19	2361	0.86	52	65	33	2448	926	1.05	70	25	48	2138	0.95	47	17	48	2767
826	1.05	55	66	23	2122	0.86	49	30	43	2080	927	0.96	55	28	35	2180	0.95	49	39	39	2392
827	0.94	52	59	40	2399	0.86	28	43	67	2263	928	1.34	69	30	28	2463	0.95	68	23	39	2468
828	1.80	37	36	6	2367	0.86	27	38	14	2755	929	1.11	64	54	27	2655	0.95	54	23	34	2462
829	1.82	30	35	14	2176	0.86	66	42	31	2398	930	1.79	37	36	37	2599	0.95	44	16	34	2963
830	2.16	63	73	47	2298	0.86	42	39	54	2430	931	1.51	56	38	29	2165	0.95	38	41	3	2663
831	1.81	29	41	66	2494	0.87	28	55	64	2454	932	0.81	44	26	17	2679	0.95	30	58	36	2782
832	0.77	42	84	15	2622	0.87	58	58	62	2372	933	2.01	47	27	36	2532	0.96	51	72	69	2749
833	1.31	35	83	22	2536	0.87	50	16	70	2569	934	2.03	56	47	26	2378	0.96	57	41	36	1857
834	0.74	57	61	71	2194	0.87	53	35	77	2480	935	1.06	59	27	68	2611	0.96	73	26	26	2663
835	2.05	45	34	74	2446	0.87	52	49	44	2500	936	1.86	31	23	15	2127	0.96	53	49	39	2523
836	0.71	34	55	60	2106	0.87	42	45	64	2535	937	1.72	53	79	44	2268	0.96	60	61	66	2608
837	1.00	38	29	71	2688	0.87	50	43	57	2764	938	0.74	64	48	14	2158	0.96	61	27	66	2380
838	0.91	45	85	44	2334	0.88	57	40	20	2430	939	0.25	38	22	14	2553	0.96	41	56	28	2566
839	1.78	33	77	12	2277	0.88	67	29	54	2468	940	0.84	54	74	8	2610	0.96	63	28	33	2529
840	0.28	59	48	42	2657	0.88	46	33	23	2325	941	0.39	56	30	67	2296	0.96	48	23	96	2248
841	1.65	38	64	63	2306	0.88	34	29	50	2401	942	0.83	33	62	11	2218	0.96	61	42	80	2679
842	1.68	42	65	73	2637	0.88	49	17	56	2193	943	0.17	55	61	50	2487	0.96	39	63	37	2217
843	0.19	69	68	42	2533	0.88	51	72	44	2228	944	0.75	34	70	19	2432	0.96	53	34	43	2553
844	0.97	68	59	65	2314	0.88	70	48	1	2378	945	1.09	62	54	20	2161	0.96	39	52	8	2539
845	0.07	54	82	21	2415	0.88	52	51	48	2499	946	0.83	64	42	63	2520	0.96	59	39	94	2559
846	1.51	41	27	64	2219	0.88	51	32	46	2180	947	2.04	51	86	46	2352	0.97	48	65	50	2959
847	0.89	68	57	18	2424	0.88	38	54	49	3003	948	0.67	57	31	18	2622	0.97	53	36	30	2643
848	0.18	43	86	62	2149	0.88	51	63	43	3028	949	1.57	64	64	9	2090	0.97	50	55	47	2275
849	1.16	56	60	48	2665	0.88	62	55	79	2321	950	0.62	67	36	59	2443	0.97	49	61	62	2400
850	2.14	47	80	28	2602	0.88	50	24	29	2401	951	1.18	43	45	42	2455	0.97	46	64	66	2232
851	0.11	41	29	22	2638	0.89	44	41	58	2553	952	0.56	57	52	17	2070	0.97	67	68	38	2489
852	0.53	70	77	34	2030	0.89	57	27	46	2597	953	2.01	49	83	51	2471	0.97	60	13	20	2305
853	0.82	52	29	44	2157	0.89	52	9	37	2202	954	0.47	58	23	20	2067	0.97	44	67	56	2798
854	1.08	70	86	37	2317	0.89	43	38	43	2633	955	0.32	40	52	33	2336	0.97	44	20	78	2529
855	1.52	67	80	7	2473	0.89	42	38	42	2618	956	0.60	55	22	12	2160	0.97	57	65	33	2432
856	0.37	65	36	40	2066	0.89	67	43	39	2622	957	0.59	31	77	41	2303	0.97	40	33	86	1970
857	1.41	57	26	68	2582	0.89	51	74	43	2554	958	0.43	68	61	67	2504	0.97	49	18	51	2350
858	1.75	59	29	15	2369	0.89	51	14	35	2321	959	0.83	63	58	70	2606	0.97	38	31	12	2269
859	0.09	30	70	21	2171	0.89	38	62	52	2932	960	1.59	59	33	37	2269	0.97	40	30	25	2111
860	1.22	30	60	72	2469	0.89	60	69	53	2684	961	0.30	50	49	43	2546	0.97	61	50	44	2751
861	0.97	47	58	61	2577	0.89	58	30	62	2435	962	1.94	31	70	39	2654	0.97	60	31	70	2378
862	1.03	65	84	16	2069	0.90	44	46	59	2354	963	0.32	58	76	41	2639	0.97	44	39	63	2282
863	0.74	66	81	39	2405	0.90	46	58	54	2198	964	1.09	39	25	36	2574	0.97				

996	0.11	32	65	21	2351	1.00	59	47	41	2.724	1097	0.53	33	55	39	2162	1.09	42	35	65	2.412
997	0.42	55	71	46	2154	1.00	57	69	60	2.474	1098	1.15	48	36	41	2551	1.09	52	46	37	2.858
998	1.88	55	64	71	2283	1.00	48	94	22	2.750	1099	0.91	38	38	24	2350	1.09	54	55	40	2.547
999	1.65	42	80	66	2176	1.00	54	44	22	2.173	1100	2.05	48	77	67	2160	1.09	59	44	51	2.643
1000	1.86	66	43	60	2342	1.00	62	48	9	2.252	1101	0.56	52	43	10	2493	1.09	46	64	58	2.483
1001	1.14	34	44	33	2417	1.00	45	29	63	2.796	1102	1.51	39	84	33	2391	1.09	49	32	14	2.096
1002	1.68	42	62	31	2343	1.00	42	30	31	2.535	1103	0.86	46	64	52	2339	1.09	36	4	30	2.643
1003	0.41	31	87	45	2287	1.00	55	53	82	2.406	1104	1.72	47	37	42	2259	1.10	46	60	46	2.685
1004	0.50	69	30	40	2551	1.01	63	42	49	2.872	1105	0.71	39	54	13	2039	1.10	58	30	29	2.154
1005	0.53	61	37	73	2197	1.01	48	57	55	2.483	1106	0.31	70	39	38	2506	1.10	28	20	26	2.292
1006	0.54	56	79	53	2054	1.01	41	75	37	2.948	1107	0.41	44	37	24	2140	1.10	62	35	66	2.743
1007	0.85	58	34	48	2525	1.01	50	19	48	2.369	1108	0.43	52	88	35	2528	1.10	40	45	51	2.450
1008	1.12	47	83	37	2605	1.01	53	76	6	2.226	1109	0.80	42	37	66	2172	1.10	43	46	12	2.513
1009	0.89	44	36	64	2221	1.01	49	28	43	2.192	1110	0.61	70	84	20	2034	1.10	64	6	61	2.436
1010	2.16	31	85	70	2071	1.01	49	33	63	2.460	1111	0.48	69	26	19	2150	1.10	52	22	7	2.347
1011	1.83	55	61	21	2107	1.01	49	28	15	2.058	1112	0.34	62	42	25	2110	1.10	58	46	42	2.763
1012	0.19	35	30	52	2615	1.02	30	66	67	2.699	1113	0.25	67	67	58	2547	1.10	62	49	36	2.155
1013	0.52	34	44	68	2428	1.02	47	46	57	2.306	1114	0.57	66	63	57	2303	1.10	41	74	15	2.675
1014	1.04	30	38	58	2509	1.02	44	75	47	2.419	1115	1.25	60	28	21	2270	1.10	76	41	44	2.397
1015	1.13	51	51	32	2283	1.02	51	76	54	2.409	1116	0.28	46	54	30	2242	1.10	70	73	51	2.210
1016	1.92	57	39	74	2219	1.02	57	72	43	2.852	1117	0.65	34	65	73	2472	1.10	39	14	46	2.478
1017	2.05	50	76	23	2064	1.02	64	68	49	2.306	1118	2.04	48	77	32	2562	1.11	73	68	20	2.606
1018	1.24	64	37	60	2587	1.02	63	71	59	2.515	1119	0.27	40	23	44	2255	1.11	38	23	73	2.749
1019	0.91	57	63	32	2275	1.02	49	45	54	2.323	1120	1.25	66	80	28	2509	1.11	48	28	79	2.590
1020	1.02	45	30	24	2112	1.02	48	27	47	2.433	1121	0.47	65	27	56	2662	1.11	46	45	41	2.587
1021	1.07	37	32	58	2504	1.02	39	56	79	2.442	1122	1.47	33	64	25	2119	1.11	32	34	78	2.566
1022	0.11	68	67	17	2187	1.02	47	50	50	2.589	1123	1.44	49	70	66	2164	1.11	42	104	55	2.165
1023	1.03	52	63	32	2639	1.02	46	56	56	2.473	1124	1.04	65	22	8	2506	1.11	50	25	36	2.679
1024	1.99	49	24	18	2357	1.02	55	67	26	2.112	1125	0.81	36	77	45	2253	1.11	45	53	63	2.596
1025	0.91	64	61	14	2172	1.03	50	58	57	2.778	1126	0.13	43	84	36	2370	1.11	60	45	45	2.339
1026	1.81	66	71	18	2386	1.03	70	40	35	2.456	1127	0.95	52	47	37	2384	1.11	53	46	50	2.273
1027	1.35	64	64	53	2113	1.03	56	48	11	2.830	1128	0.11	36	41	39	2137	1.11	57	20	50	2.935
1028	1.51	40	54	74	2269	1.03	45	41	58	2.741	1129	0.17	47	29	60	2625	1.11	52	47	47	2.677
1029	1.12	41	85	18	2175	1.03	44	50	58	3.100	1130	2.14	56	24	29	2056	1.12	55	32	62	2.345
1030	0.25	42	34	58	2499	1.03	42	86	63	2.771	1131	1.54	55	82	24	2140	1.12	53	49	19	2.318
1031	0.07	44	43	39	2676	1.03	46	37	22	2.363	1132	0.15	41	85	13	2207	1.12	51	44	41	2.540
1032	1.05	38	28	41	2662	1.03	38	25	16	2.503	1133	1.79	44	26	73	2082	1.12	39	20	59	2.097
1033	1.50	50	33	70	2120	1.03	56	47	48	2.394	1134	0.74	32	80	12	2088	1.12	43	8	38	2.402
1034	1.42	31	72	47	2332	1.03	51	64	58	2.788	1135	1.81	51	72	30	2093	1.12	67	83	63	2.554
1035	0.51	57	75	57	2133	1.04	45	46	54	2.264	1136	1.47	42	39	39	2501	1.12	47	48	30	2.249
1036	1.66	62	64	40	2102	1.04	44	19	38	2.484	1137	0.77	59	48	26	2050	1.12	53	25	57	2.179
1037	0.86	58	73	73	2147	1.04	44	42	53	2.583	1138	1.70	43	63	29	2510	1.12	47	23	63	2.695
1038	2.13	34	52	20	2491	1.04	35	70	42	2.660	1139	2.20	30	46	16	2169	1.12	44	49	60	2.078
1039	0.49	54	59	39	2403	1.04	59	36	80	2.701	1140	1.30	41	34	44	2353	1.13	49	52	39	2.507
1040	0.11	32	68	33	2247	1.04	32	40	6	2.881	1141	1.58	35	58	32	2662	1.13	44	51	57	2.276
1041	0.81	51	68	16	2127	1.04	40	66	99	2.818	1142	1.18	36	65	23	2474	1.13	44	55	28	2.527
1042	2.15	65	44	14	2486	1.04	50	48	24	2.716	1143	1.59	41	80	24	2242	1.13	60	20	41	2.476
1043	1.24	64	62	32	2257	1.04	68	14	2	2.556	1144	0.60	48	29	62	2220	1.13	52	72	47	2.170
1044	1.87	54	41	50	2442	1.04	41	62	14	2.359	1145	1.41	33	61	29	2162	1.13	50	13	17	2.216
1045	0.50	54	74	16	2029	1.04	35	33	56	2.345	1146	2.02	69	69	55	2457	1.13	60	20	25	2.861
1046	0.55	69	78	27	2452	1.04	50	37	40	2.528	1147	0.34	39	37	21	2030	1.13	47	63	7	2.427
1047	0.26	42	62	46	2556	1.04	63	24	39	2.371	1148	1.96	45	60	20	2681	1.13	41	25	69	2.527
1048	0.51	51	35	9	2216	1.05	62	40	50	2.357	1149	0.07	53	32	70	2101	1.13	52	68	38	2.613
1049	0.30	32	81	66	2278	1.05	66	51	25	2.613	1150	0.73	40	45	20	2093	1.13	21	32	57	2.540
1050	0.19	45	50	42	2100	1.05	43	59	53	2.642	1151	1.48	37	77	52	2654	1.13	55	27	77	2.694
1051	0.78	40	36	17	2159	1.05	55	15	3	2.699	1152	1.20	34	46	55	2493	1.13	55	25	15	2.276
1052	1.77	50	39	48	2587	1.05	42	63	4	2.557	1153	1.79	41	68	74	2236	1.14	24	36	78	2.361
1053	1.49	68	30	62	2236	1.05	61	52	24	1.973	1154	2.16	31	37	12	2233	1.14	59	31	25	2.637
1054	1.03	53	48	63	2492	1.05	33	64	49	2.682	1155	0.58	62	59	72	2430	1.14	37	33	62	2.264
1055	1.28	62	47	60	2128	1.06	61	50	49	2.430	1156	0.78	33	72	29	2393	1.14	46	60	32	2.212
1056	1.63	44	87	68	2207	1.06	46	64	20	2.611	1157	1.75	62	52	49	2648	1.14	53	17	41	2.412
1057	0.20	46	40	32	2484	1.06	46	51	36	2.674	1158	0.86	40	29	26	2317	1.14	47	80	52	2.265
1058	0.55	52	71	13	2542	1.06	39	79	18	2.815	1159	1.91	59	46	39	2095	1.14	59	27	52	2.381
1059	1.43	40	29	72	2637	1.06	58	38	76	2.994	1160	1.10	64	82	40	2109	1.14	47	59	57	2.607
1060	1.88	40	41	31	2104	1.06	63	33	13	2.521	1161	1.12	65	68	38	2465	1.14	40	40	78	2.746
1061	0.61	64	41	61	2484	1.06	70	25	52	2.150	1162	1.42	39	79	36	2389	1.14	61	69	54	2.630
1062	1.04	67	63	28	2541	1.06	52	24	57	2.753	1163	1.26	45	73	9	2181	1.14	50	53	43	2.636
1063	0.41	65	86	26	2094	1.06	46	49	62	2.752	1164	0.29	29	23	34	2431	1.14	62	36	70	2.773
1064	2.15	45	85	20	2443	1.															

1198	0.81	46	22	46	2477	1.17	82	57	70	2 137	1299	1.75	50	29	8	2218	1.25	37	64	85	2 460
1199	1.92	38	76	55	2639	1.17	41	7	34	2 003	1300	0.85	38	84	66	2432	1.25	51	42	48	2 716
1200	1.88	66	51	51	2569	1.17	72	37	68	2 545	1301	0.64	29	22	23	2408	1.25	61	32	16	2 885
1201	1.04	69	29	39	2272	1.17	46	43	83	2 664	1302	0.30	68	54	70	2452	1.25	31	51	24	2 481
1202	1.23	40	79	21	2389	1.17	59	43	39	2 814	1303	1.01	31	65	53	2502	1.25	69	37	44	2 622
1203	1.62	46	57	34	2367	1.17	47	26	25	2 616	1304	2.15	31	81	31	2653	1.25	29	40	36	2 771
1204	1.79	49	63	12	2545	1.17	50	19	45	2 396	1305	1.21	35	29	62	2511	1.25	42	55	44	2 684
1205	1.59	57	86	57	2059	1.17	39	35	51	2 475	1306	0.65	46	27	29	2208	1.25	35	24	42	2 566
1206	0.97	54	62	61	2271	1.17	51	44	51	2 480	1307	0.77	63	68	68	2512	1.26	54	27	61	2 689
1207	0.65	45	32	10	2667	1.17	48	59	17	2 457	1308	1.43	44	63	47	2628	1.26	42	34	83	2 551
1208	1.72	60	56	36	2443	1.17	55	67	44	2 235	1309	0.30	68	48	64	2371	1.26	20	50	43	2 605
1209	1.60	33	30	56	2088	1.18	53	72	44	2 199	1310	2.09	66	50	17	2591	1.26	25	86	41	2 955
1210	1.64	37	32	40	2169	1.18	49	33	30	2 835	1311	0.95	49	65	8	2672	1.26	41	72	72	2 470
1211	2.04	70	60	32	2121	1.18	42	55	43	2 543	1312	1.58	53	69	40	2422	1.26	41	66	65	2 687
1212	0.69	55	31	66	2470	1.18	43	53	52	2 474	1313	1.87	65	63	6	2114	1.26	47	48	23	2 283
1213	1.14	63	77	51	2131	1.18	38	53	28	2 075	1314	0.80	39	75	29	2134	1.26	66	88	33	2 525
1214	1.17	69	50	59	2397	1.18	65	57	77	2 738	1315	0.28	44	48	19	2565	1.26	56	40	2	2 720
1215	2.04	34	49	66	2661	1.18	39	27	12	2 435	1316	2.04	44	59	56	2169	1.27	51	35	26	2 690
1216	1.24	37	27	22	2035	1.18	49	37	78	2 106	1317	1.32	38	22	25	2074	1.27	41	48	47	2 697
1217	1.76	45	71	50	2207	1.18	41	61	57	2 663	1318	0.15	66	71	22	2248	1.27	39	53	48	2 550
1218	0.24	59	26	49	2368	1.18	63	60	46	2 206	1319	0.96	51	68	61	2371	1.27	33	37	29	2 789
1219	1.91	61	67	45	2284	1.19	51	25	19	2 917	1320	0.97	58	82	65	2326	1.27	35	50	83	2 475
1220	0.92	67	72	17	2672	1.19	56	39	43	2 639	1321	1.81	37	55	43	2625	1.27	42	26	53	2 334
1221	0.49	53	62	40	2047	1.19	45	57	45	2 264	1322	0.06	48	55	40	2404	1.27	43	25	32	2 116
1222	2.17	47	56	74	2519	1.19	61	35	40	2 372	1323	0.94	41	46	11	2585	1.27	35	86	41	2 584
1223	2.07	70	71	8	2576	1.19	54	46	65	2 791	1324	1.08	69	29	38	2094	1.27	61	73	34	2 415
1224	2.12	46	80	14	2483	1.19	58	51	46	2 427	1325	1.88	49	59	20	2360	1.28	42	7	22	2 401
1225	1.09	58	46	66	2548	1.19	49	77	30	2 248	1326	1.21	40	32	62	2248	1.28	47	53	62	2 666
1226	1.04	52	34	45	2568	1.19	38	40	58	1 911	1327	0.54	35	37	48	2665	1.28	60	32	56	2 416
1227	0.42	31	84	51	2380	1.19	60	57	55	2 217	1328	0.40	45	57	18	2161	1.28	63	22	60	2 660
1228	2.18	48	35	59	2356	1.19	56	72	57	2 601	1329	1.02	44	84	34	2140	1.28	54	18	21	2 513
1229	1.85	45	40	15	2623	1.19	57	37	28	2 421	1330	0.97	31	60	72	2060	1.28	43	56	40	2 981
1230	0.15	67	54	54	2327	1.19	33	79	62	2 408	1331	0.82	57	54	23	2640	1.28	30	63	56	2 773
1231	1.77	37	37	67	2112	1.19	63	52	73	2 290	1332	2.05	40	41	73	2289	1.28	64	19	51	2 444
1232	0.68	52	52	23	2333	1.19	55	63	46	2 385	1333	1.48	50	26	24	2223	1.28	50	57	34	2 161
1233	1.45	63	87	33	2147	1.20	42	62	2	2 723	1334	0.95	30	48	61	2025	1.28	31	36	59	2 475
1234	1.01	66	23	44	2517	1.20	60	63	9	1 903	1335	0.17	35	27	25	2196	1.28	39	34	37	2 691
1235	0.55	59	55	69	2168	1.20	57	61	67	2 808	1336	0.22	56	71	9	2115	1.29	56	59	34	2 584
1236	0.60	70	49	60	2161	1.20	51	74	62	2 906	1337	2.05	39	26	36	2263	1.29	67	33	25	2 495
1237	1.71	68	64	14	2248	1.20	62	55	63	2 378	1338	0.77	69	66	14	2243	1.29	51	45	46	2 713
1238	0.10	62	51	64	2610	1.20	54	84	58	2 693	1339	2.12	58	52	42	2391	1.29	66	34	26	2 282
1239	1.89	67	81	41	2637	1.20	59	42	64	2 708	1340	1.12	39	42	31	2546	1.29	21	48	55	2 336
1240	2.20	33	82	55	2413	1.20	47	36	49	2 347	1341	1.22	66	35	65	2430	1.29	50	19	24	1 971
1241	0.77	51	87	21	2241	1.20	40	80	26	2 260	1342	1.51	65	26	45	2164	1.30	53	45	30	2 479
1242	0.61	44	86	65	2428	1.20	49	83	70	2 336	1343	1.67	43	64	49	2384	1.30	58	38	61	2 739
1243	1.75	36	62	15	2134	1.20	44	36	85	2 458	1344	1.35	67	38	19	2043	1.30	31	44	58	2 675
1244	1.20	53	43	17	2671	1.20	46	33	33	2 760	1345	1.64	62	79	13	2156	1.30	47	45	68	1 967
1245	0.60	57	32	67	2487	1.20	48	62	38	2 718	1346	0.30	46	61	54	2294	1.30	38	73	30	2 727
1246	2.07	44	55	59	2380	1.20	40	56	43	2 333	1347	1.88	32	63	23	2434	1.30	54	42	30	2 497
1247	0.57	65	30	39	2571	1.20	55	31	57	2 462	1348	1.30	39	49	52	2359	1.30	42	67	38	2 651
1248	1.08	32	65	15	2646	1.20	40	22	49	2 503	1349	1.38	39	72	46	2299	1.31	42	50	42	2 472
1249	1.15	58	58	49	2093	1.21	33	63	50	2 601	1350	0.23	47	83	21	2560	1.31	40	45	63	2 408
1250	1.62	71	63	27	2288	1.21	45	70	99	2 511	1351	2.18	63	36	52	2071	1.31	46	66	56	2 314
1251	0.71	40	34	56	2688	1.21	43	66	55	2 369	1352	1.01	33	35	29	2208	1.31	45	26	43	2 549
1252	1.16	33	59	10	2091	1.21	48	38	53	2 241	1353	0.51	44	59	10	2055	1.31	51	33	70	2 349
1253	1.47	36	40	39	2063	1.21	51	44	15	2 324	1354	1.82	38	26	62	2158	1.31	50	72	29	2 736
1254	1.69	61	63	18	2287	1.21	33	33	51	2 673	1355	1.69	53	52	46	2122	1.31	76	17	58	2 033
1255	2.11	48	45	6	2463	1.21	49	42	41	2 543	1356	0.30	62	25	25	2664	1.31	29	25	53	2 482
1256	0.71	66	24	70	2570	1.21	57	56	54	2 523	1357	0.56	31	35	54	2464	1.31	49	49	52	2 378
1257	0.45	69	69	65	2189	1.21	51	56	56	2 571	1358	2.03	29	35	54	2025	1.32	40	35	35	2 263
1258	0.48	66	51	48	2212	1.21	62	30	67	2 818	1359	2.06	66	38	22	2584	1.32	46	58	49	2 510
1259	1.51	51	34	17	2520	1.21	74	65	63	2 403	1360	1.25	66	64	61	2128	1.32	62	35	41	2 740
1260	1.18	38	78	40	2371	1.21	50	12	72	2 198	1361	0.86	41	69	70	2145	1.32	50	24	45	2 515
1261	0.51	62	50	66	2394	1.21	43	30	16	2 374	1362	1.74	36	23	32	2442	1.32	51	81	33	2 318
1262	1.33	38	28	31	2245	1.21	61	31	50	2 498	1363	0.77	56	71	33	2155	1.32	46	41	17	2 495
1263	0.33	33	57	12	2562	1.22	53	30	31	2 593	1364	1.57	69	38	56	2639	1.32	35	34	44	3 089
1264	1.74	70	41	62	2363	1.22	45	46	42	2 501	1365	1.79	35	81	61	2636	1.33	46	67	57	2 762
1265	1.65	61	55	30	2357	1.22	49	52	28	2 753	1366	0.80	49	24	50	2621	1.33	58	64	12	2 708
1266	1.66	30	48	7	2412																



Značky: ČÚZK

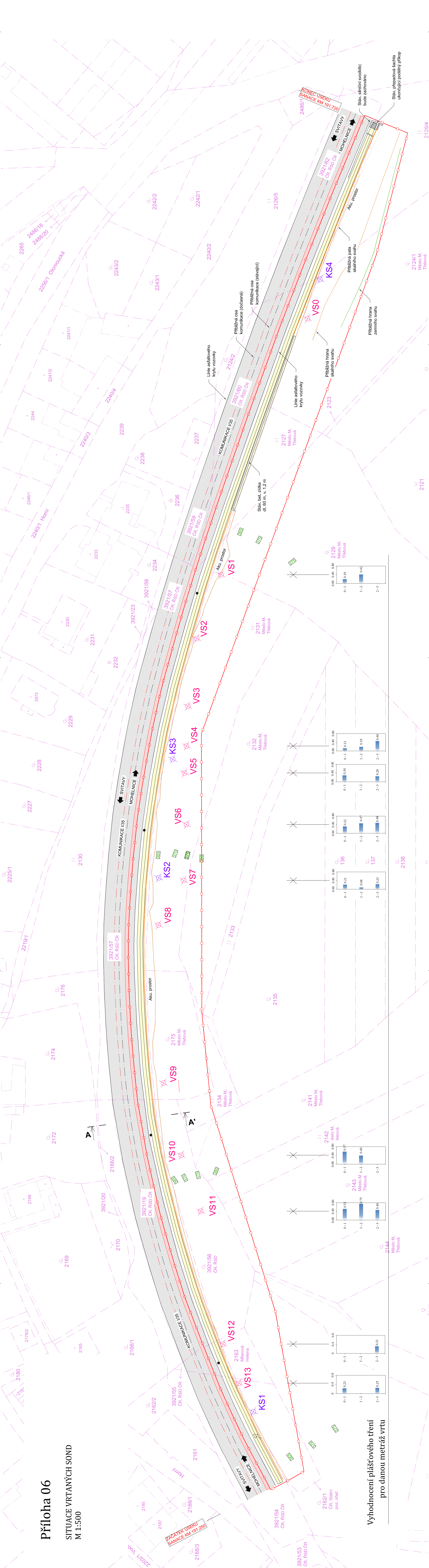
VYPRACOVAL: Ing. Ondřej Holý

OBEDNATEL:	Č. ZAKÁZKY:	VIII/2018
NAZEV:	DATA:	1.1.2020
	FORMÁT:	B1/A4
	STUPEŇ:	POUJET PÁRE
	ARCHIVNÍ Č.:	
OBJEKT:	C. VYKRESU:	SOUPRAVA
ČÁST:		

**I/35 MORAVSKÁ TRÉBOVÁ,
PODROBNÝ GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM**

PŘEHLEDNÁ SITUACE

Příloha 06
SITUACE VRTANÝCH SOND
M 1:500



Vyhodnocení plášťového tření pro danou metráž vrtu

Metráž (m)	0-1	1-2	2-3
136	0.21	0.08	0.23
137	0.32	0.07	0.18
138	0.30	0.19	0.26
139	0.32	0.07	0.18
140	0.21	0.08	0.23
141	0.30	0.19	0.26
142	0.32	0.07	0.18
143	0.21	0.08	0.23
144	0.32	0.07	0.18