

**Univerzita Karlova**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geotechnologie



**Tomáš Černý**

Některé železniční tunely staré éry na území ČR

Some railway tunnels of old era in territory of Czech Republic

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Josef Rott, Ph.D.

Praha 2018

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré použité podklady, ze kterých jsem čerpal informace, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a citovány v textu podle normy ČSN ISO 690.

V Praze dne 3. 1. 2018

.....

Jméno a příjmení studenta

## **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Josefu Rottovi, Ph.D., za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce pojednává o některých tunelech z celkového počtu 120 železničních tunelů realizovaných v období 1848–1910 na území České republiky. Cílem těchto obdivuhodných staveb byla řešerše z hlediska zdiva, geologie a pevnosti horniny. Úvodní statě jsou věnovány klasickým metodám ražení tunelů, které se využívaly v dřívější době. V důsledku dnešní vyšší provozní rychlosti vlaků, s níž se nepočítalo při prvotním plánování ostění a omezení možnosti použití pouze kamene a dřeva. V práci jsou zahrnuty nejčastější metody rekonstrukce pro optimalizaci tunelů, možnost rychlejší přepravy a zajištění jejich stability. Ukázalo se, že pro účely případné rekonstrukce je nutné počítat se značnou pevností zdiva, které ani po 100–170 letech mnohdy nevykazuje známky hloubkové degradace.

## **Abstract**

The Bachelor thesis deals with some tunnels from the total number of 120 railway tunnels build in the period 1848-1910 in the territory of the Czech Republic. The aim of these admirable buildings was the research for masonry, geology and rock strength. The introductory articles are devoted to the classical tunneling methods used in earlier times. As a result of today's higher operating speeds of trains, which was not taken into account when initially planning the lining and limitation to the use of stone and wood only. The work includes the most frequent reconstruction methods for tunnel optimization, the possibility of faster transport and their stability. It has been shown that, for the purpose of possible reconstruction, it is necessary to count on the considerable strength of the masonry which, even after 100-170 years, often does not show signs of deep degradation.

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Tunel.....	9
2.1	Základní definice a popis tunelu.....	9
2.2	Typy zemin.....	9
2.3	Klasické metody ražby tunelů .....	10
2.3.1	Stavba ostění po plném výrubu .....	10
2.3.2	Stavba ostění po etapách výrubu.....	11
2.4	Sanace.....	13
2.4.1	Přípravné a průzkumné práce .....	14
2.4.2	Sanace výrazně poškozeného ostění .....	15
2.4.3	Sanace průsaků vod.....	16
2.4.4	Sanace výluhů .....	16
2.4.5	Sanace povrchové degradace materiálu .....	16
3	Metodika.....	17
3.1	Měření pevnosti v tlaku .....	18
4	Terénní práce.....	19
4.1	Karlovarský kraj .....	19
4.1.1	Bečovský tunel .....	19
4.1.2	Dolnohamerský tunel I.....	21
4.1.3	Nejdecký tunel.....	23
4.1.4	Vysokopecký tunel.....	25
4.1.5	Novohamerský tunel .....	27
4.2	Středočeský kraj .....	29
4.2.1	Budský tunel.....	29
4.2.2	Pod Královskou pěšinkou.....	31
4.2.3	Tunel Pod Basou .....	33

4.2.4	Chlumský tunel .....	35
4.2.5	Rynholecký tunel.....	38
4.2.6	Klínecký tunel .....	40
4.2.7	Ledečský tunel.....	43
4.2.8	Rátajský tunel II .....	45
4.2.9	Rátajský tunel I.....	47
4.2.10	Kácovský tunel.....	49
4.2.11	Vlastějovický tunel.....	51
4.2.12	Podhradský tunel .....	53
4.2.13	Hornoledečský tunel.....	55
4.3	Liberecký kraj.....	57
4.3.1	Sedlejevický tunel .....	57
4.3.2	Prosečský tunel.....	60
4.3.3	Dolnolučanský tunel.....	62
4.3.4	Hornotanvaldský tunel .....	64
4.3.5	Žďárský tunel .....	66
4.3.6	Desenský tunel .....	68
5	Závěr.....	70
6	Literatura .....	72



# 1 Úvod

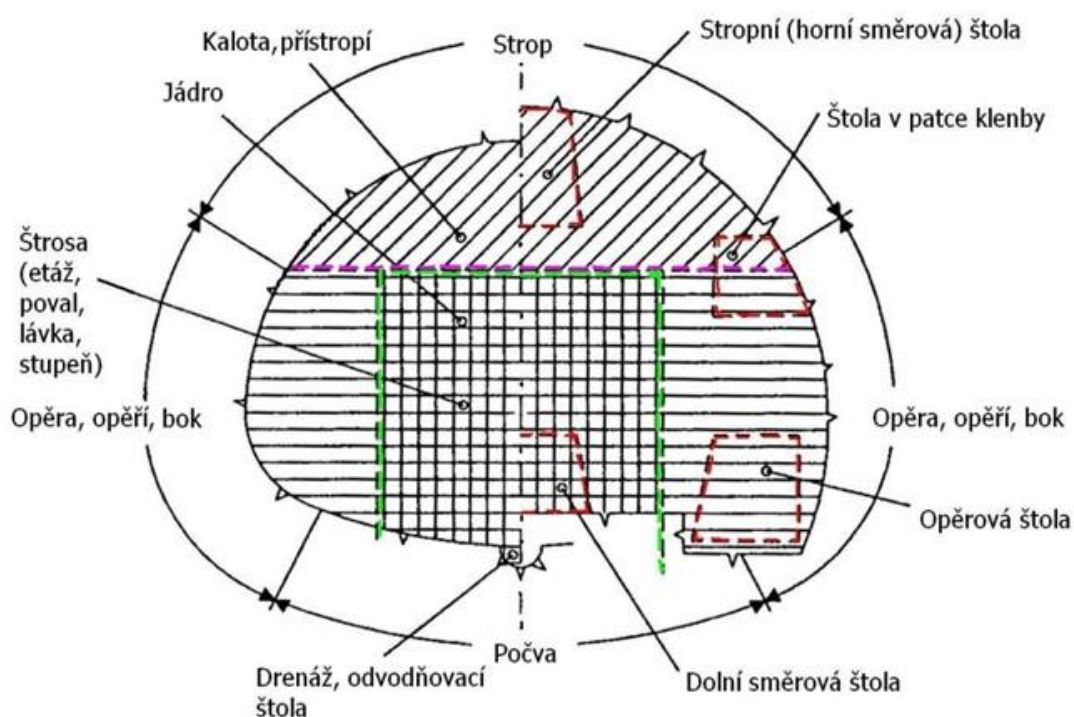
Česká republika patří v Evropě mezi země s největší hustotou železniční sítě na 1000 km<sup>2</sup>. Železniční tunely v Česku byly raženy už od roku 1845, mezi první patří Slavič, Třebovický, Tatenický a Choceňský (zrušen jejich provoz a případně zasypány nebo nahrazeny zářezem; Stečinský, 2016). Postup tehdejší ražby byl mnohem složitější a zdoluhavější ve srovnání s dnešními metodami a používanými materiály, přesto v období 1848–1900 bylo zprovozněno na 109 železničních tunelů (Mařík, 2013). Některé zachovalé tunely jsou používané dodnes (úctyhodných skoro 170 let), a přestože pochází z roku 1848, neprošly zásadnější rekonstrukcí. Tehdejší vlaky dosahovaly výjimečně rychlosti 100 km/h a také menší hmotnosti oproti dnešním lokomotivám dosahujícím rychlosti 120–160 km/h a majícím vyšší hmotnost, což způsobuje větší zátěž na stěny a ostění tunelu. Na tunely z dřívější doby nebyly kladeny tak vysoké nároky. Zkoumání, modelování a pochopení chování tunelu je důležité pro zjištění, zda je realizovatelná modernizace a zajištění stability stávajícího tunelu a jeho okolí pro zvýšení rychlosti na trase (jak finančně, tak pro dané prostředí dostupnými metodami), nebo zda najít jinou možnost jako zasypání tunelu a vedení železniční tratě pomocí mostů okolo vyvýšené oblasti či zkrácení trasy nově raženým tunelem, např. Tatenický tunel (<http://www.zelpage.cz/>).

Cílem práce bylo udělat přehled některých tunelů v Libereckém, Karlovarském a Středočeském kraji a zprovozněných v období 1848–1910, které jsou tvořeny zdivem. Základem je získat přibližné hodnoty pevnosti v tlaku, pořízení fotodokumentace jednotlivých portálů a části zdiva, zhodnocení stavu tunelu, geologická rešerše okolí tunelu a zjištění dalších podstatných informací. Výsledky a získané informace by měly sloužit jako základ pro případné analýzy a numerické modelování tunelů.

# 2 Tunel

## 2.1 Základní definice a popis tunelu

Tunel je stavba nacházející se z větší části v podzemí, která je obklopena horninou / zeminou, jež vyvíjí tlak na ostění tunelu (kamenné / cihlové zdivo či betonové /železobetonové ostění), které má zajistit stabilitu tunelu. Na každém konci tunelu najdeme portál zpevňující okolí.



Obrázek 1: Popis příčného řezu tunelu (Horák, 2007)

## 2.2 Typy zemin

Typ zemin hraje důležitou roli pro výběr vhodné metody ražby tunelu. Zeminy můžeme rozdělit na dva hlavní odlišné typy, které se liší především pevností.

- 1) Horniny – prakticky jsou nestlačitelné, vynikají oproti zeminám svojí velkou únosností a na rozdíl od zemin mají pukliny, které mohou vznikat na ploše vrstevnatosti, puklin prvotní odlučnosti, tektonického či gravitačního původu. V důsledku těchto vlastností nemusí být vyžadována žádná výztuž tunelu.

- 2) Zeminy – jedná se o horninu, jejíž částice nejsou pevně spojeny mezi sebou a jejich úroveň stability je ovlivněna např. hladinou podzemní vody, tlakem vyvíjeným nadloží a procentuálním zastoupením jemně zrnité frakce pod 0,063 mm (jíly, hlíny); (Maidl et al., 2014). Výztuž u zemin je někdy vyžadována okamžitě po ražbě, ale někdy může vydržet, dokud dojde k uvolňování zemin.

## 2.3 Klasické metody ražby tunelů

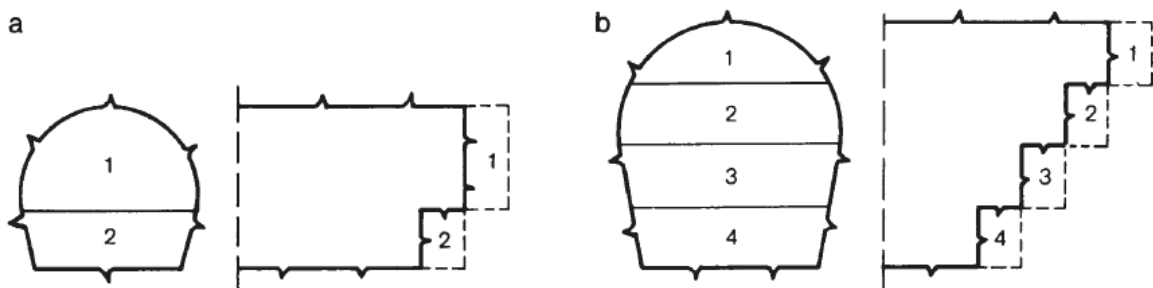
Jednalo se o poměrně nákladné a zdlouhavé ražby v důsledku velké spotřeby dřeva (kulatiny); (Horák, 2007), která si vyžádala dost času na instalaci výztuže. Dočasná (primární) výztuž (dřevěná, ocelová; dnes máme beton, železobeton, svorníky) slouží pro okamžité dosažení stability vyrubané oblasti, než bude permanentní (sekundární) výztuž vybudována a dosáhne požadované pevnosti. Ta buď zůstává součástí permanentní výztuže (a je nazývána „ztracená výztuž“), nebo je odstraněna a případně znovu využita.

### 2.3.1 Stavba ostění po plném výrubu

Metody se dají použít v případě, že hornina je pevnější a v celém průřezu je stabilní do vyztužení kulatinami. Jejich výhody jsou v jednoduchosti, přehlednosti a rychlosti postupu ražby a instalaci výztuží, kdy na místě výrubu je více místa. Nevýhodou je riziko případného zatopení při rychlé zhoršující se situaci hornin. V případě mechanizace je špatná přizpůsobivost (Maidl et al., 2013).

#### 2.3.1.1 Lavicový výrub

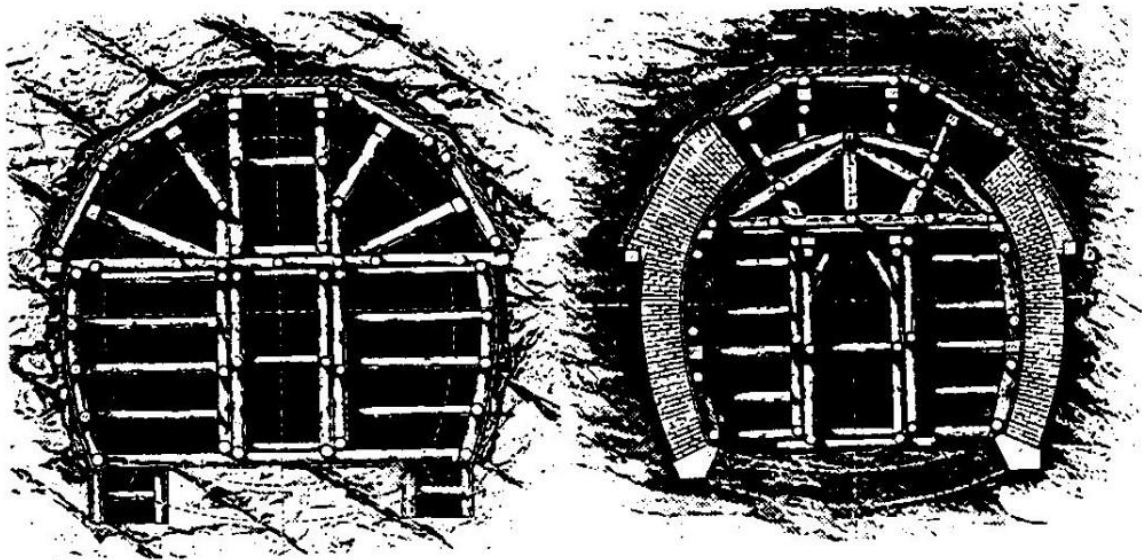
Jedná se o jednoduchý celkový výrub rozložený na vodorovné segmenty (lavice) začínající u stropu tunelu, postupně se schodovitým systémem rube tunel (viz obrázek 2).



Obrázek 2: Lavicový výrub, a) menšího tunelu, b) většího tunelu (Maidl, 2013)

### 2.3.1.2 Stará rakouská (pilířová) tunelovací soustava (SRTM)

Tunelovací metoda je ražena porubem (v první řadě se provede výrub, teprve následně ostění) s příčnickovou dočasnou výztuží. Někdy se stará rakouská metoda dá řadit mezi stavby s ostěním po etapách výrubu, kdy technika nedokázala dosáhnout k čelbě tunelu (Maidl et al., 2013).



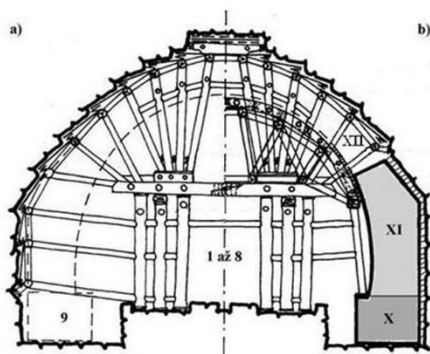
Obrázek 3: Stará rakouská tunelovací metoda (Horák, 2007)

### 2.3.2 Stavba ostění po etapách výrubu

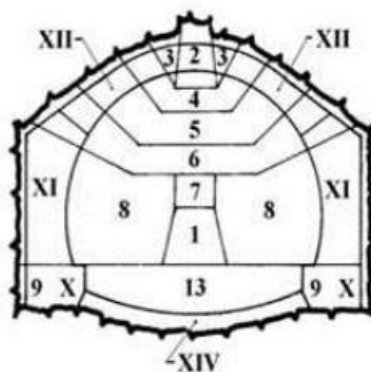
Během postupného výrubu se musí stavět výztuž, jelikož hornina / zemina nemá dostatečnou pevnost a soudržnost, aby unesla změny napětí, které vyvolal výrub tunelu.

#### 2.3.2.1 Moderní rakouská (pilířová) tunelovací soustava

Od staré rakouské metody se liší ve změně dočasné výztuže, kdy příčnicková výztuž je nahrazena podélníkovou (Horák, 2007). Na obrázku 4 je vidět, že systém plného výrubu a následného ostění zůstal. Výhody modernější rakouské tunelovací metody jsou v tom, že je možné navýšit počet výkopových míst. Postup ve výkopových místech 2–6 je možné udělat obráceně – ostění od kaloty po dno (ale příliš se to neaplikovalo). Oproti staré rakouské tunelovací metodě je méně místa a větší potřeba dřeva pro výztuž (Maidl et al., 2013).



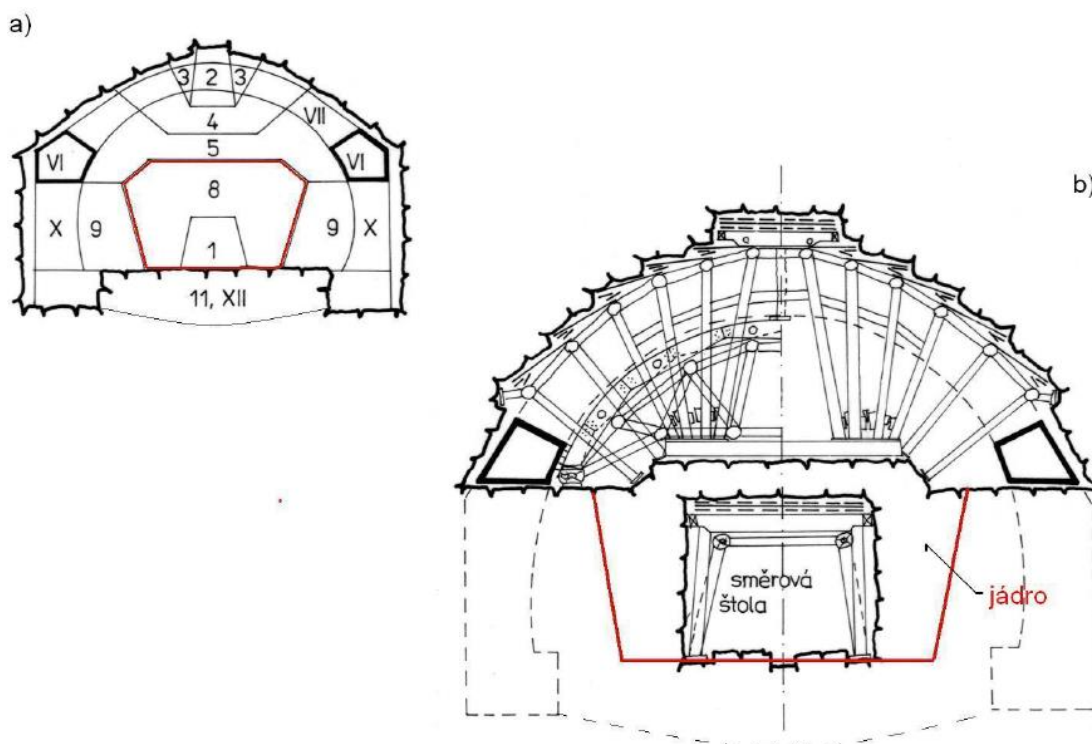
Obrázek 4: Moderní rakouská tunelovací soustava (Barták, 2010)



Obrázek 5: Moderní rakouská tunelovací soustava – postup ražby (Barták, 2016)

### 2.3.2.2 Belgická (podchycovací) tunelovací soustava

Belgická metoda byla použita u známých a dlouhých tunelů St. Gotthard a Mont Cenis. Pokud se jedná o malý nebo větší, ale zároveň je krátký tunel, začíná se ražením kaloty, která se následně vyztuží a dokončí se spodní část tunelu. U delších tunelů se dělá ve spodu směrová štola a následně se rube kalota (viz obrázek 6; Barták, 2016; Maidl et al., 2013). Výhodou této metody je, že kalota je brzy vyztužena a nehrozí uvolnění materiálu ze stropu, metodu lze přizpůsobit dle geologických podmínek. Nevýhodou však je větší tlak na



Obrázek 6: Belgická tunelovací metoda a) schéma, b) „výdřeva plného výlomu“ (Barták, 2016)

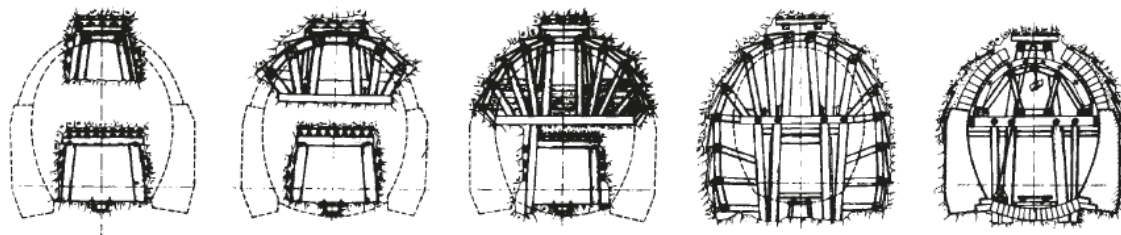
opěrné pružiny, který může vést k sednutí výztuže dříve, než dojde k podchycení zbytku výrubu.

### 2.3.2.3 Německá (jádrová) tunelovací metoda

Německá tunelovací metoda při rubání nechává veprostřed rubané oblasti pilíř z horniny, který pak využije jako stabilizační prvek pro vyztužení. Výhodou pilíře z horniny bývá to, že vyztužení je odolnější na tlak z okolí a neprojeví se změny jeho sednutí a i spotřeba dřeva je nižší. Nevýhodou je, že časté podepírání vede k většímu riziku sednutí výztuže, dno tunelu je odrubáno jako poslední a jedná se o pomalou metodu (Maidl et al., 2013; Barták, 2016).

### 2.3.2.4 Anglická tunelovací metoda

Anglická tunelovací metoda je stejná jako stará rakouská tunelovací metoda, kdy je vyrubán celý výrub najednou a následně vyztužen, ale s tím rozdílem, že u anglické metody



Obrázek 7: Postup anglické tunelovací metody (Barták, 2016)

šířka oblouků činí 3–6 m. Výhody jsou stejné, jako máme u rakouské tunelovací metody, ale u anglické jsou potřeba delší kulatiny, jelikož má podélnou stavbu (Maidl et al., 2013).

## 2.4 Sanace

Sanace tunelu jsou podstatnou součástí železniční dopravy, kdy se může zajistit bezpečnost dopravy bez komplikací a snížit riziko nehody. Úspory velkých výdajů se dá dosáhnout právě pravidelnými investicemi menších částek na kontroly (sanace), jimiž se dá předejít jak případným větším škodám na železniční technice, tak následným opravám tunelů. VR Track, hlavní provozovatel železniční dopravy z Finska, vyhotovil zprávu z průběhu kontroly jednoho z tunelů – mají všechny tunely vrtané v hornině, ale potýkají se s průsaky vod a nižšími teplotami (následným zamrznáním), což má vliv na ostění (Cronvall, 2014). Richards (1998) v jednom článku uvádí, že „v Evropě je mnoho tunelů, které jsou

*přes 100 let staré a u některých ostění tunelů potřebuje důležité opravy či vyměnit“.* Mezi obvyklé poruchy tunelů, které vedou k sanaci (Horák, 2016), patří:

- Statické narušení obezdívky (aktivní / pasivní trhliny v ostění);
- Průsaky vod, které následně v zimě zamrzají, vytváří se rampouchy;
- Výluhy z prosakujících vod;
- Kaverny, které mohou být za ostěním a mohou vést k větším tlakům na ostění tunelu;
- Degradace materiálu ostění (vlivem okolí).

#### **2.4.1 Přípravné a průzkumné práce**

Pro efektivní sanaci tunelu je zapotřebí zvolit správnou metodu sanování, která je vybrána na základně získaných informací a dat získaných při provádění přípravných a následně průzkumných prací. Přípravné práce:

- Studování veškerých historických záznamů;
- Předběžná prohlídka tunelu a zaregistrování větších defektů na ostění.

Po provedení přípravných prací se zváží, které následné průzkumné práce by bylo vhodné provést (McCan and Forde, 2001).

- Analýza průjezdnosti – Za použití dřevěné či kovové konstrukce, tzv. obrysnice, nebo 3D skenování se zjišťuje skutečný světlý profil tunelu. Vyhodnocením takového průzkumu se získává vztah mezi skutečným a teoretickým profilem tunelu nebo tzv. mapa průjezdnosti (Horák, 2016; Zhou, 2017).
- Infračervená termografie – Analýzou rozložení teplotního pole na povrchu ostění je možné zjistit prosakování či větší vlhkost ostění a výskyt kavern (Haack et al., 1995; Kamoi et al., 2004).
- Georadar – Zařízení emitující elektro-magnetické vlny na různé frekvenci. Negativní vliv na elektromagnetické vlny mají kovové konstrukce, které tvoří podpěru či mohou být zabudované v ostění. Na nižší frekvenci mají vlny větší dosah, ale poskytnou horší rozlišení dat, a s vyšší frekvencí je dosah vln menší, ale kvalita dat je lepší (Williams, 2014). Využíváme při situaci, při níž nám stav tunelu a okolní podmínky nedovolují použít destruktivní metody, nebo pro rychlý

průzkum za ostěním (Li et al., 2010). Metoda elektromagnetických vln je rychlá, ale relativně finančně nákladná.

- Pasportizace – Detailnější průzkum ostění, kdy odborný pracovník na pojízdné konstrukci pořizuje fotodokumentaci, zaznamenává místo a dokumentuje jednotlivé defekty nalezené během pasportizace. Je možné využít také 3D skenování, kde přesnost skenování se pohybuje od 1–5 mm a kde jsou dobře viditelné různé druhy poškození ostění (Horák, 2016).
- Kopané sondy, plnoprofilové a jádrové vrty – Tyto destruktivní metody jsou využívány na průzkum ostění, případně hornin za ostěním, pokud odvodňovací systém není dostatečně efektivní (nebo jiné typy závad). Týkají se závad, které někdy vyžadují detailnější průzkum za pomoci kamer nebo endoskopu. Jádrové vrty se využívají pro zjištění technického stavu materiálu ostění (případně horniny za ostěním), který se následně testuje v laboratoři na pevnost materiálu, určení modulu pružnosti a provádějí se další analýzy uvedené v TKP (Technické kvalitativní podmínky) staveb pozemních komunikací (Závora, 2006).
- Odběr vod – Odběr je prováděn pro zjištění agresivity prosakujících vod, aby jejich chemismus nenarušoval ostění, a následně pro zjištění, zda je nutné provádět komplexnější sanace pro odvod vod (Horák, 2016).

#### **2.4.2 Sanace výrazně poškozeného ostění**

- Výměna obezdívky, která je finančně, technicky a časově náročná, ale během ní je možné zbudovat hydroizolační vrstvu, prevenci před průsaky vod a degradaci nového zdiva (viz Lipka, 2016)
- Vestavba nového ostění, kdy je možné vložit drenážní a hydroizolační vrstvu. Není nutno bourat původní ostění, co značně ušetří čas. Nevýhodou je zmenšení světlého profilu tunelu a možné omezení provozu (Horák, 2016).
- Plošné podchycení klenby pomocí výztužných sklolaminátových sítí a následné přichycení svorníky (Horák, 2016). Možná je výztuž pomocí obloukových železných / ocelových nosníků (viz Rynholecký tunel). Je možné použít i ocelové sítě, které jsou často přestříkávané vrstvou betonu pro zvýšení pevnosti a ochraně před korozi (Murphy, 2016; Schlumpf and Höfler, 2006; Nasri et al., 2008).



### 2.4.3 Sanace průsaků vod

- Svedení lokálního průsaku po ostění – pro svádění vod ze stropu tunelu se využívají tzv. alfa nebo omega svodnice. Svodnice se připevní přímo na obezdívku a tepelně izolují (Horák, 2016; Lindstrøm and Kveen, 2005).
- Pokud je jasný zdroj, je možné provést injektáž pomocí PUR pryskyřice a zatěsnit otvory. Další injektážní metody: hydroizolace, zatěsnění obezdívky (Horák, 2016; Lindstrøm and Kveen, 2005).
- Je-li přítok velký a není možné injektovat, je možné vytvořit za ostěním odvodňovací vrt (Horák, 2016).
- V tokijském metru řešili problém s průsaky vod betonových zdí, kde zkoušeli tzv. „*self-healing repair minerals*“, kdy byly viditelné výsledky i po 1 roce (Murakami, 2016).

### 2.4.4 Sanace výluhů

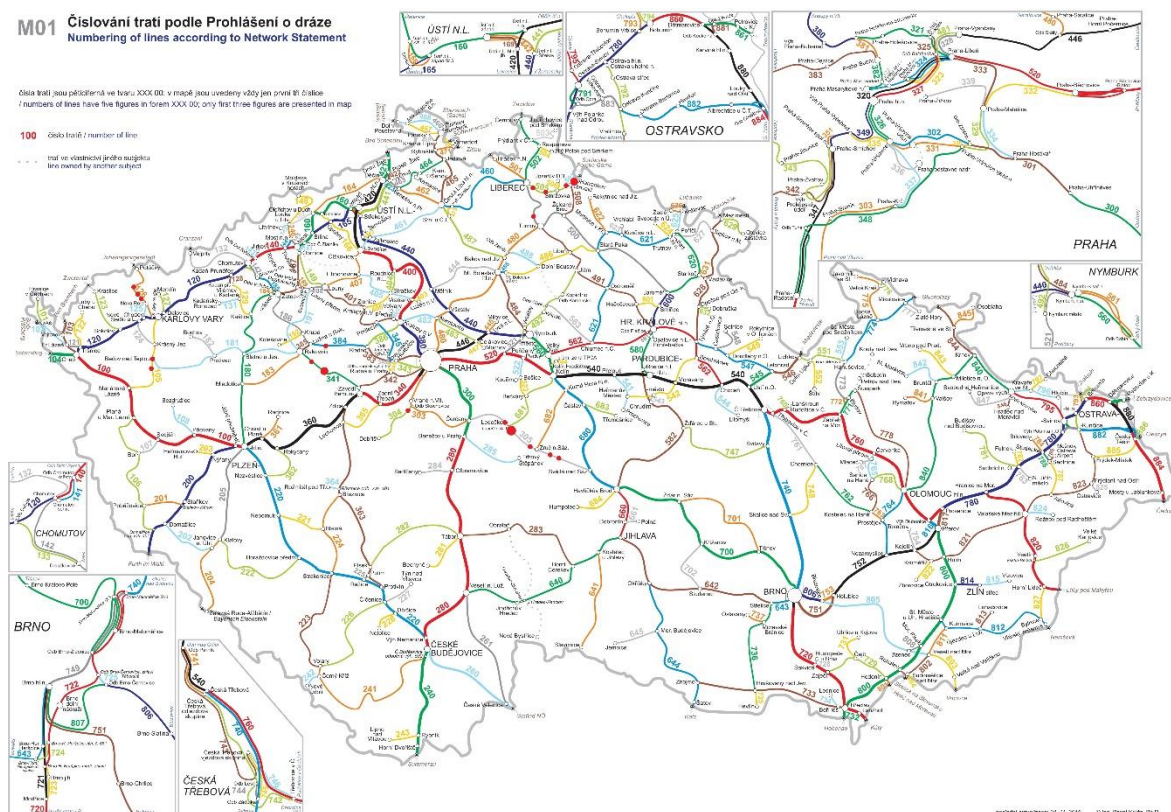
- Výluhy vod na zdivu nemusí být problematické, pokud nějak neohrožují bezpečnost dopravy (např. výluh vod ze stropu tunelu). Jedinou možností sanace je najít zdroj prosakujících vod (viz sanace průsaků vod).

### 2.4.5 Sanace povrchové degradace materiálu

- Povrchovou degradaci způsobují hlavně průsaky vody, které se musí sanovat, následně je nutné odstranit degradovaný materiál. Poté je možné sanovat nanesením nových vrstev malty, stříkaného betonu atd. (Horák, 2016).

# 3 Metodika

Před terénními pracemi jsem vyhledal tratě, na nichž se nacházejí tunely vybudované a zprovozněné v období 1845–1910. Byl použit Atlas tratí České republiky, jenž obsahuje detailně zpracované české tratě v měřítku 1 : 200 000. Pro orientační zakreslení tunelů byla použita mapa správy železničních dopravních cest (viz obrázek 6).



Obrázek 8: Mapa tratí ČR (<http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>)

Na dalších stránkách má každý tunel podrobnější mapu, která obsahuje geologické poměry sledované oblasti s vyznačeným tunelem a s viditelnými vrstevnicemi pro lepší představu reliéfu okolí tunelu, které byly pořízeny na portálu české geologické služby a kdy se dalo dosáhnout měřítko až 1 : 15 000. Terénní práce probíhaly od března 2017 do června 2017, kdy v atlase bylo možné najít 120 tunelů ležících hlavně v severních, severozápadních, západních a středních Čechách. Portál tunelů byl focen zrcadlovým fotoaparátém Canon EOS 100D s objektivem EF-S 18-55 mm IS STM vždy s ohniskem 18 mm, 24 mm a 35 mm, při pořizování fotek je vzdálenost od portálu tunelu 25 m a 50 m.

### 3.1 Měření pevnosti v tlaku

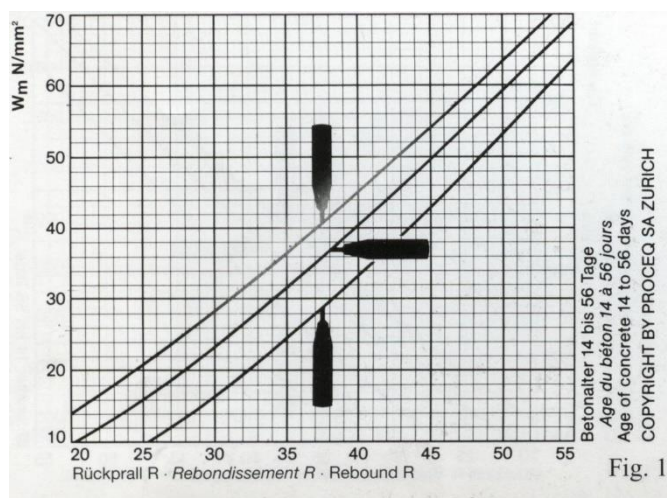
Pro měření pevnosti v tlaku bylo použito Schmidtovo kladívko (viz obrázek), které pomocí zatlačení úderníku stlačí pružinu a následně vymrští ocelový úderník a po jeho odrazu od horniny se napne pružina s mechanickým ukazatelem. V závislosti na velikosti odrazu úderníku od horniny dostaneme bezrozměrné číslo, které následně pomocí křivky (viz obrázek převodní tabulka) zjistí přibližnou hodnotu pevnosti v tlaku. Hodnoty jsou jen orientační, jelikož odchylky můžou být až 20 %. Důležitou roli hraje úhel náklonu kladívka při měření, kdy křivka je opravena v důsledku vlivu gravitace (viz obrázek převodní tabulka; <https://www.proceq.com>). V současné době je evropská norma ČSN EN 12504–2 pro zkoušení betonu v konstrukcích nedestruktivním způsobem a stanovení tvrdosti odrazovým



Obrázek 9: Schmidtovo kladívko  
(<https://www.proceq.com/compare/schmidt-hammers/>)

tvrdoměrem. V praxi se běžně provádí měření na hladkém povrchu (bez povrchové vrstvy) o ploše 10x10 cm, který je dále rozdělen na 16 menších čtverců a každý z nich je zkoušen měřením kladívka. V případě terénních prací u bakalářské práce byl úhel 0° (vodorovný) a pro každou lokalitu byl testován kámen

(cihla), cement ve spárách a hornina u portálů (pokud se vyskytovala), přičemž bylo zkoušeno třikrát pro stanovení průměrné hodnoty pevnosti v tlaku (Mikulec, 2012).



Obrázek 10: Převodní tabulka  
(<https://www.proceq.com/compare/schmidt-hammers/>)

# 4 Terénní práce

## 4.1 Karlovarský kraj

### 4.1.1 Bečovský tunel



Obrázek 11: Severovýchodní portál Bečovského tunelu  
(Černý T.)



Obrázek 12: Jižní portál Bečovského tunelu  
(Černý T.)

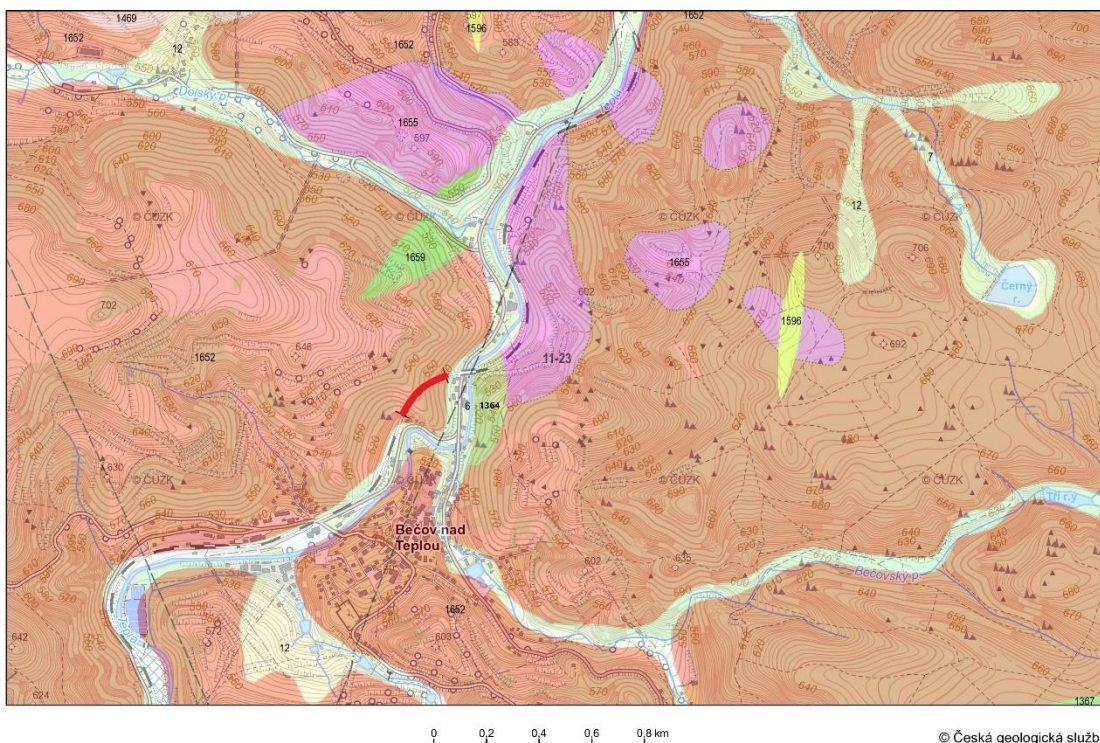


Obrázek 13: Detail severovýchodního portálu Bečovského tunelu (Černý T.)



Graf 1: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 14: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 15: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

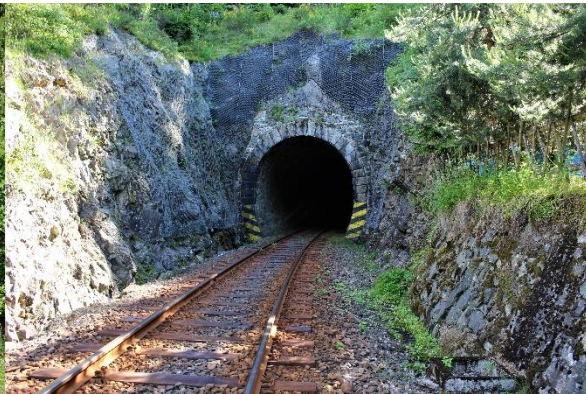
Bečovský tunel je situovaný v Karlovarském kraji na sever od města Bečov nad Teplou a byl zprovozněn v roce 1898 o délce 248,2 m. Z geologického hlediska se tunel nachází v regionu krušnohorského plutonu a prochází středně zrnitou granitovou až granitodioritovou horninou (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou. Dnem údolí protéká řeka Teplá a Bečovský potok, kde můžeme najít nezpevněné písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty (světle žlutě vyznačené oblasti č. 12) a převážně jemnozrné nivní sedimenty (světle modře vyznačená oblast č. 6). Na protější straně údolí od tunelu můžeme

najít serpentinit (zeleně vyznačená oblast č. 1364) a granodiorit až diorit (fialově vyznačená oblast č. 1655). Na mapě v okolí tunelu vidíme gabrodiorit a biotit (zeleně vyznačená oblast č. 1659) a místy na vrcholcích aplit až aplitkový granit (žlutě vyznačená oblast č. 1596). Tunel je zachovalý bez výraznějších znaků eroze, až na místy chybějící maltu ve spárách. Zdivo tunelu je z balvanů žul o velikosti 20–50 cm.

#### 4.1.2 Dolnohamerský tunel I



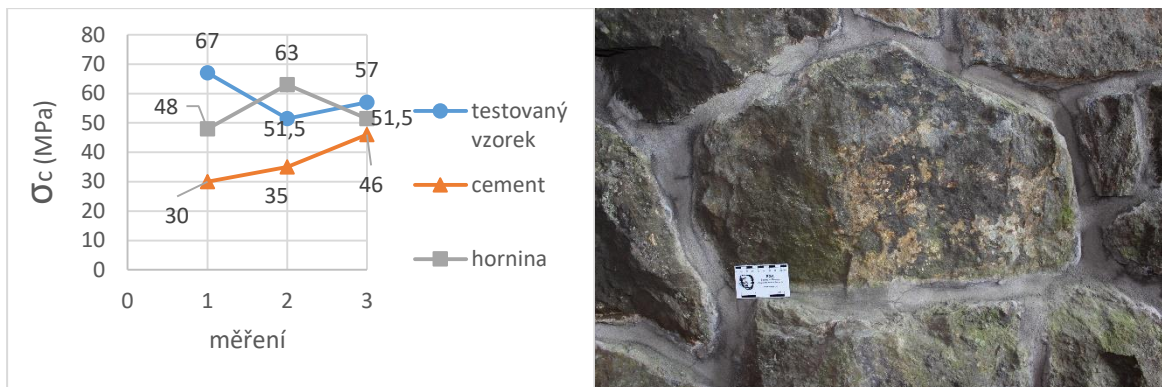
Obrázek 16: Jižní portál Dolnohamerského tunelu I (Černý T.)



Obrázek 17: Východní portál Dolnohamerského tunelu I (Černý T.)

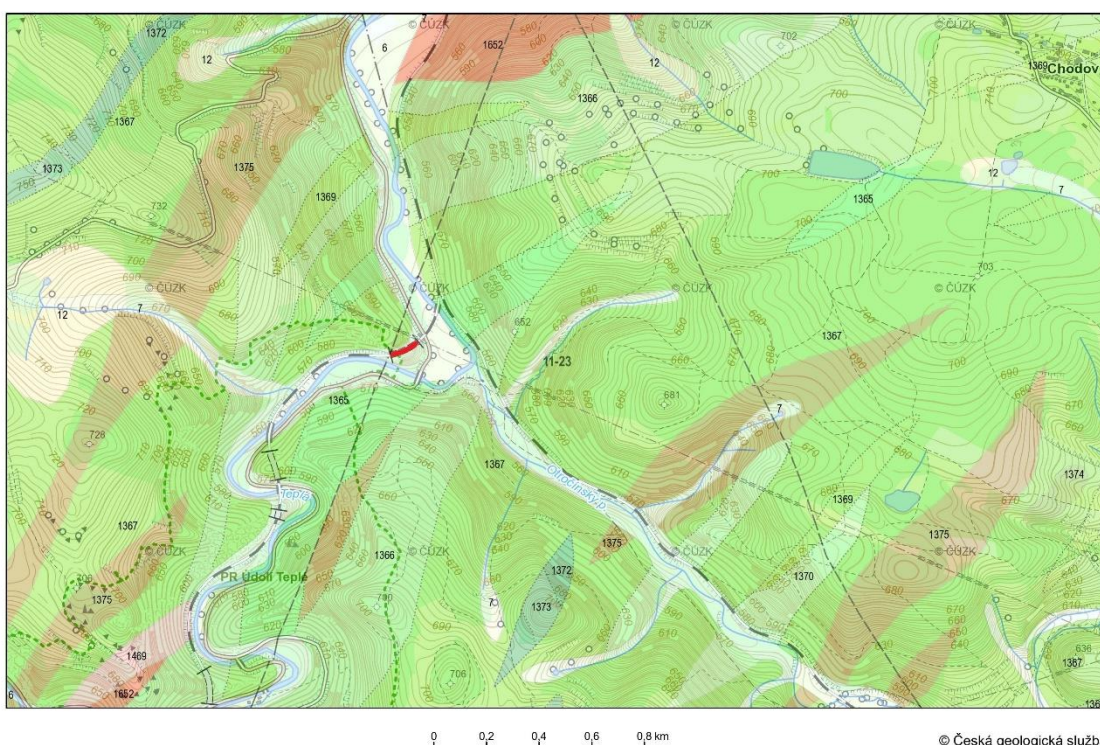


Obrázek 18: Detail východního portálu Dolnohamerského tunelu I (Černý T.)



Graf 2: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 19: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 20: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Dolnohamerský tunel je situovaný v Karlovarském kraji mezi městem Bečov nad Teplou a obcí Mnichov a byl zprovozněn v roce 1898 o délce 248,2 m. Tunel vede amfibolitovou horninou (zeleně vyznačená oblast č. 1367) s převážně granátovým minerálním složením. Dnem údolí protéká řeka Teplá, kde můžeme najít nivní sedimenty (světle modře vyznačená oblast č. 6). V okolí se vyskytují další druhy amfibolitů, jako jsou amfibolitová hornina se šmouhovitou až páskovanou texturou a převážně granátovým minerálním složením (zeleně vyznačená oblast č. 1366) nebo čistá amfibolitová hornina (zeleně vyznačená oblast č. 1365). Ojedinele se vyskytují tyto horniny: rula s minerálním složením amfibolu (hnědě vyznačená oblast č. 1375), středně zrnitá granitová až granito-

dioritová hornina (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou a eklogit (modře vyznačená oblast č. 1372). Tunel je zachovalý bez znaků eroze, na fotce (Zdivo tunelu 2) vidět, že malta ve spárách byla nedávno rekonstruována. Zhruba ½ tunelu je bez zdiva a je nechaná obnažená hornina. Zdivo tunelu je z balvanů o velikosti 20–65 cm.

#### 4.1.3 Nejdecký tunel



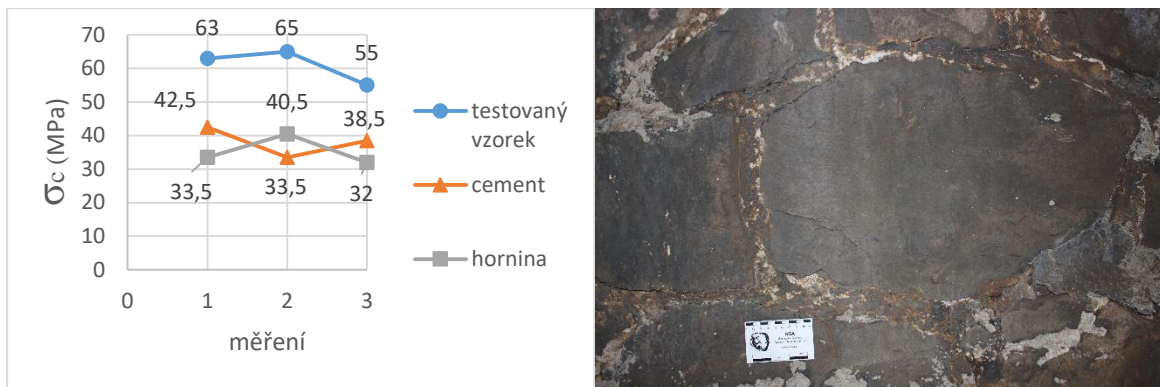
Obrázek 21: Jižní portál Nejdeckého tunelu (Černý T.)

Obrázek 22: Severní portál Nejdeckého tunelu (Černý T.)



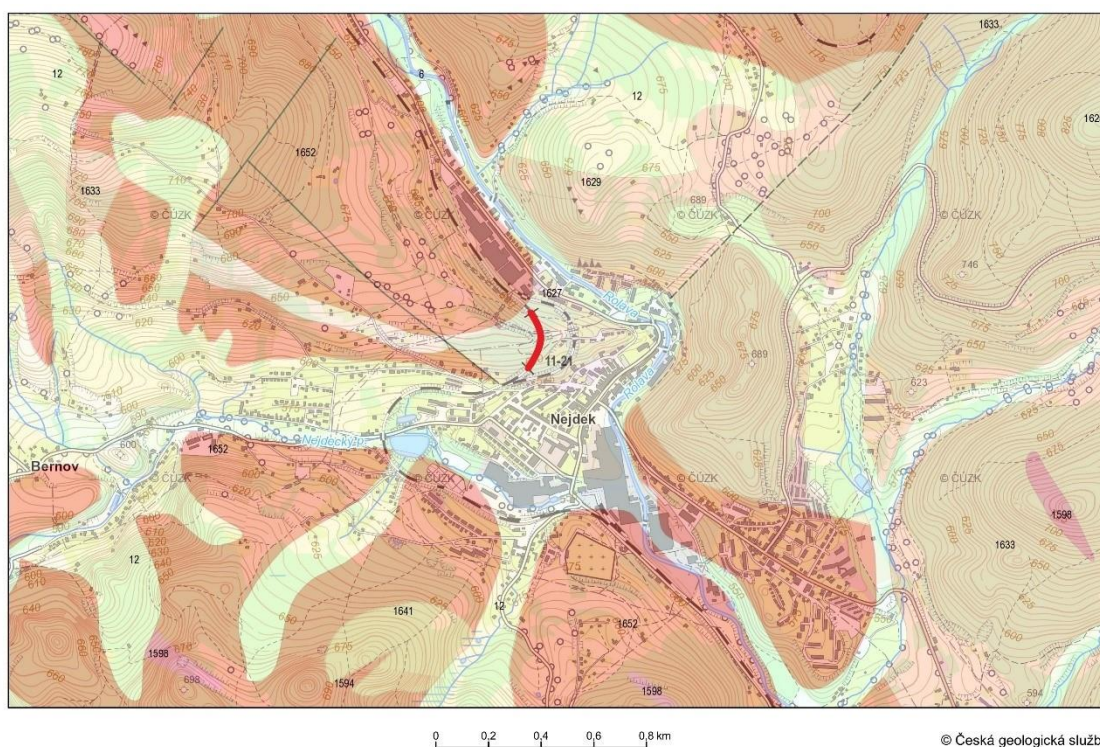
Obrázek 23: Detail jižního portálu Nejdeckého tunelu (Černý T.)





Graf 3: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 24: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 25: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Nejdecký tunel je situovaný v Karlovarském kraji na sever od města Nejdek a byl zprovozněn v roce 1899 o délce 230,2 m. Z geologického hlediska se tunel nachází v regionu krušnohorského plutonu a vede středně zrnitou granitovou horninou (světle růžově vyznačená oblast č. 1627). V okolí protéká řeka Rolava a Nejdecký potok, kde můžeme najít hojně rozšířené nezpevněné písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty (světle žluté vyznačené oblasti č. 12) a nivní sedimenty (světle modře vyznačená oblast č. 6), čteně zastoupená je středně zrnitá granitová až granito-dioritová hornina (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou. Tunel je zachovalý s místy více erodovanou maltou, ale jinak bez výraznějších znaků eroze. Zdivo tunelu je z balvanů o velikosti 20–65 cm.

#### 4.1.4 Vysokopecký tunel

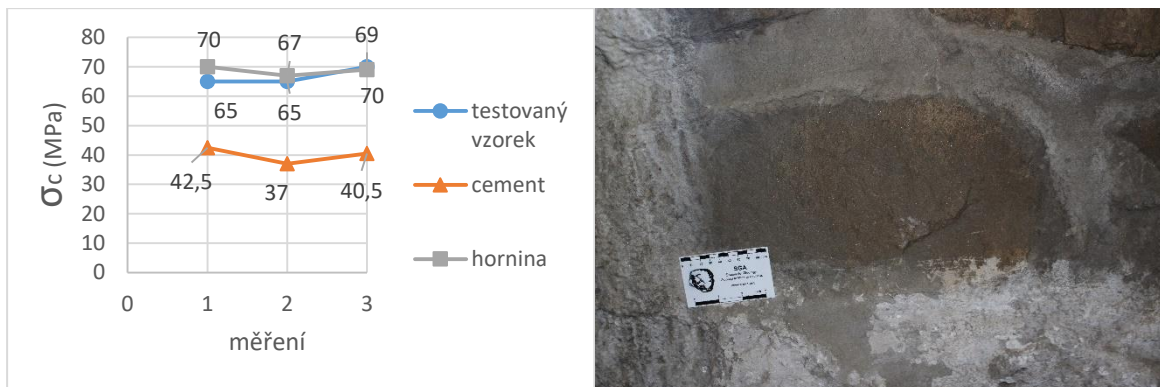


Obrázek 26: Severní portál Vysokopeckého tunelu  
(Černý T.)

Obrázek 27: Jižní portál Vysokopeckého tunelu  
(Černý T.)

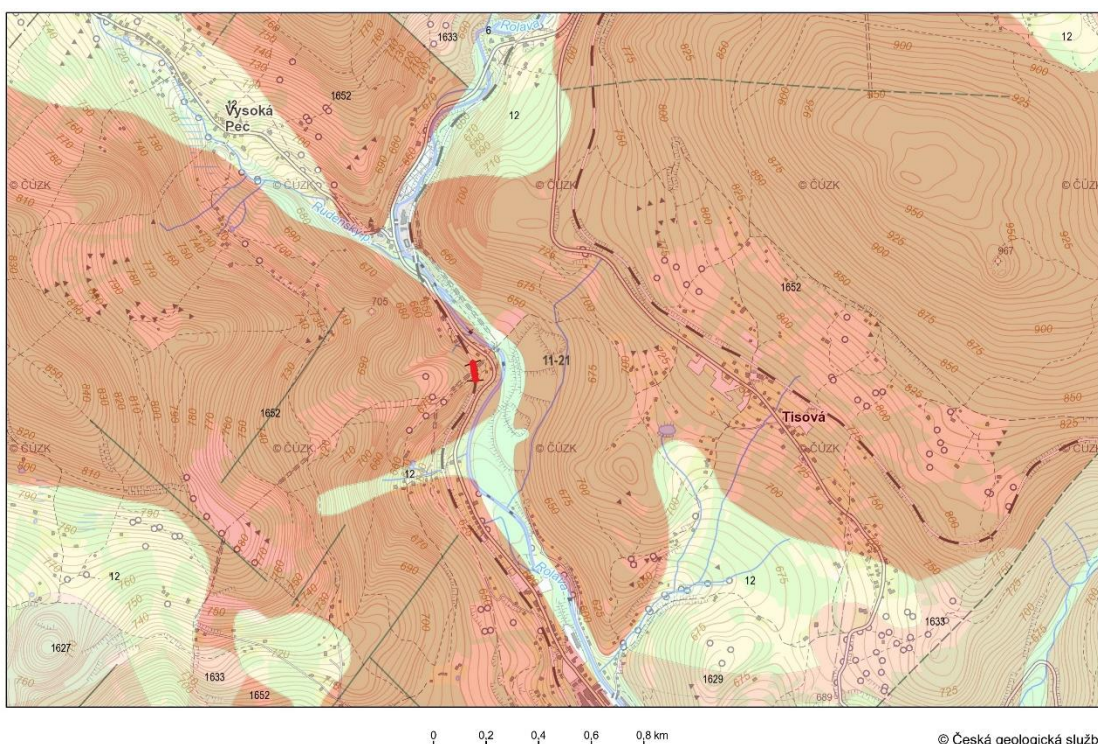


Obrázek 28: Detail jižního portálu Vysokopeckého tunelu (Černý T.)



Graf 4: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 29: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 30: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Vysokopecký tunel je situovaný v Karlovarském kraji u města Vysoká Pec a byl zprovozněn v roce 1899 o délce 68 m. Z geologického hlediska se tunel nachází v regionu krušnohorského plutonu a vede středně zrnitou granitovou až granito-dioritovou horninou (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou. V okolí protéká řeka Rolava a Rudenský potok, kde můžeme najít hojně rozšířené nezpevněné píscito-hlinité až hlinito-píscité sedimenty (světle žlutě vyznačená oblast č. 12) a nívné sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), ve zbytku mapy sledované oblasti je vidět středně zrnitá granitová hornina (světle růžově vyznačená oblast č. 1627).

Tunel je zachovalý bez výraznějších známek eroze. Zdivo tunelu je z balvanů o velikosti 15–60 cm.

#### 4.1.5 Novohamerský tunel

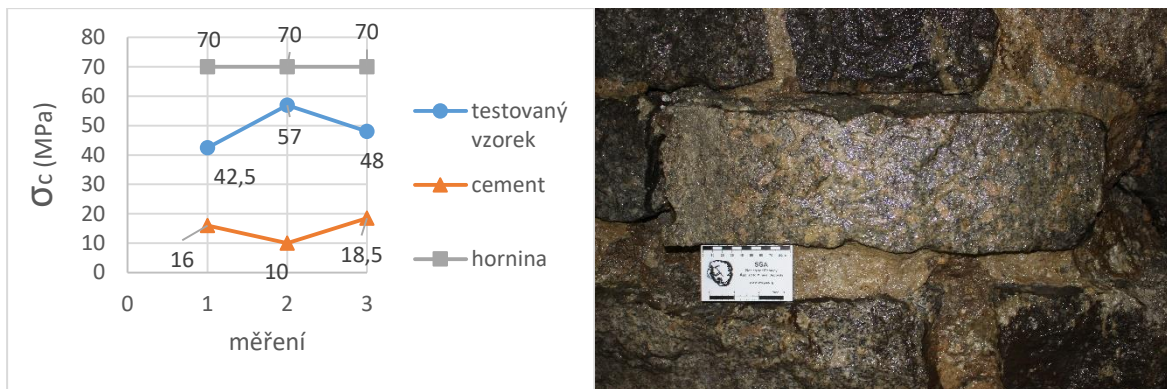


Obrázek 31: Severní portál Novohamerského tunelu  
(Černý T.)

Obrázek 32: Jižní portál Novohamerského tunelu  
(Černý T.)

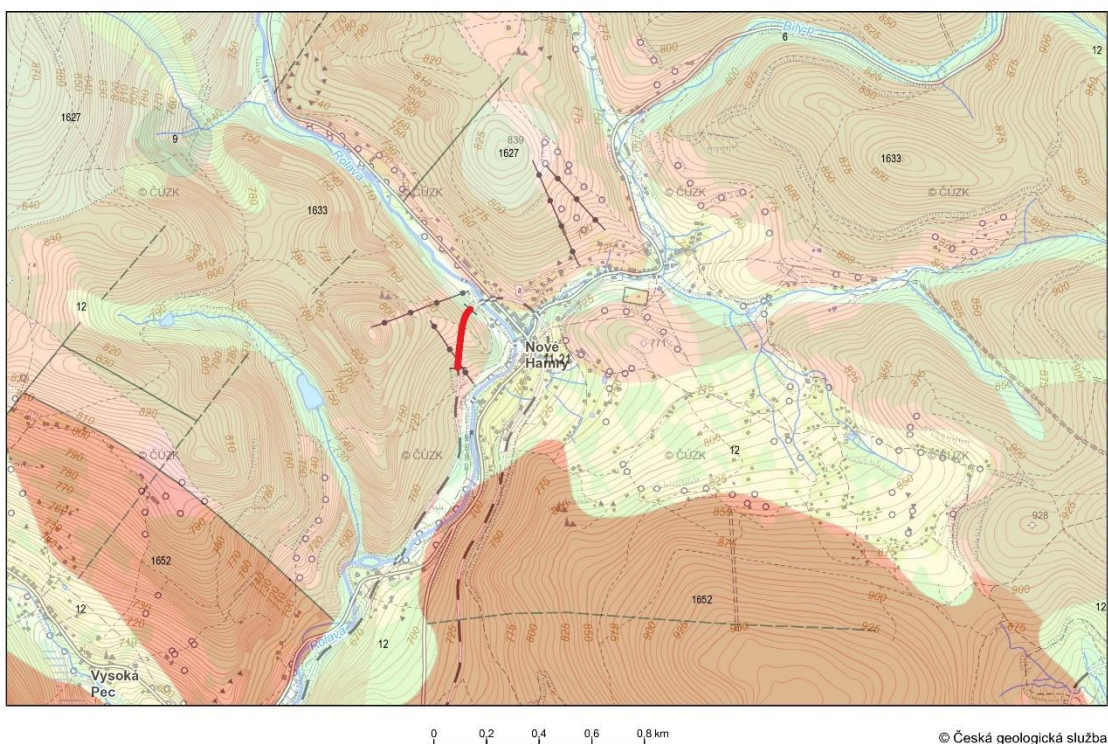


Obrázek 33: Detail jižního portálu Novohamerského tunelu (Černý T.)



Graf 5: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 34: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 35: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Novohamerský tunel je situovaný v Karlovarském kraji u města Nové Hamry a byl zprovozněn v roce 1899 o délce 252,34 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu krušnohorského plutonu a vede hrubozrnnou granitovou horninou (růžově vyznačená oblast č. 1633). V okolí protéká řeka Rolava a Bílý potok, zde můžeme najít hojně rozšířené nezpevněné písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty (světle žlutě vyznačená oblast č. 12) a nivní sedimenty (tvořeny hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), na jihu mapy můžeme pozorovat středně zrnitou granitovou až granito-dioritovou horninu (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou a na severu mapy

středně zrnitou granitovou horninu (světle růžově vyznačená oblast č. 1627). Tunel je lehce erodovaný (hlavně malta ve spárách). Zdivo je tvořeno kvádry o velikosti 15–45 cm.

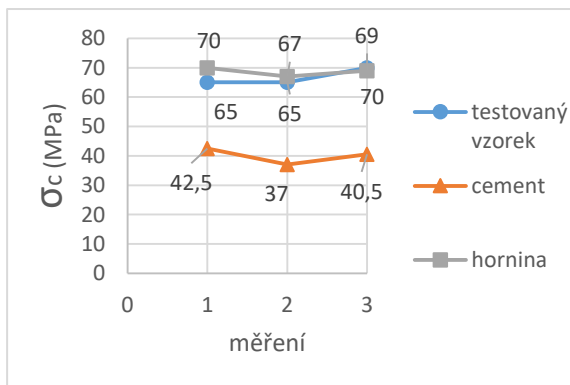
## 4.2 Středočeský kraj

### 4.2.1 Budský tunel



Obrázek 36: Severní portál Budského tunelu (Černý T.)

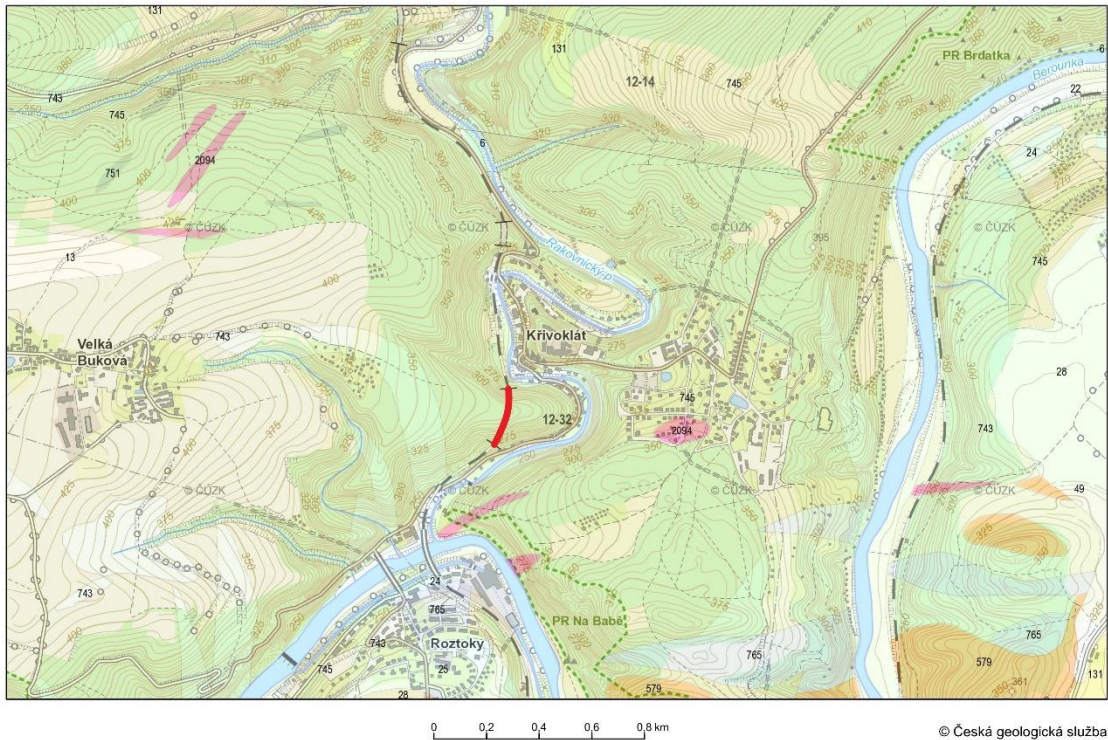
Obrázek 37: Detail severního portál Budského tunelu (Černý T.)



Graf 6: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 38: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 39: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Budský tunel je situovaný ve Středočeském kraji mezi městy Křivoklát a Roztoky a byl zprovozněn v roce 1875 o délce 234,8 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu Barrandien a jednotce proterozoickém Barrandienu (subjednotce kralupsko-zbraslavská skupina). Tunel je ražen ve zpevněných sedimentech, které jsou tvořeny drobou, prachovcem a břidlicí (světle zeleně vyznačená oblast č. 745), které se vyskytují na většině území sledované oblasti. Na jih od tunelu protéká řeka Berounka a podél východní strany tunelu vede Rakovnický potok, kde můžeme najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6). Četně zastoupený je zpevněný sediment složený z břidlice, droby a prachovce (světle zeleně vyznačená oblast č. 743), ojedinělý výskyt na jihu mapy představuje středně zrnitou granitovou až granito-dioritovou horninu (červeně vyznačená oblast č. 1652) s porfyrickou strukturou a na severu mapy středně zrnitou granitovou horninu (světle růžově vyznačená oblast č. 1627). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze. Zdivo je tvořeno pískovcovými kvádry o velikosti 20–70 cm, malta zdiva byla nejspíše opravovaná (viz foto Zdivo tunelu 6).

## 4.2.2 Pod Královskou pěšinkou



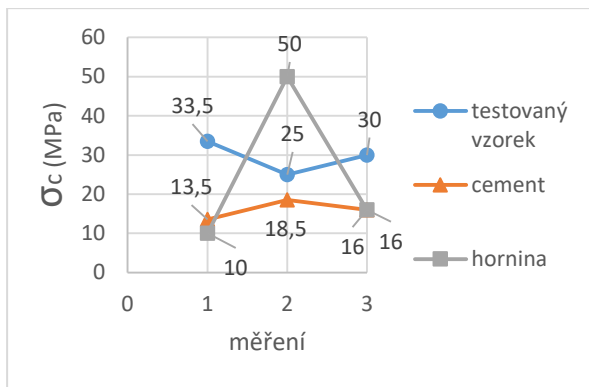
Obrázek 40: Jižní portál tunelu Pod Královskou pěšinkou (Černý T.)

Obrázek 41: Severní portál tunelu Pod Královskou pěšinkou (Černý T.)



Obrázek 42: Detail jižního portálu tunelu Pod Královskou pěšinkou (Černý T.)





Graf 7: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 43: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 44: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Tunel Pod Královskou pěšinkou je situovaný ve Středočeském kraji u města Krivoklát a byl zprovozněn v roce 1875 o délce 154,5 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu Barrandienu a jednotce proterozoickém Barrandienu (subjednotce kralupsko-zbraslavská skupina). Tunel vede zpevněným sedimentem, který je tvořen drobou, prachovcem a břidlicí (světle zeleně vyznačená oblast č.745), který se vyskytuje na většině území sledované oblasti. Na jih od tunelu protéká řeka Berounka a podél východní strany tunelu vede Rakovnický potok, kde můžeme najít nívné sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6). Četné je i zastoupení zpevněného sedimentu prachovec, břidlice a droba (světle zeleně vyznačená oblast č 743). Ojedinele lze

nalézt tyto horniny: křemenný porfyr (růžově vyznačená oblast č. 2094), silicit (šedomodře zbarvené oblasti č. 751), na severu se vyskytující písčité šterky a písky, místy s bloky křemenných pískovců a vložkami jílu (žlutě vyznačená oblast č. 131), na jihu je možno nalézt bazalt, bazaltandezit a tufy (bledě modře vyznačená oblast č. 765) a andezit (oranžově vyznačená oblast č. 579). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze. Zdivo je tvořeno pískovcovými kvádry o velikosti 20–55 cm.

#### 4.2.3 Tunel Pod Basou



Obrázek 45: Severní portál tunelu Pod Basou (Černý T.)

Obrázek 46: Jižní portál tunelu Pod Basou (Černý T.)

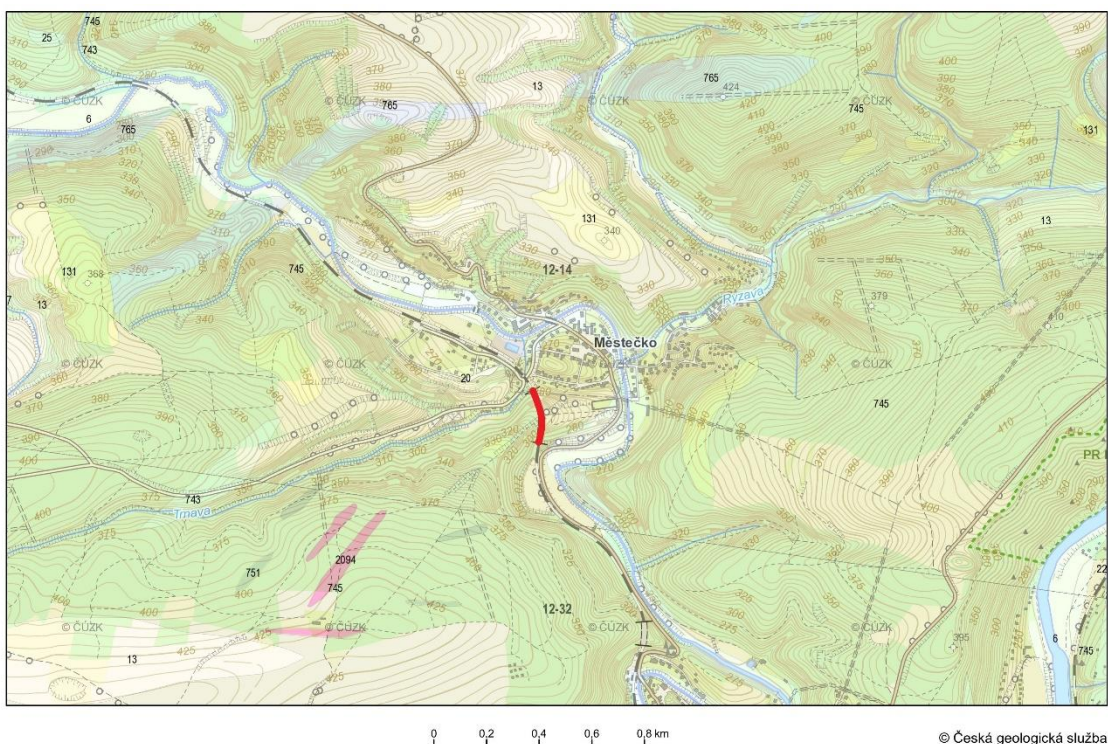


Obrázek 47: Detail severního portálu tunelu Pod Basou (Černý T.)



Graf 8: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 48: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 49: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Tunel Pod Basou je situovaný ve Středočeském kraji mezi městy Křivoklát a Městečko a byl zprovozněn v roce 1875 o délce 217,4 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu Barrandienu a jednotce proterozoickém Barrandienu (subjednotce kralupsko-zbraslavská skupina). Tunel prochází zpevněným sedimentem, který je tvořen drobou, prachovcem a břidlicí (světle zeleně vyznačená oblast č. 745 vyskytujícími se na většině území sledované oblasti. Podél východní strany tunelu vede Rakovnický potok a další menší toky, kde můžeme najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6) a smíšené sedimenty převážně jemnozrnné zrnitosti (bíle vyznačená oblast č. 7). Ojedinele můžeme nalézt tyto horniny: na jihu mapy

křemenný porfyr (růžově vyznačená oblast č. 2094), silicit (šedě zbarvený oblasti č. 751), na severu se vyskytující písčité štěrky a písky, ojediněle s bloky křemenných pískovců a vložkami jílu (žlutě vyznačená oblast č. 131), zpevněný sediment prachovce, břidlice a droby (světle zeleně vyznačená oblast č. 743) a na severu bazalt, bazalt-andezit a tufy (bledě modře vyznačená oblast č. 765). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, a to jen na povrchu kamenů. Zdivo je tvořeno pískovcovými kvádry o velikosti 20–40 cm. Výsledky z měření hornin nejsou, jelikož se v okolí nevyskytovala obnažená hornina, na kterou by šlo aplikovat kladivo.

#### 4.2.4 Chlumský tunel

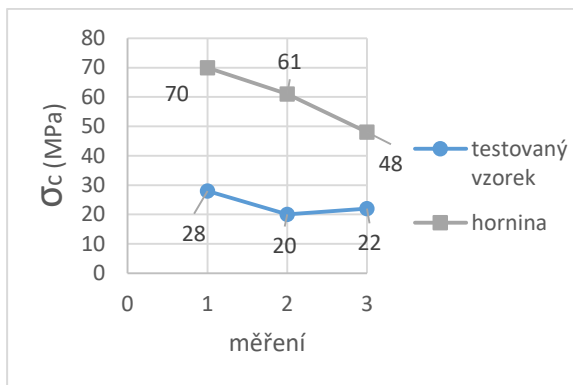


*Obrázek 50: Jižní portál Chlumského tunelu  
(Černý T.)*

*Obrázek 51: Severní portál Chlumského tunelu  
(Černý T.)*



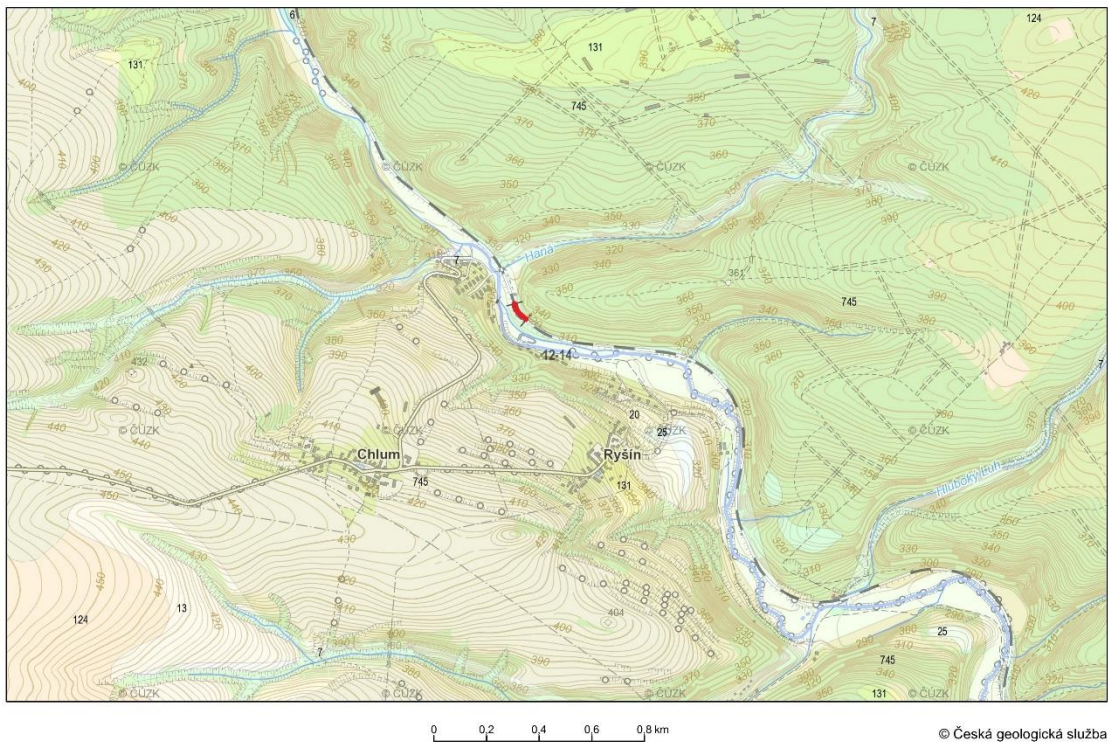
Obrázek 52: Detail severního portálu Chlumského tunelu (Černý T.)



Graf 9: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 53: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 54: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Chlumský tunel je situovaný ve Středočeském kraji u obcí Chlum a Ryšín a zprovozněn byl v roce 1875 o délce 217,4 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu Barrandienu a jednotce proterozoického Barrandienu (subjednotce kralupsko-zbraslavská skupina). Tunel je veden zpevněným sedimentem, který je tvořen drobou, prachovcem a břidlicí (světle zeleně vyznačená oblast č. 745) vyskytujícími se na většině území sledované oblasti. Podél západní strany tunelu protéká Rakovnický potok a další menší toky, můžeme zde najít nívné sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6) a smíšené sedimenty převážně jemnozrnné zrnitosti (bíle vyznačená oblast č. 7). Ojedinele je možné nalézt tyto horniny: na jihu mapy zvětraliny složené z kamenito-jílových až jílových reziduí předkvartérního povrchu (hnědě vyznačená oblast č. 124), kamenitý až hlinito-kamenitý sediment (světle hnědě vyznačená oblast č. 13), písčité štěrky a písky, místy s bloky křemenných pískovců a vložkami jílu (žlutě vyznačená oblast č. 131), menší oblasti hlíny a písku (světle žlutě vyznačená oblast č. 20) nebo písku a štěrku (světle modře vyznačená oblast č. 25). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, a to jen na povrchu kamenů. Zdivo je tvořeno pískovcovými kvádry o velikosti 20–45 cm. Měření cementu mezi bloky nebylo možné uskutečnit, jelikož spáry byly úzké a úderník kladiva by 100% nepřiléhal na testovanou plochu, tudíž by výsledky byly zkreslené a neodpovídaly by opravdové hodnotě (viz obrázek 52).

## 4.2.5 Rynholecký tunel

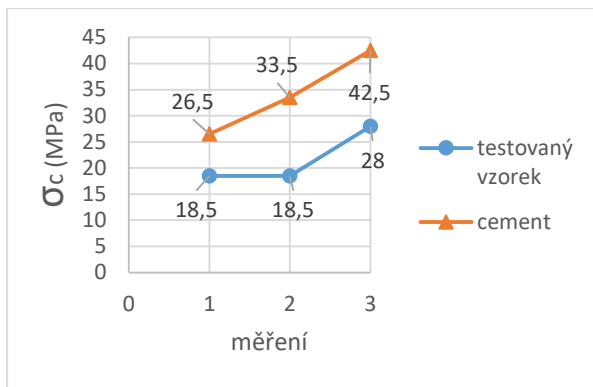


*Obrázek 55: Východní portál Rynholeckého tunelu  
(Černý T.)*

*Obrázek 56: Západní portál Rynholeckého tunelu  
(Černý T.)*

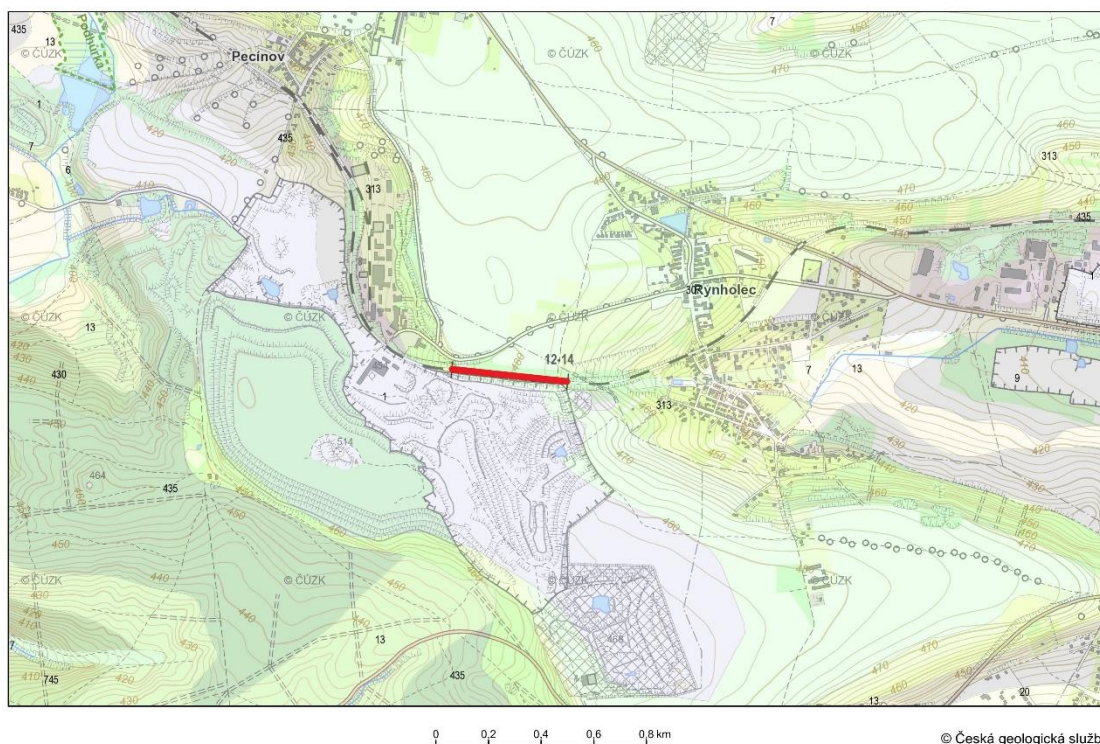


*Obrázek 57: Detail východního portálu Rynholeckého tunelu (Černý T.)*



Graf 10: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 58: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 59 : Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Rynholecý tunel je situovaný ve Středočeském kraji u obce Dolní Chlum, zprovozněn byl v roce 1870 o délce 476,2 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu české křídové pánve a vede zpevněnými sedimenty, které jsou tvořeny písčitymi slínovci až spongolitickými jílovcí místy opuky (vyskytující se na většině území sledované oblasti; světle zeleně vyznačená oblast č.307). Podél tunelu vede lom (světle šedě vyznačená oblast č. 1), zde se těží lupek, kaolin, jíl, písek a spongilit. Hojně zastoupený je zpevněný sediment tvořený valounovým pískovcem, slepencem, prachovcem, jílovcem, uhelnou slojí, brekcí, tufy a tufity (šedě vyznačená oblast č. 435). Dále se v menší míře nachází tyto horniny: smíšené sedimenty převážně jemnozrnné zrnitosti (bíle vyznačená oblast č. 7), kamenitý až



hlinito-kamenitý sediment (světle hnědě vyznačená oblast č. 13) a zpevněný sediment, který je tvořen jílovcem, prachovcem, křemenným pískovcem, jílovitými a glaukonitickými slepenci (světle zeleně vyznačená oblast č. 313). Západní portál tunelu končí v lomu, v důsledku toho byla fotka západního portálu pořízena z větší dálky s ohledem na velikost portálu ve srovnání s ostatními tunely. Zdivo tunelu je lehce erodované, výjimečně chybí cement ve spáře a celý tunel je podporovaný obloukovými železnými nosníky (viz foto Detail východního portálu Rynholeckého tunelu). Zdivo tunelu je klasické kamenné s balvany o rozměru od 20 do 70 cm. Výsledky z měření hornin nejsou, jelikož v okolí se nevyskytovala obnažená hornina, na niž by šlo aplikovat kladivo.

#### 4.2.6 Klínecký tunel

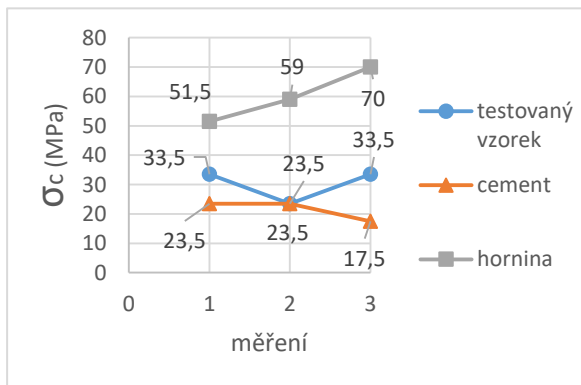


*Obrázek 60: Jižní portál Klíneckého tunelu  
(Černý T.)*

*Obrázek 61: Severní portál Klíneckého tunelu  
(Černý T.)*



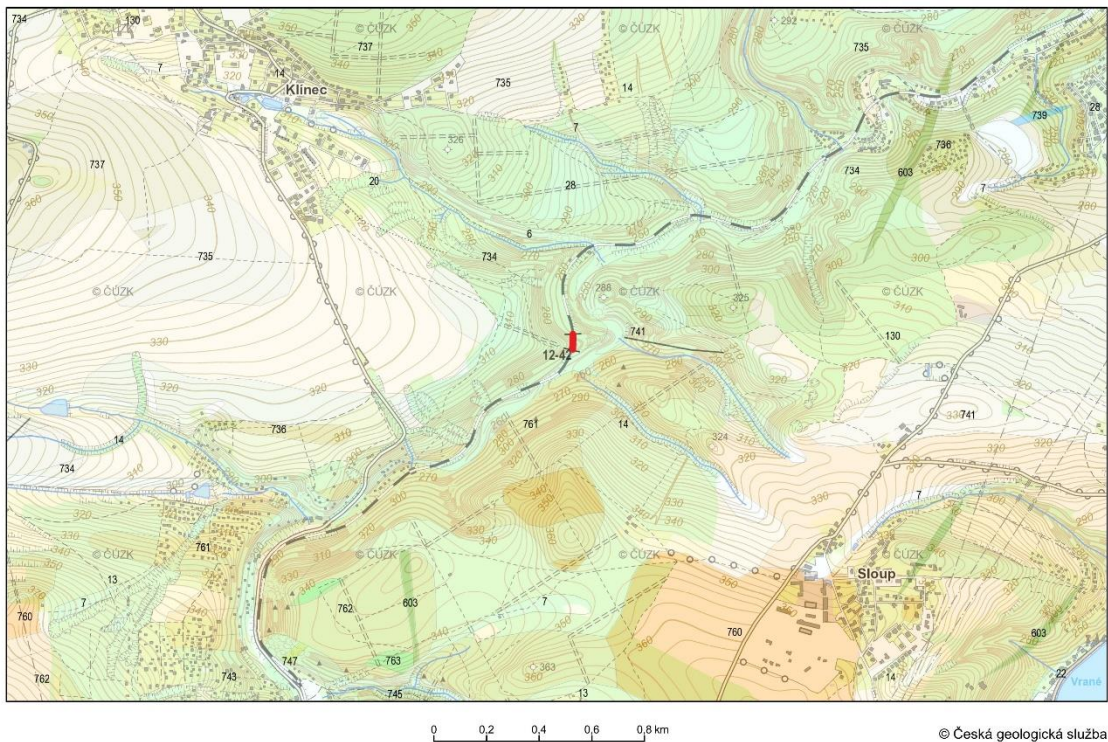
Obrázek 62: Detail severního portálu Klineckého tunelu (Černý T.)



Graf 11: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 63: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 64 : Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Klínecký tunel je situovaný ve Středočeském kraji mezi obcí Klíneček a vesnicí Sloup, byl zprovozněn v roce 1897 o délce 67,5 m. Z geologického hlediska se nachází v Barrandienském regionu a jednotce Barrandienského proterozoika (subjednotka štěchovická skupina). Tunel prochází zpevněnými sedimenty, které jsou tvořeny břidlicemi a prachovci (světle zeleně vyznačená oblast č. 734 hojně se zde vyskytujícími). Podél východní strany tunelu protéká Bojovský potok a další menší toky, můžeme zde najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6). Častý je rovněž výskyt směsi prachovců, břidlic a drob v různém procentuálním zastoupení (světle modře vyznačená oblast č. 735; tmavě zeleně vyznačená oblast č. 737). Dále se zde v menší míře nachází horniny typu ryolitových a dacitových tufů, tufitů (světle oranžově vyznačená oblast č. 761), ryolitů a ryodacitů (oranžově vyznačená oblast č. 760), dále hlinito-kamenité, balvanité až blokované sedimenty (světle hnědě vyznačená oblast č. 14). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, zhruba z ½ je tunel bez zdiva, střídají se úseky zděné a obnažené horniny bez jakékoliv úpravy.

#### 4.2.7 Ledečský tunel

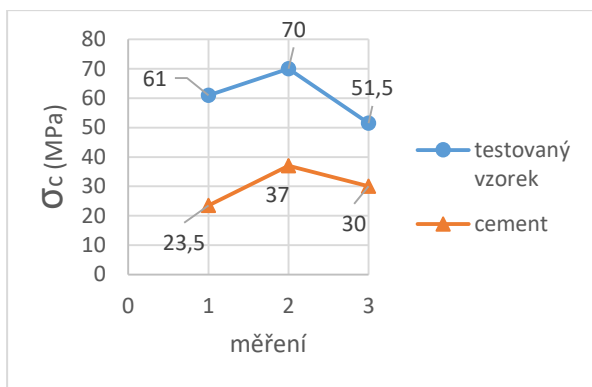


Obrázek 65: Jižní portál Ledečského tunelu (Černý T.)

Obrázek 66: Severní portál Ledečského tunelu (Černý T.)

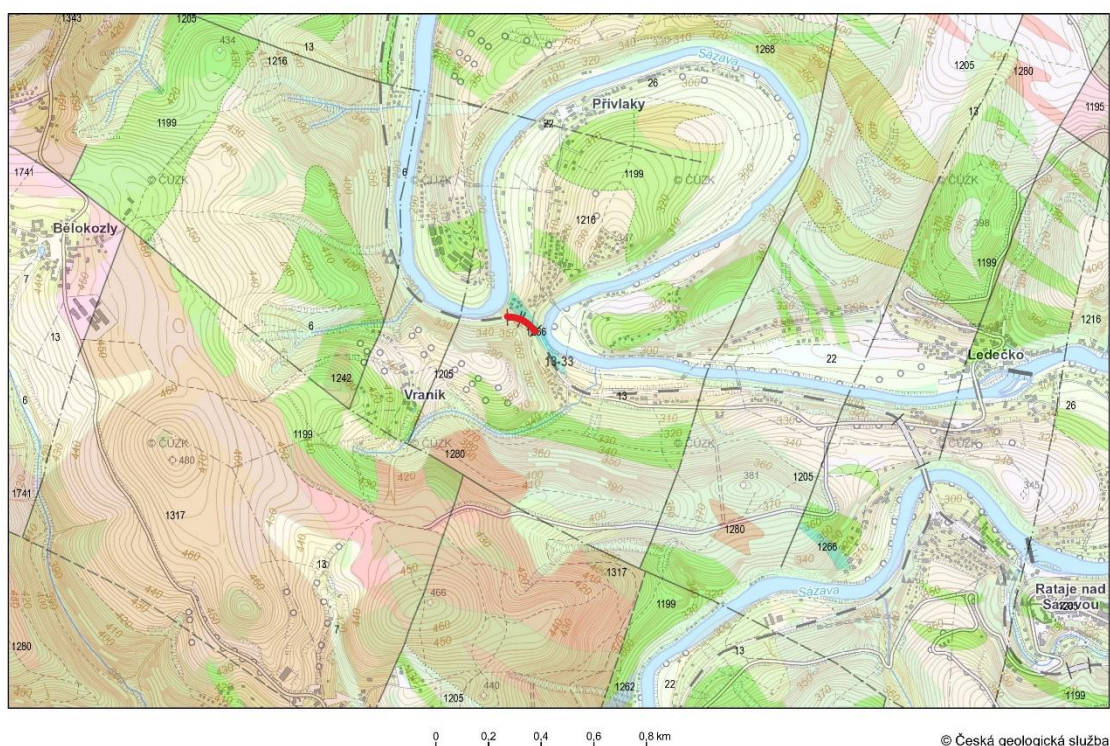


Obrázek 67: Detail jižního portálu Ledečského tunelu (Černý T.)



Graf 12: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 68: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 69: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Ledečský tunel je situovaný ve Středočeském kraji mezi vesnicemi Přívlačky a Vraník, byl zprovozněn v roce 1901 o délce 124 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu kutnohorském a svrateckém krytaliniku a vede vápenci, dolomity (modře vyznačená oblast č. 1266) a pararulou (světle hnědě vyznačená oblast č. 1216). V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, můžeme tu najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a šterky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky č. 22 a č. 26). Hojně se zde vyskytují horniny, jako jsou amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1199), ortorula a metagranit (červeně vyznačená oblast č. 1280) a migmatit (hnědě vyznačená oblast č. 1317). Ojedinele se vyskytuje svor

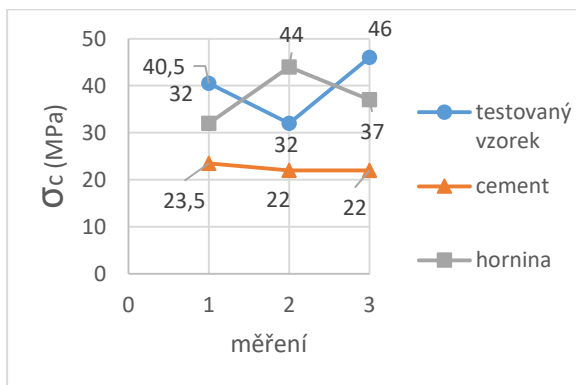
(světle hnědě vyznačená oblast č. 1205), kvarcit a pararula (na severu hnědozeleně vyznačená oblast č. 1268), nebo serpentinit (nedaleko od středu na západ hnědozeleně vyznačená oblast č. 1242). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, celý je zděný s bloky od 10 do 45 cm.

#### 4.2.8 Rátajský tunel II



Obrázek 70: Severní portál Rátajského tunelu II (Černý T.)

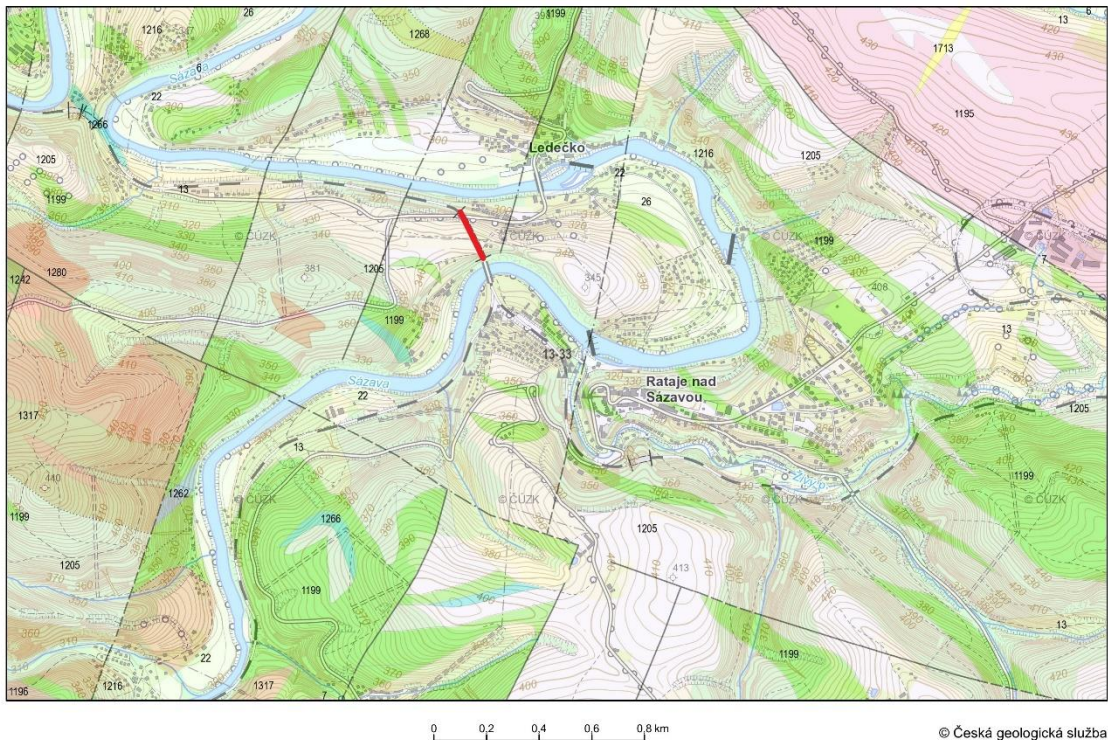
Obrázek 71: Detail severního portálu Rátajského tunelu II (Černý T.)



Graf 13: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 72: Zdivo tunelu 13 (Černý T.)



Obrázek 73: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Rátajský tunel II je situovaný ve Středočeském kraji mezi městem Rátaje nad Sázavou a obcí Ledečko, byl zprovozněn v roce 1903 o délce 197 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu kutnohorském a svrateckém krytaliniku a je veden svorem (světle hnědě vyznačená oblast č. 1205). V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, lze nalézt nivní sedimenty (tvořené= hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a štěrky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky č. 22 a č. 26). Hojně se vyskytují horniny, jako jsou amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1199), ortorula a metagranit (červeně vyznačená oblast č. 1280) a migmatit (hnědě vyznačená oblast č. 1317). Ojedinele je na mapě vápenec a dolomit (modře vyznačená oblast č. 1266). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, celý zděný s valouny až balvany od 10 do 55 cm.

## 4.2.9 Rátajský tunel I



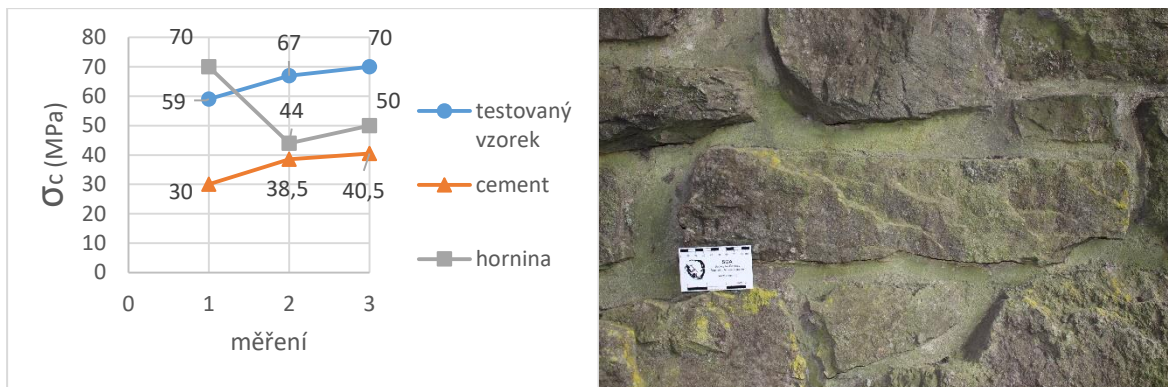
Obrázek 74: Východní portál Rátajského tunelu I  
(Černý T.)

Obrázek 75: Západní portál Rátajského tunelu I  
(Černý T.)



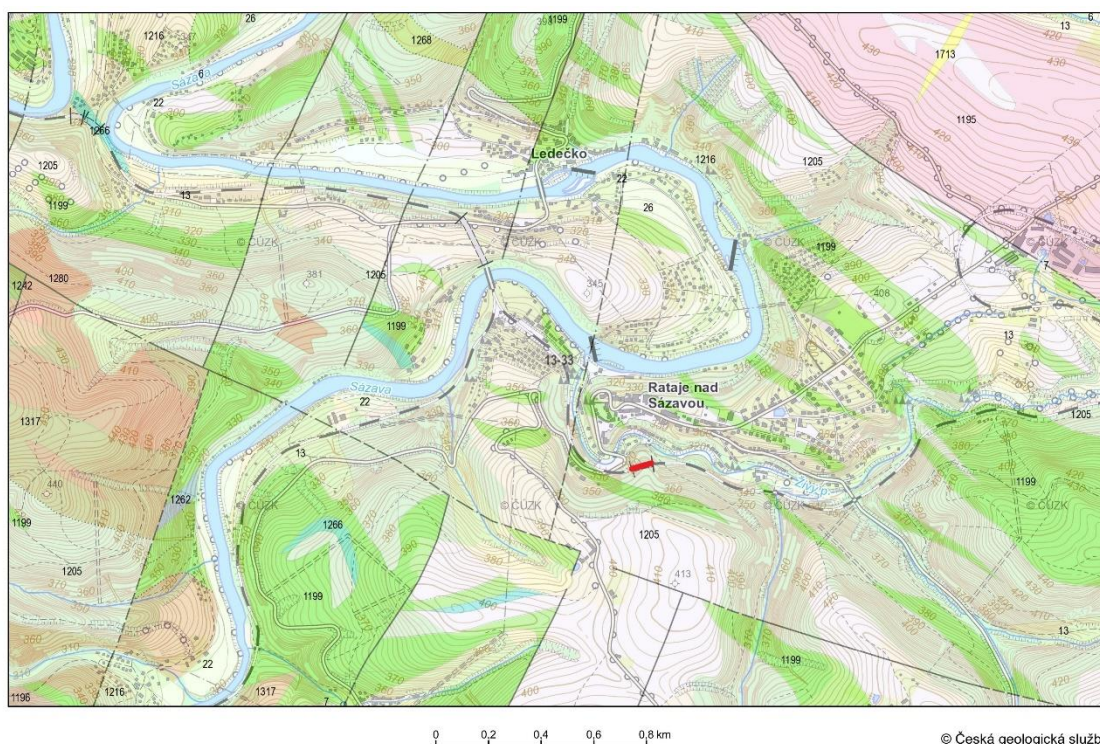
Obrázek 76: Detail východní portálu Rátajského tunelu I (Černý T.)





Graf 14: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 77: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 78: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Rátajský tunel I je situovaný ve Středočeském kraji u města Rátaje nad Sázavou, byl zprovozněn v roce 1902 o délce 93,6 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu kutnohorském a svrateckém krytaliniku a prochází svorem (světle hnědě vyznačená oblast č. 1205). V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, vyskytují se zde nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a šterky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky č. 22 a č. 26). Hojně se vyskytují horniny, jako jsou amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1199), ortorula a metagranit (červeně vyznačená oblast č. 1280) a migmatit (hnědě vyznačená oblast č. 1317). Ojedinele

je na mapě vápenec, dolomit (modře vyznačená oblast č.1266). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, celý je zděný s balvany od 15 do 60 cm.

#### 4.2.10 Kácovský tunel

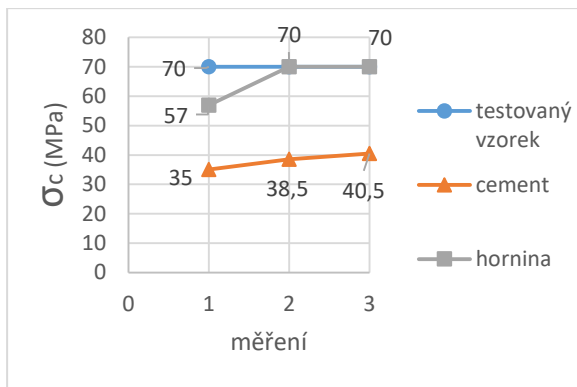


*Obrázek 79: Východní portál Kácovského tunelu  
(Černý T.)*

*Obrázek 80: Západní portál Kácovského tunelu  
(Černý T.)*

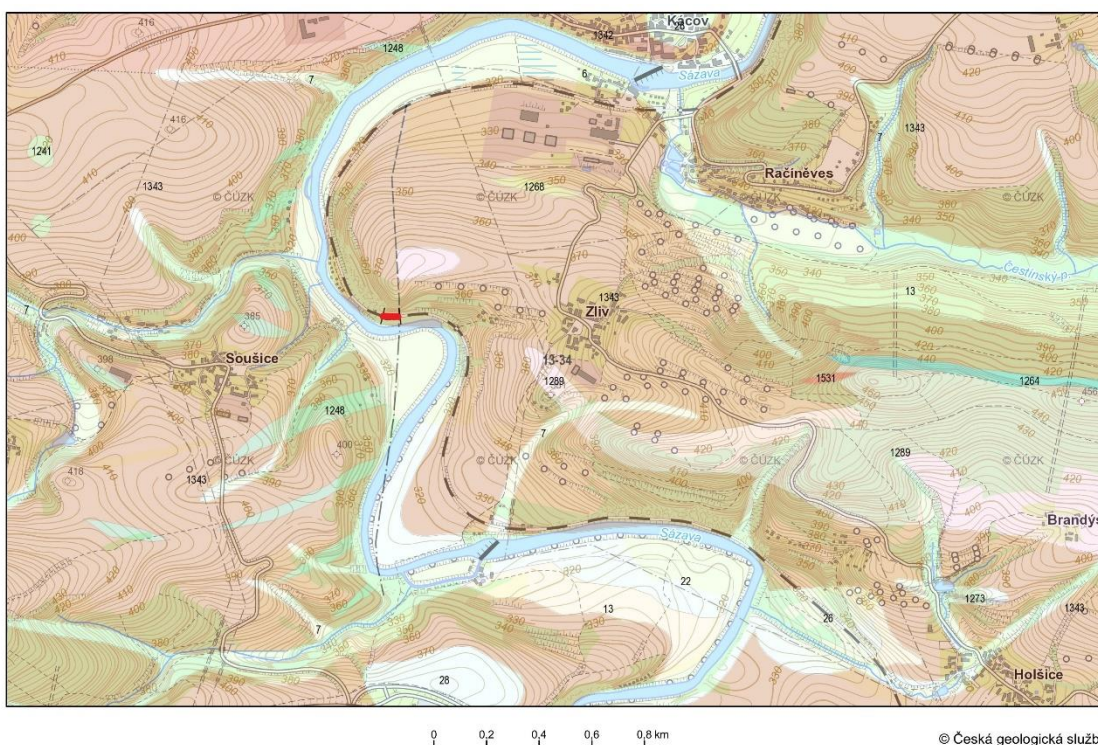


*Obrázek 81: Detail východního portálu Kácovského tunelu (Černý T.)*



Graf 15: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 82: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 83: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

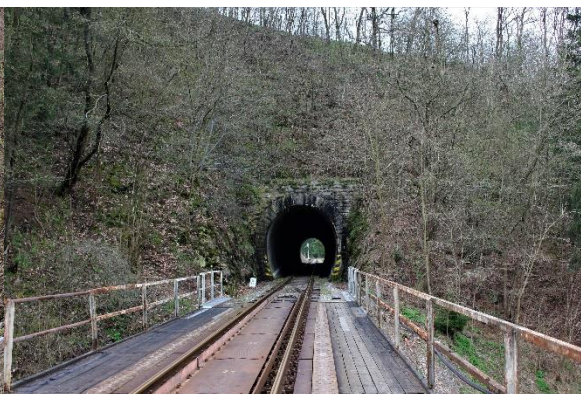
Kácovský tunel je situovaný ve Středočeském kraji mezi vesnicemi Soušice a Zliv, byl zprovozněn v roce 1901 o délce 93 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu metamorfní jednotky v moldanubiku a prochází pararulou (hnědě vyznačená oblast č. 1343), kterou můžeme najít na většině území. Podél tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, můžeme zde najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a štěrky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky č. 22 a č. 26) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Hojně se vyskytuje amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1248) a ortorula (růžově vyznačená oblast č. 1289). Ojedinele je na mapě krystalický vápenec (tyrkysově vyznačená oblast č. 1264),

žilný granit (červeně vyznačená oblast č.1531) a pararula (žlutě vyznačená oblast č. 1343). Tunel je zachovalý bez větších známek eroze, celý je zděný balvany od 20 do 60 cm, které jsou někdy deskovitého tvaru (viz Zdivo tunelu 15).

#### 4.2.11 Vlastějovický tunel



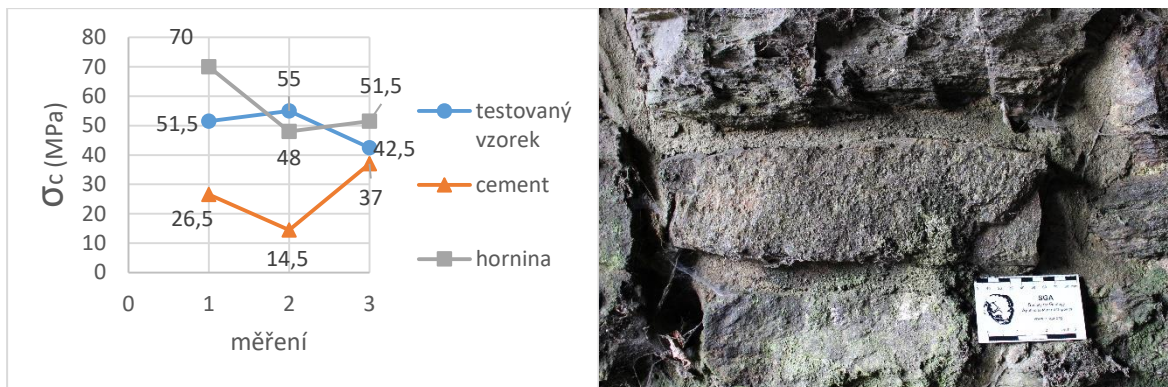
*Obrázek 84: Severní portál Vlastějovického tunelu (Černý T.)*



*Obrázek 85 : Jižní portál Vlastějovického tunelu (Černý T.)*

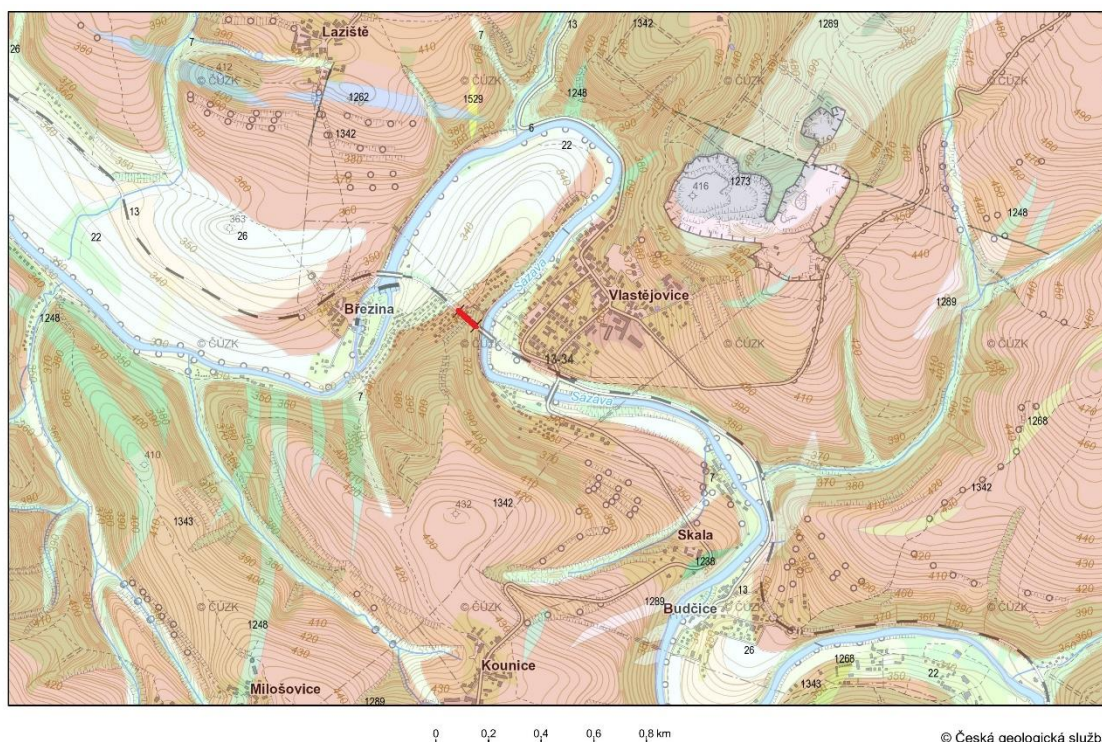


*Obrázek 86: Detail severního portálu Vlastějovického tunelu (Černý T.)*



Graf 16: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 87: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 88: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Vlastějovický tunel je situovaný ve Středočeském kraji nedaleko od obce Vlastějovice, byl zprovozněn v roce 1901 o délce 88 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu metamorfní jednotky v moldanubiku a je veden pararulou (hnědě vyznačená oblast č.1342), kterou můžeme najít na většině území. V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, můžeme zde najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a šterky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky č. 22 a č. 26) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Hojně se vyskytuje amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1248) a ortorula (růžově vyznačená oblast č. 1289). Ojedinele je na mapě skarn (šedě vyznačená oblast č. 1273), erlan

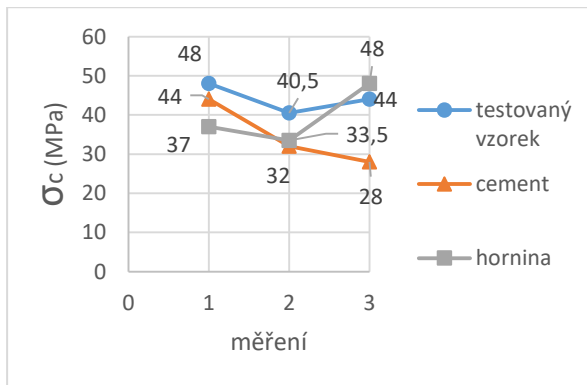
(modrošedě vyznačená oblast č. 1262), aplit (sytě žlutě vyznačená oblast č. 1529) a na jihu kvarcit a pararula (lehce žlutě vyznačená oblast č. 1268). Tunel je lehce erodovaný hlavně vodou, již u jižního portálu prosakovala voda, narušila zdivo, takže bylo nutné nastříkání betonové vrstvy, která zastavila prosakování vod a erozi zdiva. Prosakování vod se ale objevilo u severního portálu tunelu (viz detail severního portálu Vlastějovického tunelu), kde je vidět průsak vody a eroze zdiva (hlavně stropu tunelu), mezi kolejemi je vidět padající voda ze stropu. Zdivo tunelu je z ¼ vystříkané betonem (jedná se o jižní konec tunelu) a zbytek tunelu tvoří klasické kamenné zdivo s balvany od 15 do 60 cm.

#### 4.2.12 Podhradský tunel



Obrázek 89: Severní portál Podhradského tunelu (Černý T.)

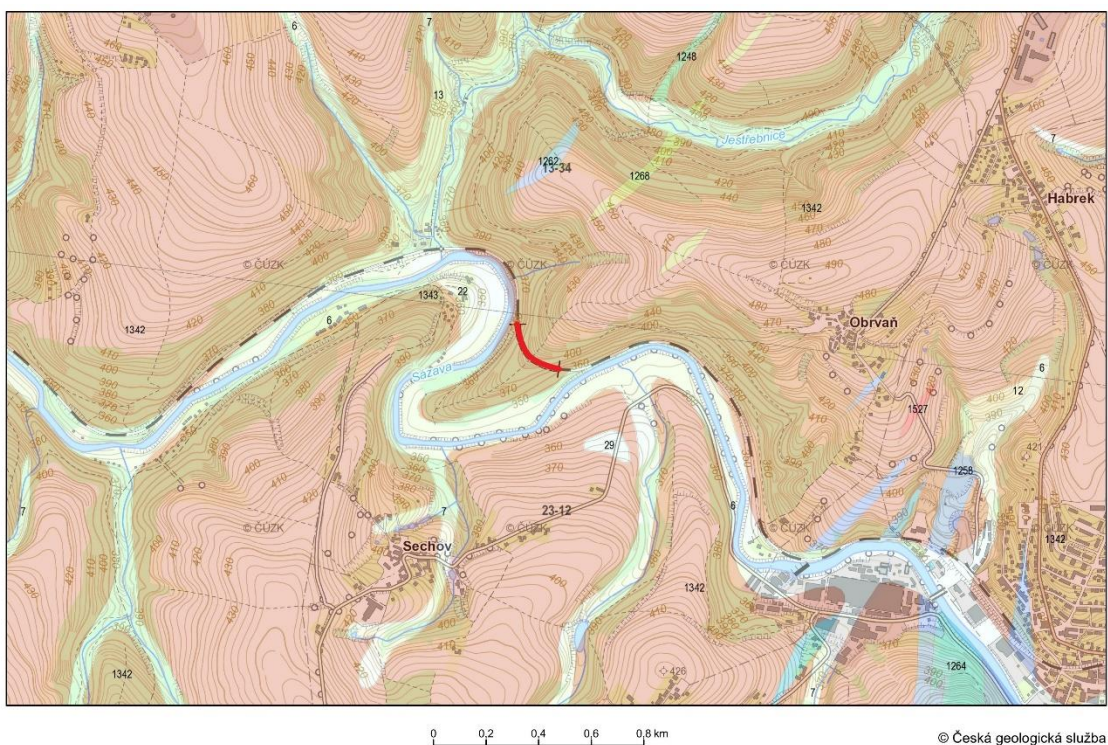
Obrázek 90: Jižní portál Podhradského tunelu (Černý T.)



Graf 17: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 91: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 92: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

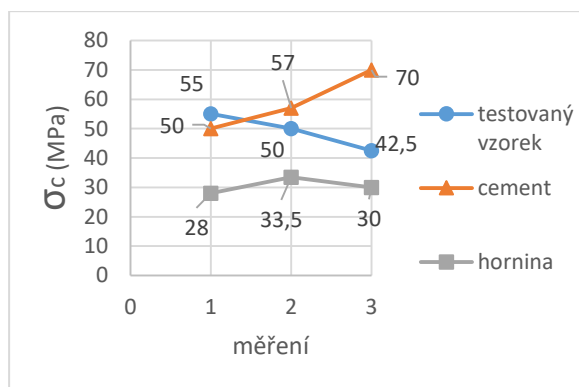
Podhradský tunel je situovaný ve Středočeském kraji mezi vesnicemi Sechov a Obrvaň, zprovozněn byl v roce 1901 o délce 251 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu metamorfní jednotky v moldanubiku a prochází pararulou (hnědě vyznačená oblast č. 1342), kterou můžeme najít na většině území. V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, můžeme zde najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a štěrky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky a menších toků č. 22 a č. 26) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na severu místy a na jihovýchodě hojně se vyskytuje krystalický vápenec (světle modře vyznačená oblast č. 1264) s erlanem (modře vyznačená oblast č. 1258). Ojedinele je na severu amfibolit (zeleně vyznačená oblast č. 1248), erlan obsahující pyroxen (modře vyznačená oblast č. 1262), kvarcit a pararula (lehce žlutě vyznačená oblast č. 1268). Tunel je lehce erodovaný (hlavně strop), výjimečně chybí cement ve spáře a určité úseky tunelu jsou podporované obloukovými železnými nosníky. Zdivo tunelu je klasické kamenné s balvaný od 10 do 60 cm.

## 4.2.13 Hornoledčský tunel



Obrázek 93: Severní portál Hornoledčského tunelu (Černý T.)

Obrázek 94: Jižní portál Hornoledčského tunelu (Černý T.)

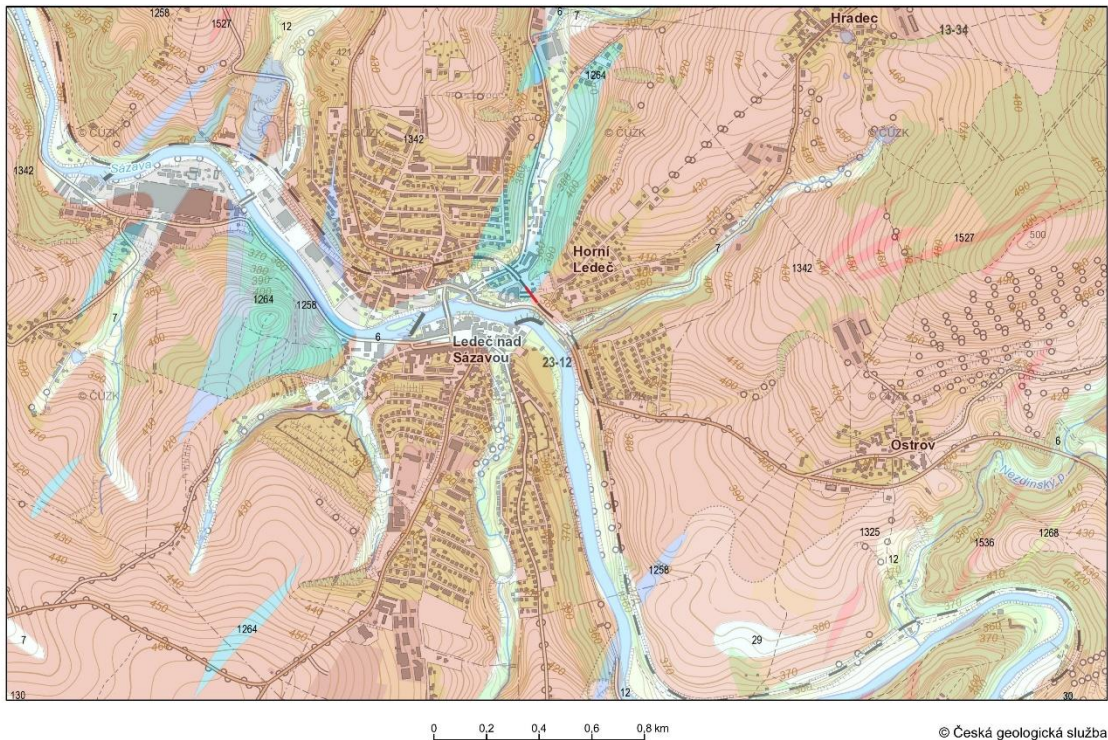


Graf 18: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 95: Zdivo tunelu (Černý T.)





Obrázek 96: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Hornoledečský tunel je situovaný ve Středočeském kraji ve městě Ledec nad Sázavou, byl zprovozněn v roce 1901 o délce 30 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu metamorfní jednotky v moldanubiku a je ražen pararulou (kterou můžeme najít na většině území; hnědě vyznačená oblast č. 1342) a krystalickým vápencem (světle modře vyznačená oblast č. 1264). V okolí tunelu protéká řeka Sázava a další menší toky, zde můžeme najít nívné sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), písky a štěrky (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky a menších toků č. 22 a č. 26) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Ojedinele se vyskytují na mapě erlan (modře vyznačená oblast č. 1258) a erlan obsahující pyroxen (modře vyznačená oblast č. 1262), žilný křemen (červeně vyznačená oblast č. 1527) a na jihu se objevuje pararula a migmatit (světle růžově vyznačená oblast č. 1325). Tunel byl nedávno rekonstruovaný, jelikož malta mezi kameny je velmi dobrém stavu, a výsledky to jen potvrzují. Zdivo tunelu je klasické kamenné s balvaný od 15 do 40 cm.

## 4.3 Liberecký kraj

### 4.3.1 Sedlejevický tunel

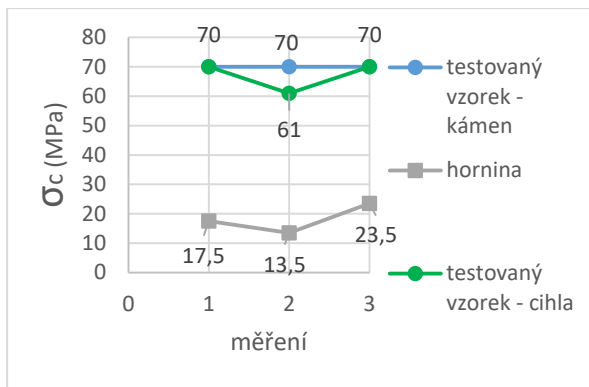


Obrázek 97: Východní portál Sedlejevického tunelu  
(Černý T.)

Obrázek 98: Západní portál Sedlejevického tunelu  
(Černý T.)

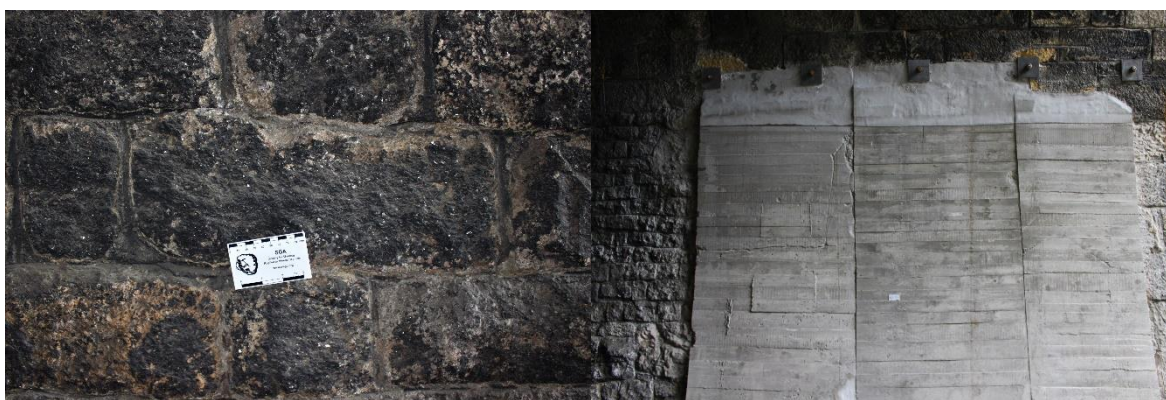


Obrázek 99: Detail západního portálu Sedlejevického tunelu (Černý T.)



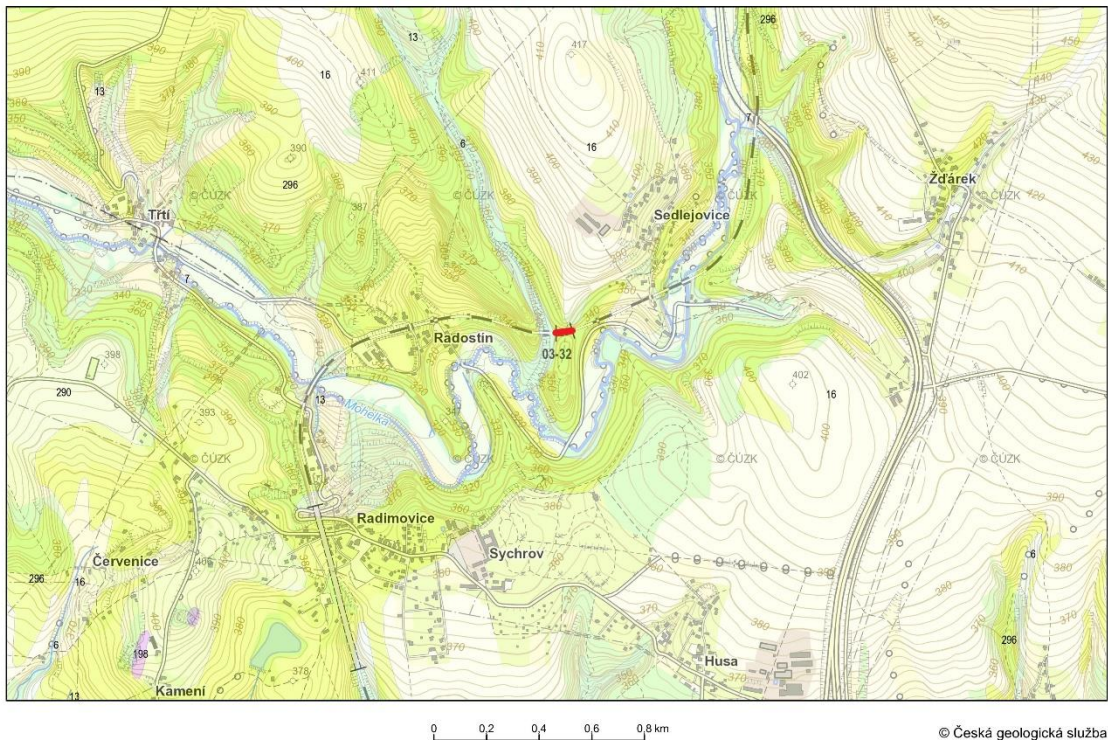
Graf 19: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 100: Zdivo tunelu (cihly)



Obrázek 101: Zdivo tunelu (opuka)

Obrázek 102: Sanace boku tunelu



Obrázek 103: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Sedlejšíkovický tunel je situovaný v Libereckém kraji mezi vesnicemi Radostín a Sedlejšíkovice, byl zprovozněn v roce 1859 o délce 78 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu metamorfní jednotky v moldanubiku a jednotce jizerského vývoje, orlicko-žďárského vývoje. Tunel je veden vápnatými, jílovitými a glaukonitickými pískovci (sytě žlutě vyznačená oblast č. 296), které můžeme najít na většině území. V okolí tunelu protéká řeka Mohelka a další menší toky, zde můžeme najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6), převážně jemnozrnné smíšené sedimenty (bledě modře vyznačená oblast v okolí řeky a menších toků č. 7) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na většině území se vyskytují spraše a sprašová hlína (světle žlutě vyznačená oblast č. 16). Tunel byl v roce 2015 rekonstruován a optimalizován pro vyšší rychlost (viz Miroslav Lipka, časopis Tunel 25. ročník – č. 2/2016, str. 66), jelikož části zdiva byly silněji erodovány. Na několika místech boku tunelu bylo zapotřebí vybetonovat pásy a použít svorníky pro zpevnění zdiva. Zdivo tunelu je z ½ klasické kamenné z opuky s balvanů od 15 do 40 cm a z ½ ho tvoří cihly o velikosti 10–25 cm a v oblasti kamenného zdiva jsou 3 betonové pásy. Měření cementu mezi cihlami nebylo možné uskutečnit, jelikož spáry byly úzké a úderník kladiva by 100%

nepřiléhal na testovanou plochu, tudíž výsledky by byly zkreslené a neodpovídaly by skutečné hodnotě.

### 4.3.2 Prosečský tunel

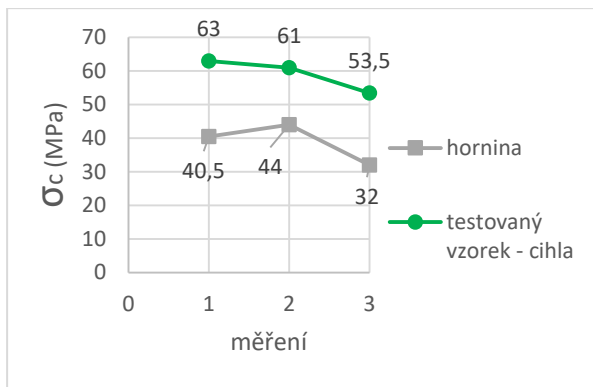


*Obrázek 104 : Jižní portál Prosečského tunelu  
(Černý T.)*

*Obrázek 105 : Severní portál Prosečského tunelu  
(Černý T.)*

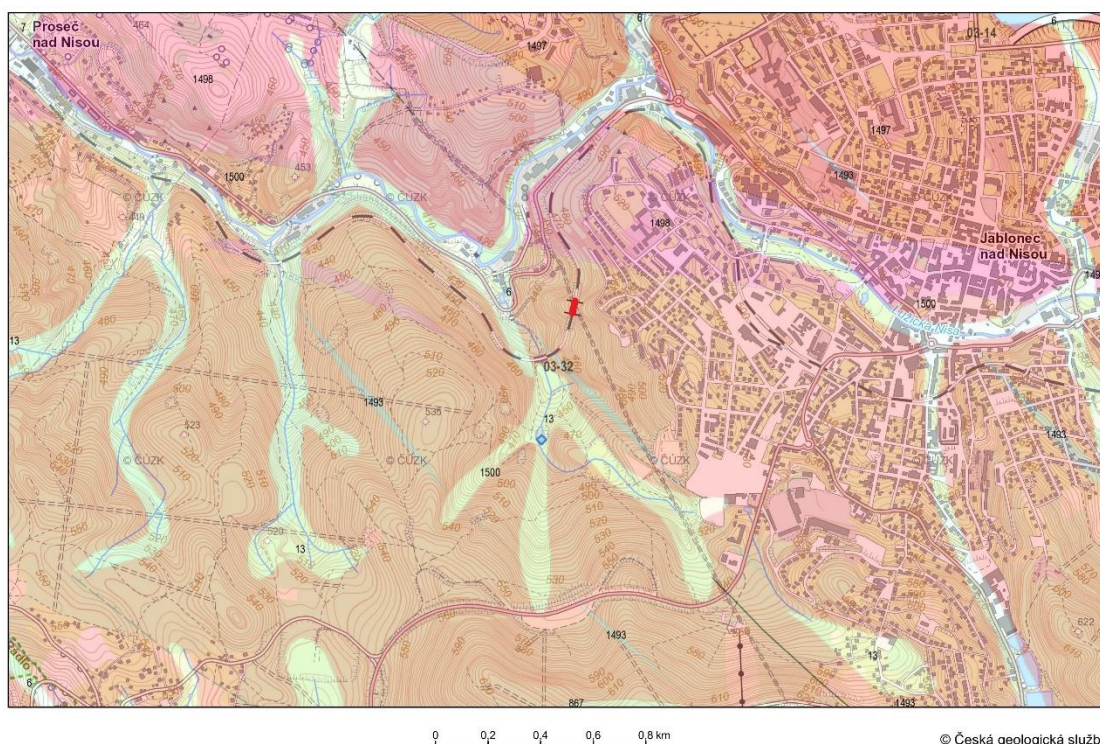


*Obrázek 106: Detail severního portálu Prosečského tunelu (Černý T.)*



Graf 20: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 107: Zdivo tunelu 20 (Černý T.)



Obrázek 108: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Prosečský tunel je situovaný v Libereckém kraji na západ od města Jablonec nad Nisou, byl zprovozněn v roce 1888 o délce 63,35 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu magmatitů Lužických hor a jednotce krkonošsko-jizerského masivu. Tunel prochází středně zrnitým granitem (světle červeně vyznačená oblast č. 1500). V okolí tunelu protéká řeka Lužická Nisa a další menší toky, zde můžeme najít nivní sedimenty (tvořeny hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na většině území můžeme nalézt hrubozrnný granit s porfyrickou texturou (červeně vyznačená oblast č. 1497) a středně zrnitý granit až granodiorit s porfyrickou texturou (růžově vyznačená oblast č. 1498). Ojedinele se

vyskytují křemen-hematitové žíly texturou (modře vyznačené oblasti č. 1493). Tunel je zachovaný a žádné výrazné známky eroze nejeví. Zdivo tunelu je z cihel o velikosti 10–25 cm. Měření cementu mezi cihlami nebylo možné uskutečnit, jelikož spáry byly úzké a úderník kladiva by 100% nepřiléhal na testovanou plochu, tudíž výsledky by byly zkreslené a neodpovídaly by skutečné hodnotě.

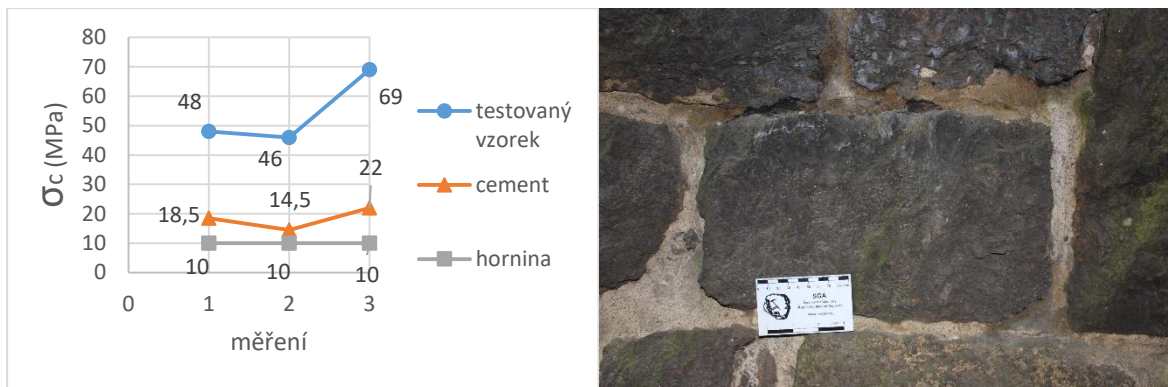
### 4.3.3 Dolnolučanský tunel



Obrázek 109: Západní portál Dolnolučanského tunelu (Černý T.)  
Obrázek 110: Východní portál Dolnolučanského tunelu (Černý T.)



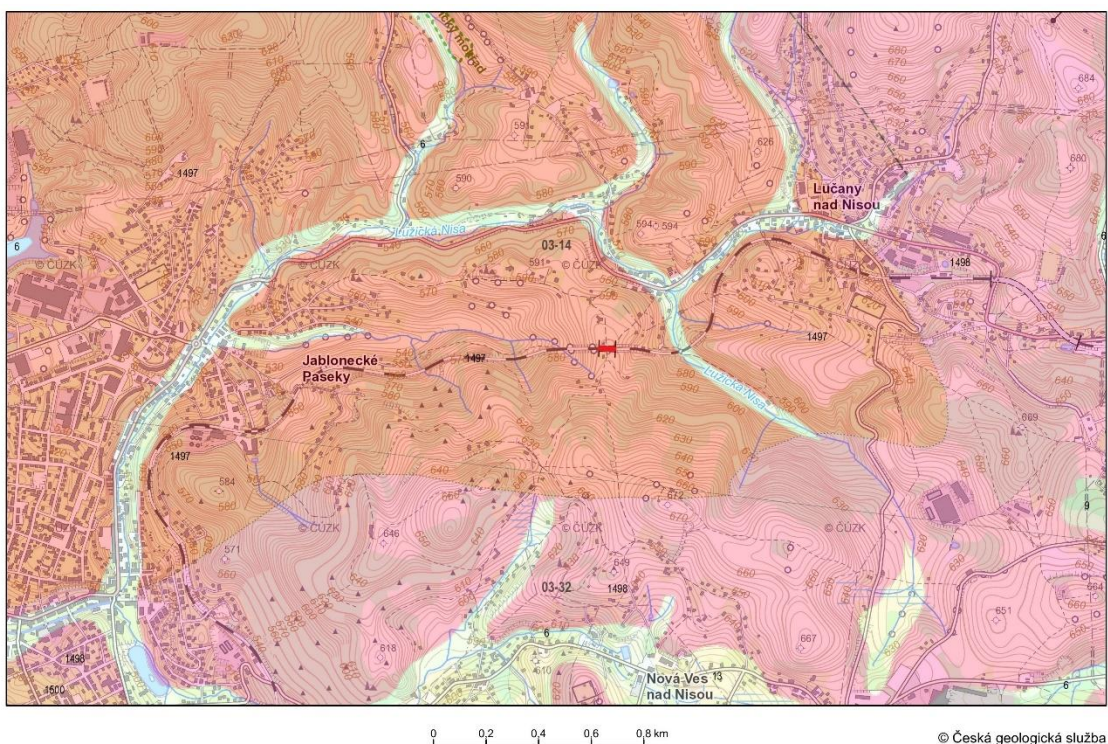
Obrázek 111: Detail západního portálu Dolnolučanského tunelu (Černý T.)



Graf 21: Naměřené hodnoty (Černý T.)



Obrázek 112: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 113: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Dolnolučanský tunel je situovaný v Libereckém kraji na východ od Jablonce nad Nisou a Lučany nad Nisou, zprovozněn byl v roce 1894 o délce 82 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu magmatitů Lužických hor a jednotce krkonošsko-jizerského masivu. Tunel prochází hrubozrnným granitem s porfyrickou texturou (červeně vyznačená oblast č. 1497). V okolí tunelu protéká řeka Lužická Nisa a další menší toky, zde můžeme najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na velké části území můžeme nalézt středně zrnitý granit až granodiorit s porfyrickou texturou (růžově vyznačená oblast č. 1498). Ojedinele se vyskytuje středně zrnitý granit



(světle červeně vyznačená oblast č. 1500). Tunel na první pohled vypadá zachovale, ale často je jeho spára středně erodovaná až místy jí část chybí (viz foto Zdivo tunelu 21). Hornina v zářezu před portály je středně erodovaná, je až nesoudržná (viz obrázky 108 a 109). Zdivo tunelu je z balvanů žul o velikosti 15–45 cm.

#### 4.3.4 Hornotanvaldský tunel

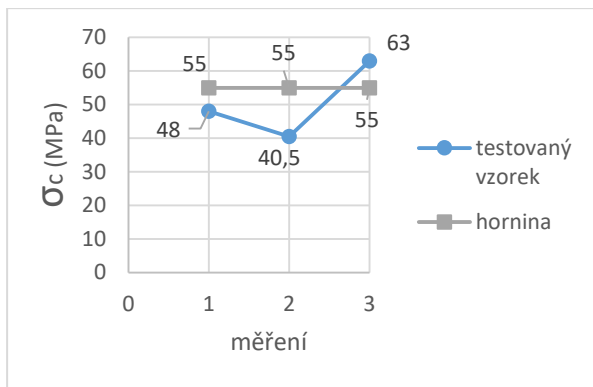


Obrázek 114: Západní portál Hornotanvaldského tunelu (Černý T.)

Obrázek 115: Východní portál Hornotanvaldského tunelu (Černý T.)

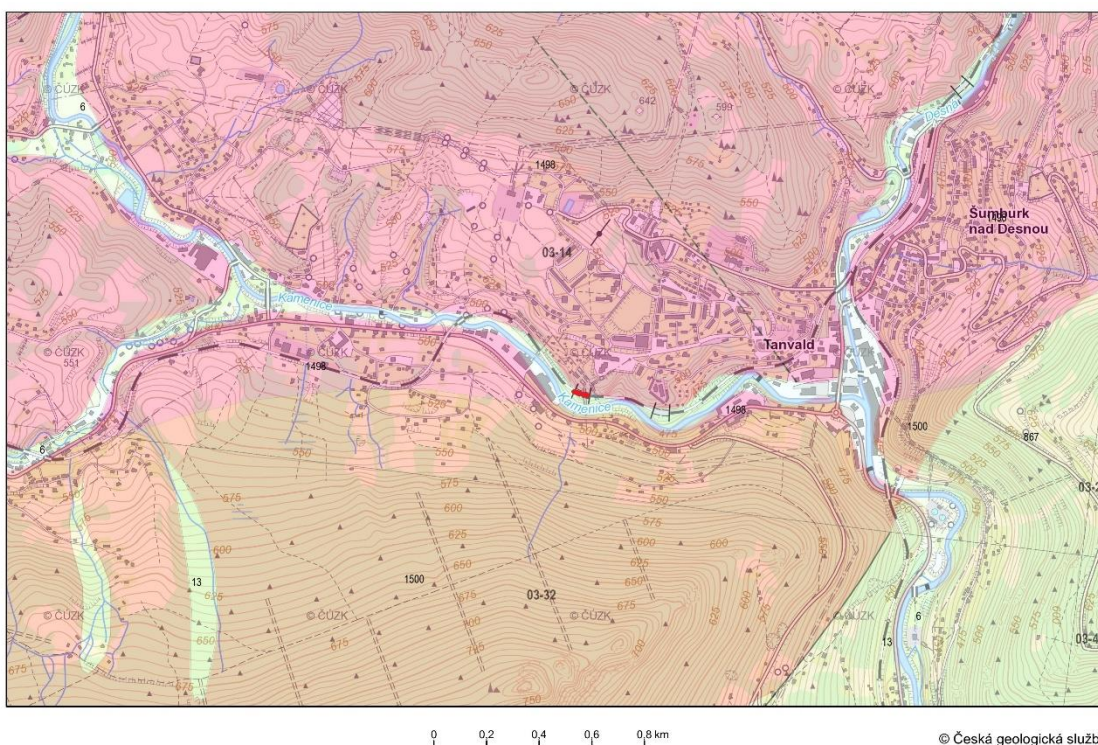


Obrázek 116: Detail západního portálu Hornotanvaldského tunelu (Černý T.)



Graf 22: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 117: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 118: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Hornotanvaldský tunel je situovaný v Libereckém kraji na východ od města Tanvald, byl zprovozněn v roce 1890 o délce 71 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu magmatitů Lužických hor a jednotce krkonošsko-jizerského masivu. Tunel je veden středně zrnitým granitem až granodioritem s porfyrickou texturou (růžově vyznačená oblast č. 1498). V okolí tunelu protéká řeka Kamenice a další menší toky, zde můžeme najít nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na jihu mapy můžeme nalézt středně zrnitý granit (světle červeně vyznačená oblast č. 1500) a na jihovýchodě fylit a svor (světle šedě vyznačená oblast č. 867). Tunel je zachovalý bez

výraznějších znaků eroze, zhruba ½ tunelu je bez zdiva a je zde nechaná obnažená hornina. Zdivo tunelu je z balvanů žul o velikosti 15–65 cm.

#### 4.3.5 Žďárský tunel

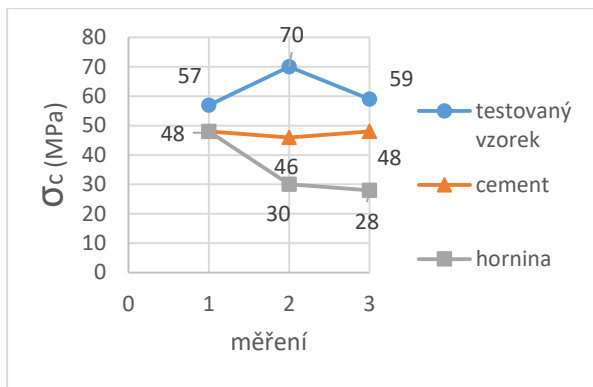


Obrázek 119: Jižní portál Žďárského tunelu (Černý T.)

Obrázek 120: Severní portál Žďárského tunelu (Černý T.)

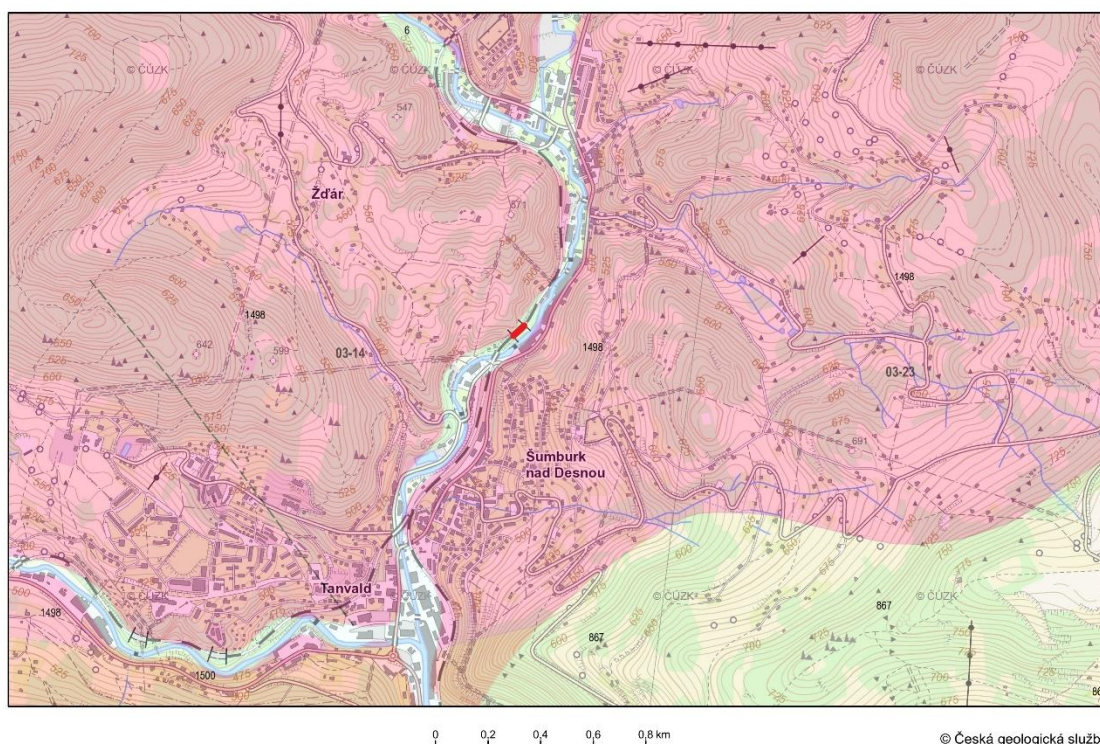


Obrázek 121: Detail jižního portálu Žďárského tunelu (Černý T.)



Graf 23: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 122: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 123: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Žďárský tunel je situovaný v Libereckém kraji na sever od města Tanvald, zprovozněn byl v roce 1890 o délce 71 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu magmatitů Lužických hor a jednotce krkonoško-jizerského masivu. Tunel je vyražen ve středně zrnitém granitu až granodioritu s porfyrickou texturou (růžově vyznačená oblast č. 1498) a nivních sedimentech (tvořené hlavně hlínou, pískem, štěrkem; světle modře vyznačená oblast č. 6). V okolí tunelu protéká řeka Černá Desná a na jihu Kamenice, kde můžeme najít nivní sedimenty (světle modře vyznačená oblast č. 6) a kamenité až hlinito-kamenité sedimenty (světle hnědě vyznačená oblasti č. 13). Na jihu mapy můžeme nalézt středně zrnitý granit (světle červeně vyznačená oblast č. 1500) a na jihovýchodě fylit a svor

(světle šedě vyznačená oblast č. 867). Tunel je zachovalý bez výraznějších znaků eroze, zhruba 2/3 tunelu jsou vybetonované. Zdivo tunelu je z balvanů žul o velikosti 25–65 cm.

#### 4.3.6 Desenský tunel

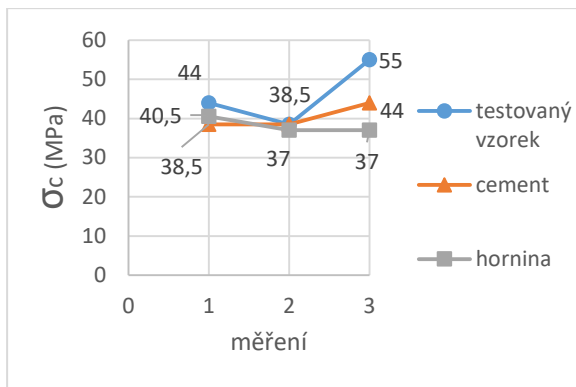


Obrázek 124: Jižní portál Desenského tunelu (Černý T.)

Obrázek 125: Severní portál Desenského tunelu (Černý T.)

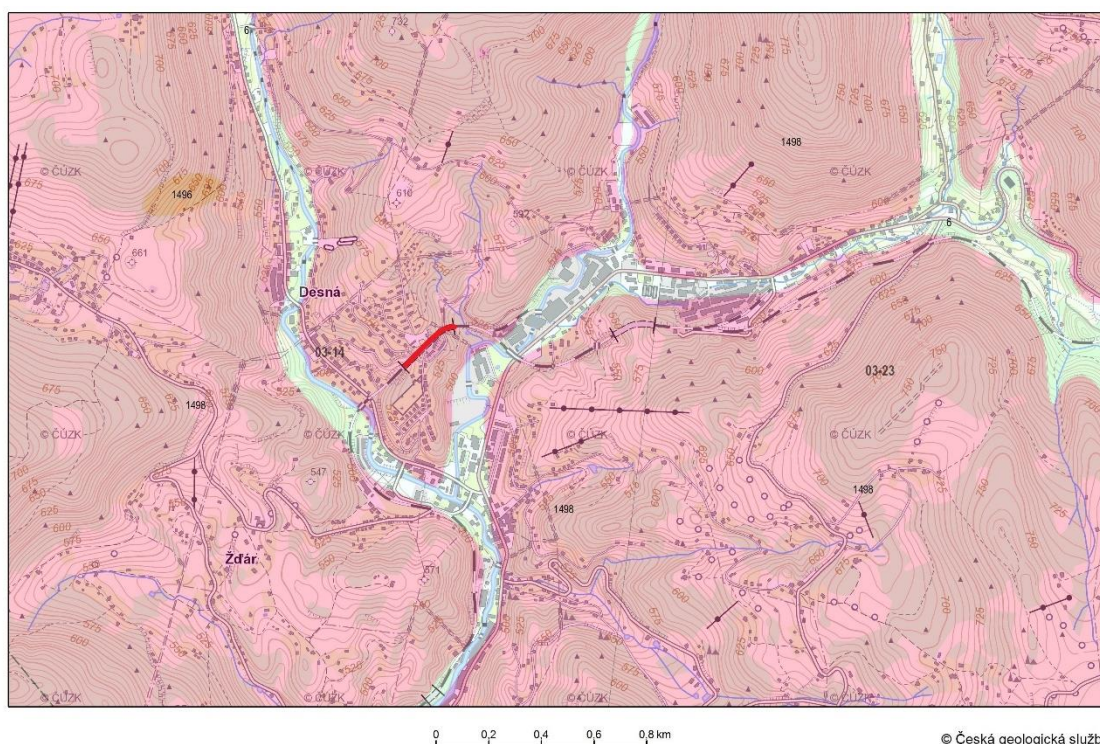


Obrázek 126: Detail severního portálu Desenského tunelu (Černý T.)



Graf 24: Naměřené hodnoty (Černý T.)

Obrázek 127: Zdivo tunelu (Černý T.)



Obrázek 128: Geologická mapa (<http://mapy.geology.cz>)

Desenský tunel je situovaný v Libereckém kraji nedaleko od města Desná, byl zprovozněn v roce 1890 o délce 252 m. Z geologického hlediska se nachází v regionu magmatitů Lužických hor a jednotce krkonošsko-jizerského masivu. Tunel prochází středně zrnitým granitem až granodioritem s porfyrickou texturou (růžově vyznačená oblast č. 1498). V okolí tunelu protéká řeka Černá Desná a Bílá Desná, můžeme zde najít převážně jemnozrné nivní sedimenty (tvořené hlavně hlínou, pískem, šterkem; světle modře vyznačená oblast č. 6). Na severozápadě mapy můžeme nalézt středně zrnitý granit (světle červeně vyznačená oblast č. 1496). Tunel je zachovalý bez výraznějších znaků eroze. Celý tunel je zděný z balvanů žul o velikosti 20–50 cm.

## 5 Závěr

Z celkového počtu 120 tunelů, které byly zprovozněny v období 1848–1910, se u 46 uskutečnily průzkumy, z nichž 24 je možné zařadit do statistického přehledu. Zbývajících 22 nevyhovujících tunelů bylo buď tvořeno betonem a stěny byly upraveny do imitace zdiva (jelikož přechod mezi jednotkou a maltou nebyl prakticky viditelný a materiál, který vypadal jako jednotka, byl totožný s materiálem malty ve spáře), původní zdivo bylo přestříkané betonovou vrstvou (což by vedlo v průměru k podobným výsledkům pevnosti v tlaku), nebo celý tunel s výjimkou portálů (které byly zděné, zhruba 5–10 m na každé straně) byl bez jakéhokoliv ostění či zpevnění stěn svorníky nebo výztuží obloukovými nosníky.

U všech 24 tunelů byla provedena geologická rešerše okolí, kde byly popsány vyskytující se horniny/zeminy s dostupnými informacemi od České geologické služby. Pořízeno bylo více fotek, ale vzdálenost od tunelu 50 m se jevila jako nevyhovující, jelikož okolí tunelu zabíralo příliš velkou část fotodokumentace, v některých případech, kdy železniční trať ostře zatáčela, tunel nebyl dostatečně viditelný v důsledku okolní vegetace. Fotky portálů byly pořízeny ve vzdálenosti cca 25 m s ohniskem 18 mm a detail portálů s ohniskem 35 mm. Fotky zdiva byly pořizovány s měřítkem jak v cm (vrchní měřítko), tak v palcích (spodní měřítko). Ztížené určení kamenné jednotky zdiva bylo způsobeno tím, že v některých tunelech byly nátěry mající bránit erozi bloků (např. Sedlejevický tunel) nebo se na kamenech vyskytovaly usazeniny z dřívějších parních lokomotiv, jež spolu s působením vod (vlhkosti) na povrchu dokázaly pozměnit vzhled.

Výsledky z měření Schmidtovým kladívkem ukazují, že kameny/cihly zdiva jsou až na několik výjimek v dobrém stavu. U některých tunelů se objevily naměřené hodnoty kamenů/cihel vyšší než 70 MPa, a proto nebylo možné stanovit podrobnější hodnoty. Malta ve spojích neměla takovou pevnost jako kámen, ale až na výjimky dosahovala dobrých výsledků. Hodnoty naměřené u hornin v okolí portálů tunelu byly někdy dost zvětralé, výjimečně až nesoudržné. Na fotkách v okolí portálů je vidět, že bylo provedeno potřebné zpevnění zeminy nástřikem betonu či svorníky nebo instalací sítí jako ochrana před pády větších částí hornin.

Vybrané zkoumané tunely na území České republiky se podle poznatků získaných z daných míst nacházejí v dobrém stavu a jsou udržované. Pokud vezmeme v úvahu jejich

stáří, dané tunely jsou důkazem vysoké kvality a trvanlivosti práce dělníků a mistrů historického dopravního stavitelství.



## 6 Literatura

*Atlas Polských a Českých drah, 2017* [online]. 2005–2017 [cit. 2017-08-08]. Dostupné z: <http://www.atlasdrah.net/>

BARTÁK, Jiří, 2016a. Přehled klasických metod tunelů. *Ita-aites.cz* [online]. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: [http://www.ita-aites.cz/files/Seminare/2016/02\\_bartak\\_prehled-klasickych-metod-vystavby-tunelu.pdf](http://www.ita-aites.cz/files/Seminare/2016/02_bartak_prehled-klasickych-metod-vystavby-tunelu.pdf)

BARTÁK, Jiří, 2016b. Vývoj podzemního stavitelství v České republice. *Silnice-zeleznice.cz* [online]. [cit. 2017-08-08]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-podzemniho-stavitelstvi-v-ceske-republice/>

CRONVALL, Timo, 2014. Maintenance of railway tunnels in Finland, VR Track. *Nvfnorden.org* [online], Dostupné z: [http://www.nvfnorden.org/library/Files/Utskott-och-tema/Tunnlar/Seminarier-2012-2016/Effektivare-tunneldrivning-april-2014/8\\_Utfordringer%20med%20vedlikeholdet%20i%20jernbanetunnel%20i%20Finland.pdf](http://www.nvfnorden.org/library/Files/Utskott-och-tema/Tunnlar/Seminarier-2012-2016/Effektivare-tunneldrivning-april-2014/8_Utfordringer%20med%20vedlikeholdet%20i%20jernbanetunnel%20i%20Finland.pdf)

*Elektronický magazín o drahách. 2001–2017* [online]. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/>

*Geologické mapy ČR, 2014* [online]. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)

HAACK, A., J. SCHREYER a G. JACKEL, 1995. Report to ITA working group on maintenance and repair of underground structures: State-of-the-art of non-destructive testing methods for determining the state of a tunnel lining. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 10, p. 413–431.

HORÁK, Vladislav, 2007. Tunelové systémy a soustavy pro větší profily. Podzemní stavby. Brno: VÚT v Brně, Fakulta stavební, s. 107–111.

HORÁK, Vlastimil et al., 2016. Sanace tunelů: metodická příručka pro přípravu sanací tunelů Amberg Engineering Brno a. s. *Ita-aites.cz* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: [http://www.ita-aites.cz/files/edice\\_CTuK/161209-sanace-tunelu.pdf](http://www.ita-aites.cz/files/edice_CTuK/161209-sanace-tunelu.pdf)

HUDEC, Zdeněk a kol., 2006. Atlas drah ČR 2006–2007. Praha: Dopravní vydavatelství Malkus,

KAMOI, A. et al., 2004, Study on Detection Limit of Buried Defects in Concrete Structures by Using Infrared Thermography, *Key Engineering Materials*, Vols. 270 – 273, p. 1549

*Inovace oboru Geotechnika*, 2012 [online]. [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/>

LI, Chuan et al., 2010, Layer recognition and thickness evaluation of tunnel lining based on ground penetrating radar measurements, *Journal of Applied Geophysics* 73(1), p. 45. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926985110001357?via%3Dihub>

LINDSTRØM, Mona and Alf KVEEN, 2005. Tunnel investigation and groundwater control, Oslo: Technology department of Norwegian public roads administration, publication no. 107, p. 11

LIPKA, Miroslav, 2016. Návrh a realizace rekonstrukce tunelu Sedlejovice. *Tunel*. roč. 25, č. 2, s. 66–73.

MAIDL, B. et al., 2013. The classic methods and their further developments, *Handbook of Tunnel Engineering*. Volume I: Structures and Methods, Wiley Library, p. 145–166.

MAIDL, B. et al., 2014. The classic methods and their further developments. *Handbook of Tunnel Engineering*. Volume II: Basic and Additional Services for Design and Construction, Wiley Library, p. 21–94.

MAŘÍK, Libor, 2013. Historie a současnost železničních tunelů v České republice. *Cvut.cz* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: [http://akce.fd.cvut.cz/sites/default/files/dokumenty/NEAT2013\\_4\\_Marik.pdf](http://akce.fd.cvut.cz/sites/default/files/dokumenty/NEAT2013_4_Marik.pdf)

MCCAN, D.M. and FORDE, M.C., 2001, Review of NDT methods in the assessment of concrete and masonry structures, *NDT&E International* 34 (2001), p. 72

MIKULEC, Jan, 2012. Tvrdoměrné zkoušení betonu v konstrukci – nové přístroje a postupy. Brno: VUT v Brně, fakulta stavební, s. 13–30.

MURAKAMI, T. et al., 2016. A study on the new water leak repair method for subway tunnels using crack self-healing repair materials, *Journal of Ceramic Processing Research* vol. 16, p. 95 – 97, Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/298074322\\_A\\_study\\_on\\_new\\_repair\\_methods\\_for\\_subway\\_tunnels\\_using\\_crack\\_self-healing\\_technologies](https://www.researchgate.net/publication/298074322_A_study_on_new_repair_methods_for_subway_tunnels_using_crack_self-healing_technologies)

MURPHY, Eoin, 2016. Reconstruction of Farnworth Tunnels. The British Tunnelling Society [online]. Dostupné z: <https://www.britishtunnelling.org.uk/ajax/functiongrabber.asp?loadfunction=downloadfile&f=downloads&filename=2016%20eoin%20murphy%20farnworth%20tunnels.pdf>

NASRI, Verya et al., 2008. *Rehabilitation of La Nerthe Tunnel on Parris-Marseille High-Speed Railway Line*. International Conference on Case of Histories in Geotechnical Engineering 11. Dostupné také z: <http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2842&context=icchge>

Proceq SA, 2017. Schmidt hammers. *Proceq.com* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/schmidt-hammers/>

RICHARDS, J. A., 1998. Inspection, Maintenance and Repair of Tunnels: International Lessons and Practice. *Tunnelling and Underground Space Technology*. Vol. 13, Number 4, p. 369–375.

SCHLUMPF, Jürg and Jürgen HÖFLER, 2006. Shotcrete in Tunnel construction, Riederich: Reinhardt + Reichenecker GmbH, p. 10–43, TS 3452-2 GB.

Správa železniční dopravní cesty, 2009. Železniční mapy ČR. *Szdc.cz* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznicni-mapy-cr.html>

STECÍNSKÝ, Bohuslav, 2016. Železniční tunely v současné síti SŽDC. *Ita-aites.cz* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z [http://www.ita-aites.cz/files/Seminare/2016/03\\_stecinsky\\_zelezn-tunely-soucasne-siti-szdc.pdf](http://www.ita-aites.cz/files/Seminare/2016/03_stecinsky_zelezn-tunely-soucasne-siti-szdc.pdf)

WILLIAMS, Nathan Douglas, 2014. *Nondestructive Testing of Rail Tunnel Linings*. Master's thesis. Texas A & M University. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/1969.1/154007>

ZÁVORA, K. a spol., 2006. Technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací – Kapitola 24 Tunely, Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury, str. 37 – 39. Dostupné také z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_6\\_TKP/TKP\\_24.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_24.pdf)

ZHOU, Yuhui et al., 2017. Railway Tunnel Clearance Inspection Method Based on 3D Point Cloud from Mobile Laser Scanning. *Sensors*. Volume 17, Issue 9, Article 2055.