

SANACE TUNELŮ

METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO PŘÍPRAVU SANACÍ TUNELŮ



Autoři textu:

Ing. Vlastimil Horák, Ing. Jiří Matějčík, Ing. Jaroslav Lacina
© AMBERG Engineering Brno, a.s.

Fotoarchiv:

AMBERG Engineering Brno, a.s.
Minova Bohemia, s.r.o.
FAST VUT Brno

Brno, 03/2016

Dedikace:

Předkládaná metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu VaV - TA ČR:

TA03030851 Sanace tunelů - technologie, materiály a metodické postupy

Program: TA - Podpora aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje ALFA

Podprogram 3: Udržitelný rozvoj dopravy

Specifický cíl: C3_4 - Zvýšení bezpečnosti a životnosti dopravní infrastruktury

Doba řešení: 01/2013 - 12/2016

Obsah:

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Všeobecné kapitoly metodické příručky..... | 4 |
| 1.1 | Cíle (I) | 4 |
| 1.2 | Vlastní popis metodiky (II) | 4 |
| 1.3 | Rekognoskace současného stavu (III) | 4 |
| 1.4 | Uplatnění (IV) | 5 |
| 1.5 | Ekonomické aspekty (V) | 5 |
| 1.6 | Seznam použité literatury (VI) | 5 |
| 1.7 | Publikační činnost autorů související s metodickou příručkou (VII) | 7 |
| 2. | Problematika sanací tunelových staveb..... | 8 |
| 2.1 | Tunely a ostatní liniová podzemní díla | 8 |
| 2.2 | Požadavky správce na podzemní stavbu - tunel | 8 |
| 2.3 | Obvyklé poruchy tunelů vedoucí k nutnosti sanace | 9 |
| 2.3.1 | Prosakující voda | 9 |
| 2.3.2 | Degradace ostění | 10 |
| 2.3.3 | Nedostatečný světlý profil tunelu | 11 |
| 2.3.4 | Zhoršující se parametry koleje nebo vozovky | 11 |
| 2.3.5 | Nevyhovující technologické vybavení | 11 |
| 2.4 | Doporučené průzkumy na základě typu a rozsahu poškození | 12 |
| 2.4.1 | Akutní opravy | 12 |
| 2.4.2 | Velké opravy | 13 |
| 2.4.3 | Komplexní rekonstrukce | 13 |
| 3. | Obsah průzkumných a přípravných prací..... | 15 |
| 3.1 | Přípravné práce | 15 |
| 3.1.1 | Studium historie tunelu | 15 |
| 3.1.2 | Předběžná prohlídka tunelu | 15 |
| 3.2 | Průzkumné práce | 15 |
| 3.2.1 | Analýza průjezdnosti tunelu | 15 |
| 3.2.2 | Pasportizace ostění | 19 |
| 3.2.3 | Průzkum prostor za ostěním tunelu | 20 |
| 3.2.4 | Stavebně technický stav ostění tunelu | 23 |
| 3.2.5 | Měření a sledování trhlin v ostění tunelu | 26 |
| 3.2.6 | Doplňující inženýrsko-geologický průzkum | 27 |
| 3.2.7 | Laboratorní rozbor podzemní vody | 28 |
| 3.2.8 | Geodetické zaměření tunelu a dotčené komunikace či trati | 30 |
| 3.3 | Vyhodnocení průzkumných prací | 30 |
| 3.4 | Všeobecná doporučení pro provádění průzkumů | 30 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | Návrh sanace | 31 |
| 4.1 | Poškození způsobená průsaky vody přes ostění | 31 |
| 4.1.1 | Kapající nebo tekoucí voda - plošné zamokření | 31 |
| 4.1.2 | Plošná zavlhllost | 35 |
| 4.1.3 | Výluhy | 36 |
| 4.2 | Poškození způsobená vodou za ostěním nebo pod komunikací | 38 |
| 4.2.1 | Nefunkční odvodnění rubu obezdívky | 38 |
| 4.2.2 | Nefunkční odvodnění pod komunikací | 39 |
| 4.2.3 | Zavodnění štěrkového lože a pláně | 39 |
| 4.3 | Výrazně poškozené ostění | 41 |
| 4.3.1 | Havarijní stav obezdívky | 41 |
| 4.4 | Nedostatečný světlý profil tunelu | 46 |
| 4.4.1 | Řešení průjezdnosti změnou polohy koleje | 46 |
| 4.4.2 | Řešení výměnou obezdívky se zvětšením profilu tunelu | 47 |
| 4.5 | Vypadané (vydrolené) spárování | 48 |
| 4.6 | Vypadávající nebo uvolněné zdící kameny | 50 |
| 4.7 | Mírně zvětralé spárování | 51 |
| 4.8 | Poruchy portálových částí tunelu | 52 |
| 4.9 | Trhliny v materiálu ostění tunelu | 54 |
| 4.9.1 | Sanace pasivních trhlin | 55 |
| 4.9.2 | Sanace aktivních trhlin | 57 |
| 4.10 | Plošná degradace ostění | 57 |
| 4.10.1 | Povrchová degradace | 57 |
| 4.10.2 | Hloubková degradace | 58 |
| 4.11 | Koroze výztuže | 59 |
| 5. | Projektová dokumentace sanace | 62 |
| 5.1 | Rozsah projektu | 62 |
| 5.1.1 | Projekt akutních oprav lokálních poruch | 62 |
| 5.1.2 | Projekt velké opravy | 62 |
| 5.1.3 | Projekt komplexní rekonstrukce | 63 |
| 5.2 | Doporučený obsah projektu | 63 |
| 5.2.1 | Textová část projektu | 63 |
| 5.2.2 | Výkresová část projektu | 64 |
| 5.2.3 | Stanovení rozsahu sanace - soupis prací | 64 |
| 6. | Autorský dozor na stavbě (odborný dozor) | 66 |
| 7. | Monitoring během sanace | 67 |
| 8. | Příloha - oponentní posudky | 69 |
| 9. | Osvědčení MD | 75 |

1. Všeobecné kapitoly metodické příručky

1.1 Cíle (I)

Předkládaný textový materiál není předpisem, normou, ani technologickým postupem. Klade si za cíl informovat a přesvědčit zejména zástupce investorů, projektantů, ale také zhotovitelů firem o nutnosti řešit sanace tunelů vždy jako komplexní problém s mnoha návaznostmi na jiné objekty a činnosti.

Jedním z dalších cílů metodické příručky je shrnutí obecných požadavků na přípravu (včetně průzkumu a zkušebních metod), na návrh a realizaci sanací podzemních staveb.

Bude sloužit pro usnadnění a unifikaci návrhu sanace a tvořit odborný a komplexní podklad pro investory, správce, uživatele, projektanty nebo zhotovitele.

1.2 Vlastní popis metodiky (II)

Podrobný popis metodiky včetně fotodokumentace z realizovaných i nerealizovaných staveb je uveden v kapitole 2 a násl.

1.3 Rekognoskace současného stavu (III)

Dosud se do údržby a oprav tunelových staveb příliš mnoho prostředků neinvestovalo, případně se investovalo nepříliš efektivně a spíše v lokálním rozsahu. Tyto práce byly dále většinou navrhovány a prováděny bez širších znalostí problematiky sanací. Průzkumy a příprava se řešila okrajově, případně se neprováděla vůbec. Ani u železničních ani u silničních tunelů dosud neexistuje předpis, norma nebo jiný podobný dokument, který by sanace tunelů řešil odborně a komplexně, a to nejen pro fázi samotné realizace sanace, ale také pro návrh a provádění průzkumů, případně usnadnil projektové práce a supervize (dozor) na stavbě při realizaci.

V současné době lze pro ověřování aktuálního stavu stavebních konstrukcí, jejich hodnocení a návrh sanace použít řadu nesourodých předpisů, například :

- Zákon č. 183/2006 Sb. (stavební zákon);
- Vyhláška č. 137/1998 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu v platném znění (změna 502/2006 Sb.);
- ČSN ISO 13822 - Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí;
- příslušné EN a ČSN pro podzemní stavby (73 75xx), pro betonové konstrukce (73 12xx), pro izolace staveb (73 06xx);
- Předpis SŽDC S6 Správa tunelů (železniční tunely);
- TKP staveb státních drah;
- TKP pro stavby pozemních komunikací;
- další normy, předpisy, vyhlášky, směrnice, apod.

Výše uvedené předpisy se však buďto navzájem překrývají, nebo nejsou některé oblasti problému pokryty vůbec. V některých technických aspektech si dokonce navzájem odporují. Žádný z nich neřeší problematiku řešenou předkládaným projektem komplexně.

Zájem na bezchybném a ekonomicky přijatelném fungování dopravní cesty (železnice, silnice, dálnice) je v pravém slova smyslu celospolečenský. Velmi významným je i ten faktor, že dopravní tunely a převážná většina ostatních liniových staveb jsou majetkem státu, měst, obcí a státních či městských institucí.

Závěr:

V současné době není pro oblast sanací tunelů a podzemních liniových děl žádný ucelený předpis nebo jiný obecně platný dokument, srovnatelný s předkládaným.

1.4 Uplatnění (IV)

Metodická příručka shrnuje obecné požadavky na přípravu (včetně průzkumu a zkušebních metod), návrh a realizaci sanací podzemních staveb. Bude sloužit pro usnadnění a unifikaci přípravy a technického návrhu sanace, tj. přípravy, průzkumů a projektu. Tvoří odborný a komplexní podklad pro investory, správce, uživatele, projektanty nebo zhotovitele, který by měl zajistit kvalitní a srovnatelné provádění sanačních prací různými zhotoviteli.

1.5 Ekonomické aspekty (V)

Exaktně vyjádřit ekonomickou rentabilitu po zavedení metodiky do praxe nelze.

Náklady na zavedení postupů, uvedených v metodické příručce lze specifikovat pouze věcně :

- distribuce metodické příručky v tištěné podobě (lze uvažovat pouze v omezeném měřítku), předpokládá se zveřejnění a zpřístupnění metodické příručky na webových stránkách, kde bude tento text volně nebo za úplaty ke stažení,
- personální náklady na čas strávený budoucími uživateli příručky při jejím studování, pořizování výpisků apod.

Ekonomický přínos pro uživatele lze obdobně definovat pouze věcně :

- případný výnos z prodeje tištěné nebo elektronické verze,
- eliminace chyb a nedostatků při vypisování výběrových řízení na sanace, které vedou obvykle ke vzniku víceprací a vícenákladů pro zadavatele,
- eliminace vícenákladů projektanta a zhotovitele při oceňování projekčních i stavebních prací (při akceptaci zásad uvedených v metodice by se „nemělo na nic zapomenout“),
- zvýšení úrovně vědomostí vlastníků a správců podzemních liniových staveb a tím i možnost reálnějšího plánování finančních prostředků na sanace a opravy.

1.6 Seznam použité literatury (VI)

V následujícím seznamu publikací jsou veškeré dohledané dokumenty, zabývající se sanacemi tunelů a podzemních staveb.

Časopis TUNEL

KREJCAR, Milan. Současný stav a vývoj železničních tunelů v ČSFR. *TUNEL*. Praha: ČsTuK ITA/AITES, 1992, ročník 23, č. 1, s. 22-24. ÚVTEI 74 022.

LEBR, Pavel. Sanace a opravy podzemních staveb. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1994, ročník 25, č. 3, s. 27-31. ÚVTEI 74 022.

HOWARD, A. J. Údržba, opravy a rekonstrukce podzemních staveb. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1995, ročník 26, č. 1, s. 9-12. ÚVTEI 74 022.

SMIDA, Roman, GRAMBLIČKA, Michal. Údržba, opravy a rekonstrukce železničních tunelů. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1995, ročník 26, č. 1, s. 23-25. ÚVTEI 74 022.

KLINGENHAGE, Norbert. Sanace starých železničních tunelů za pomoci profilovaných drenážních fólií. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1995, ročník 26, č. 2, s. 4. ISSN 1211-0728.

PAZDERA, Ladislav. Těsnost tunelů podle vyhlášky 177/95 Sb. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1996, ročník 27, č. 1, s. 20-22. ISSN 1211-0728.

BARTÁK, Jiří. Sanace „Cizineckého vstupu“. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1996, ročník 27, č. 3, s. 2-7. ISSN 1211-0728.

POLÁK, Pavel. Dotěšňování skládaného ostění tunelů Metra. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1996, **ročník 27**, č. 4, s. 5-8. ISSN 1211-0728.

LEBR, Pavel. Sanace betonu v podzemí. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1997, **ročník 6**, č. 1, s. 12-17. ISSN 1211-0728.

STRAKA, Antonín, VOLOCH, Pavel. Rekonstrukce železničního tunelu Telgárt. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuK ITA/AITES, 1997, **ročník 6**, č. 4, s. 27-28. ISSN 1211-0728.

KOCHÁNEK, Miroslav, VOZARIK, Petr. Rekonstrukce provozovaných ražených stanic pražského Metra. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuA ITA/AITES, 1999, **ročník 8**, č. 3, s. 36-40. ISSN 1211-0728.

VOZARIK, Petr, CHAURA, Petr. Sanace průsaků do stanice trasy Metra IB - Florenc. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuA ITA/AITES, 2000, **ročník 9**, č. 1, s. 29-31. ISSN 1211-0728.

MATĚJČEK, Jiří. Moderní přístupy při prohlídkách tunelů. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuA ITA/AITES, 2008, **ročník 17**, č. 1, s. 26-28. ISSN 1211-0728.

HASÍK, Otakar, CHYBA, Miroslav. Rekonstrukce Jarovského železničního tunelu. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuA ITA/AITES, 2008, **ročník 17**, č. 2, s. 51-54. ISSN 1211-0728.

MATĚJČEK, Jiří. Zkušenosti s realizací sanací železničních tunelů. *TUNEL*. Praha: ČTuA a STuA ITA/AITES, 2009, **ročník 18**, č. 4, s. 10-15. ISSN 1211-0728.

KOSÍK, Lubomír, LACINA, Jaroslav. Projekt a realizace ostění Domašovského a Jívovského tunelu. *TUNEL*. Praha: ČTuA a STuA ITA/AITES, 2013, **ročník 22**, č. 3, s. 27-35. ISSN 1211-0728.

Sborníky konferencí a kongresů „Podzemní stavby“

STUDENKA, Josef. Rekonstrukce a sanace železničních tunelů. In *Podzemní stavby '83*. Praha. DT Praha, pobočka ČSVTS n. p. Metrostav, 1983. s. 34-36.

KOCHÁNEK, Miroslav. Rekonstrukce ražených stanic a eskalátorových tunelů na pražském Metru. In *Podzemní stavby PS '97*. Praha. ČTuK ITA/AITES, 1997. s. 270-274.

CIGLER, Zdeněk – JANÍČEK, Drahomír. Možnosti využití injektážních a kotvicích materiálů při sanacích a rekonstrukcích podzemních staveb. In *Podzemní stavby PS '97*. Praha. ČTuK ITA/AITES, 1997. s. 275-278.

KAZDA, Jiří. Tunnels of Czech Railways. Proceedings *International Conference Underground Construction Prague 2000*. Praha. ČTuK ITA/AITES, 2000. pp. 380-384.

ACKERMANN, Anton W. – HUNT, Christopher. Tunnel Inspection using Digital Technologies. Proceedings *International Conference Underground Construction Prague 2003*. Praha. ČTuK ITA/AITES, 2003. pp. 498-502

GRASSO, P. – PESCARA, F. – VALDEMARIN, F. – BECCARIA, G. Results of the Excavation Works in Upgrading the Frejus Railway Tunnel. Proceedings *33rd ITA-AITES Tunnel Congress, Prague 2007*. Taylor & Francis. 2007, pp 1879-1884.

SULIBHAVI, Govind R. – PARKS, William A. Advancet Methods for Tunnel Assessment. Proceedings *33rd ITA-AITES Tunnel Congress, Prague 2007*. Taylor & Francis. 2007, pp 1949-1954.

OMANOVIĆ, Z. „Lokve“ Tunnel Rehabilitation – Experiences and Applied Solutions. Proceedings *33rd ITA-AITES Tunnel Congress, Prague 2007*. Taylor & Francis. 2007, pp 1955-1958.

YAMAMOTO, T. – MATSUKAWA, S. Diagnosis and Repair of a Subway Tunnel 75 Years Old. Proceedings *33rd ITA-AITES Tunnel Congress, Prague 2007*. Taylor & Francis. 2007, pp 1969-1974.

MAKÁSEK, K. – SVOBODA, J. Reinstating of the Banskobystrický railway tunnel. Proceedings 11TH International Conference Underground Construction Prague 2010. Praha. ČTuA ITA/AITES, 2010. pp. 876-879.

Ostatní publikace

KREJČÍŘÍK, Mojmir – BAUEROVÁ, Alice – POLLAKOVÁ, Dagmar – HAVÍŘOVÁ, Václava. *Současné metody sanací a rekonstrukcí železničních tunelů. Informační studie*. 86 str. Ústav vývoje a racionalizace železničního stavebnictví. Brno. 1984.

KREJČÍŘÍK, Mojmir. *Rešerše č. 28/180 – „Sanace tunelů“*. Ústav vývoje a racionalizace železničního stavebnictví. Brno. 1980.

STREIT, Jiří. Údržba, sanace a rekonstrukce provozovaných železničních tunelů. I. část. 264 str. Alfa. Bratislava. 1972.

STREIT, Jiří. Údržba, sanace a rekonstrukce provozovaných železničních tunelů. II. část. 208 str. Alfa. Bratislava. 1973.

INSTANDSETZUNG von TUNNELN. SIA D 0159. 134 str. Zürich. 1999.

1.7 Publikační činnost autorů související s metodickou příručkou (VII)

- MATĚJÍČEK, Jiří. Moderní přístupy při prohlídkách tunelů. *TUNEL*. Praha: ČTuK a STuA ITA/AITES, 2008, **ročník 17**, č. 1, s. 26-28. ISSN 1211-0728.
- MATĚJÍČEK, Jiří. Zkušenosti s realizací sanací železničních tunelů. *TUNEL*. Praha: ČTuA a STuA ITA/AITES, 2009, **ročník 18**, č. 4, s. 10-15. ISSN 1211-0728.
- KOSÍK, Lubomír, LACINA, Jaroslav. Projekt a realizace ostění Domašovského a Jívovského tunelu. *TUNEL*. Praha: ČTuA a STuA ITA/AITES, 2013, **ročník 22**, č. 3, s. 27-35. ISSN 1211-0728.

Přednášková činnost autorů související s metodickou příručkou

- Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Alice Wetterová, Vodní dílo Morávka - sanace odvodňovací štoly, konference Zakládání staveb, Brno, 2014
- Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Alice Wetterová, trať Liberec – Harrachov, rekonstrukce Harrachovského tunelu, konference Železniční tunely a mosty, Praha, Olšanka, 2015

2. Problematika sanací tunelových staveb

2.1 Tunely a ostatní liniová podzemní díla

Silniční nebo dálniční tunely se až na výjimky vesměs budují až v posledních několika desetiletích, v době, kdy jsou na vysokém stupni vývoje jak stavební materiály, tak technologie pro jejich aplikaci. I přes to existují silniční tunely, které vyžadují sanaci již dnes, tedy prakticky v první polovině své plánované životnosti.

Železniční tunely se budovaly již od poloviny 19. století a v té době byly možnosti stavitelů v porovnání s dneškem velice omezené, prakticky neexistovaly zejména materiály pro kvalitní a účinné hydroizolace tunelů.

Stavby tunelového typu, které slouží většinou pro vedení inženýrských sítí (kolektory) nebo médií (vodovodní štoly, kanalizace, apod.), mají sice výrazně menší příčné rozměry než dopravní tunely, nicméně problémy a typy poškození těchto konstrukcí jsou podobné nebo stejné a rozměr těchto staveb naopak způsobuje komplikace při realizaci sanačních prací. Také v těchto podzemních stavbách je nutné řešit údržbu, opravy a sanace, často vyvolané pokládkou nových inženýrských sítí nebo haváriemi. Specifikem sanace těchto staveb je obvykle nemožnost kompletního odstranění vystrojení nebo delších odstavků (vodovodní přívaděče u velkých měst). Sanace je pak potřeba řešit v krátkých intervalech, za provozu, ze špatně přístupných míst, apod.

S tím, jak se postupně vyčerpává fyzická životnost tunelů (obecně podzemních liniových staveb), se současně výrazně zhoršuje i jejich stavebně - technický stav. K bezpečnému a bezproblémovému provozu je nutné nejen provádět běžnou údržbu tunelů, ale také jejich opravy a rekonstrukce včas a v dostatečném rozsahu, tak aby byla zvýšená jejich spolehlivost, životnost a trvanlivost. Podcenění aktuálního stavebně - technického stavu tunelů má za následek jejich rychlejší chátrání, které může v krajním případě vést až k vážným poruchám nebo dokonce k haváriím. Totéž je způsobeno také vyčerpáním životnosti konstrukce. Odklad sanačních zásahů vede rovněž k nadměrnému a zbytečnému navyšování následných nákladů na nezbytnou rekonstrukci.

Principy a zásady, které jsou uvedeny v dalších částech tohoto dokumentu, platí prakticky pro jakékoliv tunelu podobné podzemní dílo a v některých případech jsou aplikovatelné i na jiné inženýrské nebo dokonce pozemní stavby. Klasickým příkladem je sanace betonových nebo kamenných konstrukcí. Pro zjednodušení budeme nadále používat pojem tunel.

Vzhledem k rostoucímu zájmu státní správy investovat nemalé prostředky do infrastruktury (výstavba dálnic, koridorů, apod.) nastává čas i pro sanace starších provozovaných tunelů, které jsou stále ještě výrazně levnější než budování tunelů nových.

Základním vstupem pro projektové práce je jejich vlastní zadání ze strany investora a správce tunelu. Ne vždy má totiž objednatel přesnou představu, co všechno chce vlastně sanovat a tím pádem i co má být obsahem projektu. Proto by měl být projektant, který má zkušenosti s přípravou a s projektováním sanací, přizván k řešení opravy daného tunelu již v předstihu před zadáním projektu na sanaci.

2.2 Požadavky správce na podzemní stavbu - tunel

Tunel je definován jako liniové podzemní dílo o ploše příčného řezu větší než 16 m². Ačkoliv problémy s poškozením ostění se vyskytují i v dílech menších profilů (štoly, šachty, kolektory) a řešení problémů je v zásadě stejné, budeme se v tomto textu dále zabývat jen dopravními tunely, kde jsou požadavky na technický stav tunelu a jeho provozuschopnost nejpřísnější.

Tunel je vždy součástí navazující liniové, většinou dopravní stavby. Převážně jde o silnice, dálnice, železnice, méně již o cyklostezky, chodníky, ale může sloužit také pro převedení vodního toku či v případě povodní pro převedení záplavové vody (tzv. inundační tunel).

Každý tunel je svým způsobem originální a specifický a je nutno k němu přistupovat vždy individuálně a komplexně.

Základním parametrem každého tunelu je jeho přepravní kapacita, daná již při výstavbě směrovým

a výškovým řešením tunelu a jeho světlým průjezdným profilem. Již samotná existence tunelu na jakékoli dopravní trase představuje ve většině případů jisté omezení přepravní kapacity (většinou omezený světlý profil ve srovnání s normovým průjezdným profilem na širé trati nebo na pozemní komunikaci). Další dodatečná omezení přepravní kapacity tunelu vznikají postupem času současně se zhoršováním jeho stavebně technického stavu.

Záleží vždy jen a jen na rozhodnutí správce tunelu, jaké technické parametry tunelu jsou pro stávající nebo předpokládanou dopravu postačující a jaké riziko havárie či přerušení provozu v důsledku neodpovídajícího technického a provozního stavu tunelu je pro něj akceptovatelné.

Z hlediska poruch a negativně působících vlivů na stavebně technický stav tunelu a provozu v něm je nutné posuzovat zejména následující problémy.

2.3 Obvyklé poruchy tunelů vedoucí k nutnosti sanace

Nejvýznamnější typy poškození, se kterými je možné se v tunelech nejčastěji setkat a které si vyžadují nutnost provést průzkumné práce, projekt sanace a posléze sanaci samotnou, jsou následující:

- statické narušení obezdívky (havárie, aktivní trhliny v materiálu ostění),
- průsaky podzemní nebo srážkové vody z rubu na líc ostění, které navíc v zimním období způsobují vznik ledopádů a rampouchů ohrožujících provoz v tunelu,
- výluhy - důsledek vyluhujícího účinku prosakující vody,
- velké dutiny a kaverny za ostěním - v kombinaci s geologickými poruchami a přítoky podzemní vody jsou zdrojem velkých problémů - pokud voda nemá kam odtéct, dochází k zavodnění a v zimním období k zamrznutí těchto kaveren a zvýšení zatížení ostění tunelu,
- degradace materiálů ostění způsobené různými vlivy (klimatickými, provozem, atd.),
- koroze odhalené výztuže,
- koroze kovových částí vstrojení tunelu,
- nefunkční odvodňovací zařízení v rubu ostění nebo v kolejovém loži,
- koroze částí železničního svršku v tunelech, významné poruchy vozovek v tunelech silničních.

V následujících odstavcích jsou popsány nejobvyklejší poruchy tunelů a doporučení pro jejich správce při prvotním rozhodování a úvahách o sanaci.

2.3.1 Prosakující voda

Jde o nejvíce rozšířený a nejčastější typ poškození v tunelech. Průsaky vody přes ostění vlastnímu tunelu v podstatě neškodí a parametry tunelu nezhoršují. Mnohem horší jsou důsledky průsaku vod.

V zimním období jsou to především:

- rampouchy v klenbě ohrožující bezpečnost dopravy,
- zmenšování světlého profilu (tzv. ledopády v opěrách),
- zalednění koleje nebo vozovky - výrazně zvyšuje riziko vykolejení nebo havárie vozidla,
- rozpínání ledu způsobující narušení vozovky nebo železničního svršku a snižující přepravní výkony,
- rozpínání ledu ve spárách, pórech nebo dutinách v ostění způsobuje narušení obezdívky a tím i statiky tunelu.

V letním období způsobuje průsak vody:

- škody na obezdívce v případě agresivity vody na beton nebo na ocelové konstrukce,
- korozi ocelových prvků technologického vybavení tunelu,
- nebezpečí z hlediska možného úrazu elektrickým proudem v případě elektrifikované železniční trati.

Požadavky na „suchost“ tunelu (jaký průsak či zavodnění tunelu jsou ještě přijatelné) jsou vždy předmětem širokých diskuzí. Tento požadavek na „povolené průsaky“ bývá obvykle definován v národních

technických a kvalitativních předpisech. Běžně jsou udávány hodnoty povolených měrných průsaků pro tzv. třídy vodotěsnosti v litrech za den na metr čtvereční na určité délce tunelu. Tento způsob hodnocení a posuzování průsaků však může vést k nereálným extrémům na obě strany. Třídy vodotěsnosti jsou potom obvykle doplněny ještě slovním popisem vzhledu líce ostění či slovním popisem druhu průsaku. Uvedená kritéria jsou však v praxi obtížně jednoznačně vyhodnotitelná a proto by měl správce tunelu sám rozhodnout o tom, co je pro konkrétní tunel a požadovaný provoz v něm ještě přijatelné (nevyžaduje sanaci), a co je nutné odstranit (vyžaduje sanaci).

Ve všech případech je nutné vždy posoudit, zda průsakem vody nedochází k degradaci ostění vlivem agresivity vody nebo zda není v tunelu přílišná vlhkost vzduchu, která poškozuje stávající technologická zařízení nebo ocelové konstrukce.

Doporučení

Pro řešení průsaků a s nimi spojené rozhodování investora o případné sanaci lze doporučit následující:

a) Vlhké skvrny viditelné na ostění - voda nekape a nestéká po povrchu ostění

V drtivé většině případů takovýto průsak provozování tunelu **nevadí** ani v klenbě, ani v opěří.

b) Vlhké skvrny viditelné na ostění, drobné ojedinělé úkapy

Zde je nutné posoudit zejména místo výskytu průsaku.

V klenbě je i takový průsak většinou nepřijatelný - možnost vytváření rampouchů, kapající voda na trolejové vedení může ohrožovat bezpečnost, na kolejnici či na vozovce může docházet ke vzniku ledových plošek, které zvyšují riziko havárie.

V opěří tunelu (zde nedochází k úkapům, ale ke stékání kapek po povrchu) nemusí tento průsak provozování tunelu vadit a není nutno se jím **akutně** zabývat.

c) Viditelně zamokřená lesklá místa, úkapy, stékání po povrchu

V drtivé většině případů takový průsak vody ohrožuje bezpečnost provozování tunelu a je nutné jej akutně sanovat - zamezit průsakům, nebo je eliminovat na přijatelnou mez, svést prosakující vodu do odvodňovacího systému tunelu, apod. Zde je vhodné, aby správce tunelu stanovil priority pro sanace průsaků. Doporučuje se postupovat vždy od klenby směrem k opěřím. Obvykle lze ještě „tolerovat“ tekoucí vodu na povrchu ostění v samotných patách opěří, pokud je bezprostředně jímána odvodňovacím systémem tunelu a nezpůsobuje zalednění koleje nebo vozovky.

d) Tekoucí voda z ostění - pramínky, tryskající voda

Není rozhodující, zda jde o tlakovou či volně tekoucí vodu a jestli teče proudem z klenby či z opěří. Tento stav lze většinou označit rovnou za havarijní a neslučitelný s normálním bezpečným provozem a je potřebné přistoupit co nejrychleji k sanaci.

2.3.2 Degradace ostění

K postupné degradaci ostění dochází v průběhu životnosti tunelu vždy, a to vlivem atmosférické koroze, karbonatce, působení mrazu, agresivních látek z parních nebo dieselových lokomotiv, solanky apod. Podrobněji jsou druhy degradace popsány v části 3 tohoto textu.

Doporučení

Vizuálně lze posoudit dosah degradace ostění velmi omezeně a prakticky vždy nedostatečně. Bez provedení odpovídajícího průzkumu stavu a kvality obzdivky metodami popsány v části 2 není možné objektivně a zejména správně rozhodnout o nutnosti sanace, nebo ji naopak odmítnout či odsunout na pozdější dobu.

Rozhodování o dalším provozu v tunelu, respektive o zahájení či nezahájení přípravných prací pro sanaci **bez průzkumu**, je pro správce tunelu vysoce riziková záležitost. Z popsanych metod a způsobů průzkumu ostění (viz kapitola 2) lze volit z počátku ty nejlevnější a nejrychlejší pro orientační zjištění stavu a degradace ostění. Teprve následně pak podle potřeby a vyhodnocení prvotních průzkumů se doporučuje nasadit průzkumné metody důkladnější a pochopitelně nákladnější.

2.3.3 Nedostatečný světlý profil tunelu

Je jedním z nejčastějších nedostatků starších tunelů, zejména drážních. V době výstavby těchto tunelů se po komunikacích a tratích pohybovaly jiné, menší, typy vozidel, platily tedy jiné průjezdné profily a normy pro šířku komunikací, respektive pro osové vzdálenosti kolejí. Návrhové rychlosti byly nižší - menší poloměry směrových oblouků, tratě nebyly elektrifikovány, atd.

V průběhu provozu tunelu může docházet navíc k dodatečnému zmenšování průjezdného profilu, a to z následujících příčin :

- zaledňování (dočasně, pouze v zimním období),
- deformace ostění,
- provedenými úpravami železničního svršku nebo vozovky (může jít o úpravy nevyhnutelné z důvodů navazujících úseků nebo i nevhodně provedené, kdy nebyl zohledněn potřebný průjezdný profil),
- dříve provedenými sanačními zásahy.

Doporučení

Nedostatečný světlý profil tunelu může, ale nemusí, být důvodem k okamžité (akutní) sanaci. Z dlouhodobějšího hlediska je rozhodně potřebné připravit vše pro opravu a odstranění uvedeného stavu, zejména pokud dlouhodobě nevyhovuje legislativně předepsaný minimální světlý tunelový průřez pro daný typ komunikace.

Je nutný individuální přístup a posouzení aktuálního stavu tunelu s požadavky na přepravní kapacitu navazujících úseků komunikace nebo trati.

2.3.4 Zhoršující se parametry koleje nebo vozovky

Během provozu dochází logicky k opotřebování všech součástí tunelu a pravidelná údržba s relativně malými náklady je vždy výhodnější než jednou za čas prováděné velké opravy až ve stádiu havarijního nebo těsně předhavarijního stavu.

Nevyhovující parametry vozovky nebo koleje znamenají vždy snížení rychlosti dopravy a tím i propustnosti celé trasy. Bohužel se jedná ve většině případů, kdy správce tunelů uvažuje o sanaci, o zanedbanou nebo vůbec neprováděnou údržbu.

Obdobným důvodem vedoucím k rozhodování správce o provedení opravy tunelu může být i požadavek dopravců na zvýšení návrhové rychlosti nebo zvětšení průjezdného profilu na celém úseku komunikace nebo železniční trati. Tento požadavek může být důvodem ke komplexní rekonstrukci tunelu (nebo k výrazným stavebním úpravám) i bez ohledu na jeho stavebně technický stav a případné poruchy.

Doporučení

Lze řešit pouze individuálním posouzením potřebné kapacity dotčené komunikace nebo trati a „propustnosti“ tunelu. Tyto opravy obvykle vyžadují velké investice, a tedy i rozsáhlejší a komplexnější přípravu a projektovou dokumentaci.

2.3.5 Nevyhovující technologické vybavení

V posledním desetiletí výrazně stoupají po celém světě požadavky na bezpečnost provozu. To se projevuje velmi výrazně v nové legislativě v oborech bezpečnosti dopravy, požární ochrany, bezpečnostních stavebních úprav apod. Těmto novým a přísným legislativním požadavkům nemohou logicky stará tunelová díla ve většině případů vyhovět.

Doporučení

V tomto případě jde nejdříve o stanovení míry bezpečnosti a posouzení rizik dalšího provozu v tunelu. Běžně používané nástroje jsou :

- riziková analýza,
- posouzení požárního nebezpečí,
- operativně taktická studie pro zásah jednotek IZS (Integrovaný záchranný systém),

-
- případné projednání a schválení výjimky z nově požadovaných technologických a bezpečnostních úprav pro konkrétní tunel, apod.

Úvahy správce tunelu o sanaci či opravě jsou až následným krokem po vyhodnocení výše uvedených dokumentů příslušným správním orgánem.

2.4 Doporučené průzkumy na základě typu a rozsahu poškození

V kapitole 3 této metodické příručky je uveden přehled standardně používaných postupů a průzkumných metod. V tomto odstavci uvádějí autoři doporučení, jak a kdy efektivně využít dostupné metody, respektive jaké průzkumné práce navrhnout investorovi v rámci přípravy na sanaci konkrétního tunelu.

Velmi často se požadavky na potřebné průzkumy a získání dostatečných podkladů pro projektové práce bagatelizují a investor se zdráhá na ně vynaložit příslušné finanční prostředky. Ve většině případů se jedná o finanční náklady ve výši cca 2-5% z budoucích nákladů na sanaci. Finanční riziko zvýšených nákladů v průběhu vlastní sanace je při nedostatečných podkladech pro projekt velmi vysoké. Následné vícenásobné náklady z toho vyplývající obvykle mnohonásobně překročí prostředky „uspořené“ na přípravné a projektové práce.

V následujících odstavcích jsou definovány potřebné podklady pro obvyklé typy poruch a druhy sanací na základě konkrétních zkušeností z již sanovaných tunelů.

2.4.1 Akutní opravy

Akutními opravami se myslí řešení obvykle menších lokálních poškození, která omezují nebo ohrožují bezpečný provoz v tunelu. Tyto opravy obvykle trvají řádově hodiny až dny a probíhají např. v nočních výlukách, respektive s minimálním možným omezením provozu. Nejčastější poškození tunelu jsou následující:

- kapající nebo tekoucí voda, plošné zamokření,
- vypadané (vydrolené) spárování - v důsledku zvětvování a degradace vlastního materiálu spárování dochází k jeho vypadávání a tedy k rozevírání ložných a styčných spár v obezdívce, může dojít k uvolňování a vypadávání jednotlivých zdících kamenů,
- deformace obezdívky jako následek výše uvedených příčin.

Méně časté jsou akutní opravy většího rozsahu, kdy dojde k havarijní události jako je zborcení části klenby nebo ke svahovým sesuvům u portálů. Tyto opravy vyžadují úplnou uzavírku tunelu a trvají řádově dny až týdny. Mohou nastat následující problémy:

- havarijní stav obezdívky - vypadané spárování ve větších plochách, silně zdegradovaný materiál ostění, trhlinami poškozené ostění - dochází ke zborcení obezdívky,
- sesuvy svahů v předzářezích u portálů - může dojít k zavalení nebo dokonce ke zborcení zárubních zdí a k zavalení prostor před tunelem,
- v tunelech s instalovanou technologií (trakční vedení, osvětlení, větrání) může docházet například ke korozi kovových částí nebo k uvolnění přikotvení těchto zařízení do obezdívky a tím k odpadávání částí zařízení.

Průzkumy pro projekt akutních oprav lokálního charakteru

Pro akutní lokální opravy, které je obvykle nutné řešit rychle a s omezeným objemem finančních prostředků, není snadné vybrat jen část ze základních průzkumných metod. Kromě studia archivních podkladů nebo existující dokumentace k tunelu, kterou je nutné nastudovat vždy a za všech okolností, je možné omezit průzkumné práce na následující:

- předběžná prohlídka tunelu za účasti investora, respektive provozovatele tunelu,
- fotodokumentace,
- odběr vody pro laboratorní rozbor, pokud není k dispozici rozbor mladší než 10 let - určení agresivity prosakující vody na materiály ostění,

-
- orientační stavebně technický stav ostění - nedestruktivní metody, odběr vzorků pojiva zděné obezdívky, odběr a prozkoumání kusů odloupané obezdívky, posouzení karbonatace povrchu betonu na místě apod.
 - průzkumné vrty přes ostění - postačují vrty průměru do 50 mm pro určení skladby obezdívky a prostoru za ní.

2.4.2 Velké opravy

Velké opravy obvykle řeší problémy, které nejsou akutní (není nutné je řešit ihned), ale které mohou z dlouhodobějšího hlediska také ohrožovat bezpečný provoz v tunelu. Vzhledem k rozsahu se obvykle plánují na několik let.

Nejčastěji se vyskytují následující typy poškození :

- plošná zavlhlost,
- plošná degradace materiálu ostění,
- výluhy - důsledek vyluhujícího účinku prosakující vody, přispívají k plošné degradaci materiálu ostění,
- navětralé nebo zvětralé spárování,
- trhliny v materiálu ostění,
- nefunkční odvodnění v rubu obezdívky - jedna z příčin průsaků vody do tunelu, dříve se tunely budovaly s plošným drenážním systémem za rubem ostění, případně se složitě budovaly odvodňovací šachty a štoly v blízkosti tunelové trouby; drenáže nebo jiná odvodňovací zařízení jsou ucpané vyplavenými jemnozrnnými zeminami z horninového prostředí kolem tunelu, samy o sobě jsou poškozené nebo zdegradované, zkorodované, apod.
- nefunkční odvodnění pod komunikací - u silničních tunelů zanesení štěrbínových žlabů a kanalizace, u drážních tunelů zanesení odvodňovacích žlabů nebo příkopů a následné zavodnění kolejového lože.

Průzkumy pro projekt velkých oprav

Kromě průzkumů uvedených v odstavci 1.4.1. je vhodné provést ještě následující dodatečné průzkumné práce :

- zaměření geometrie tunelu - analýza průjezdnosti - u kratších tunelů (délka cca do 300 m) je možné využít jednodušší a méně přesné metody jako je fotogrammetrie nebo zaměření profilerem, jejichž výstupem jsou data v digitální podobě. Pro zaměření delších tunelů (nad 300 m) je již vhodnější využít zaměření rotačním scannerem s pojezdem,
- pasportizace ostění - podrobná dokumentace rozsahu poškození. Výhoda digitálního zpracování je v možnosti využít získaná data přímo pro projekt a soupis prací,
- podrobný stavebně technický průzkum - jádrové vrty $\varnothing 50$ mm přes ostění (průzkum prostor za ostěním), doplněné případně geofyzikálním měřením, jádrové vrty $\varnothing 100$ mm do ostění a odběr vzorků pro laboratorní zkoušky,
- měření trhlin a jejich sledování minimálně po dobu jednoho roku,
- kopané sondy do kolejového lože v drážních tunelech - ověření skladby a minimální tloušťky šterkového lože,
- kopané sondy nebo jádrové vrty pro ověření skladby vozovky v tunelu a stavu a únosnosti pláň,
- průzkum odvodňovacích zařízení.

2.4.3 Komplexní rekonstrukce

Komplexní rekonstrukce řeší nejen tunelovou troubu jako takovou, ale také návazné objekty jako komunikaci v tunelu (vozovka nebo kolej včetně podkladních vrstev). Nejčastěji se vyskytují následující typy poškození :

- havarijný stav obezdívky na větší části tunelu - nejde o lokální poškození, ale o úseky tunelu délky řádově desítky metrů,

- zavodnění tunelu (viz zaplavení pražského metra při záplavách v srpnu 2002) - trvalé poškození technologií v tunelu, významné ohrožení konstrukce tunelu a přilehlých objektů,
- v tunelech s vestavěnou technologií se obvykle jedná o částečnou nebo kompletní výměnu instalovaných zařízení.
- nedostatečný světlý profil.

Zejména u železničních tunelů je často součástí rekonstrukce tunelu i rekonstrukce kolejí, zdůvodněná následujícími problémy:

- zkorodované kolejnice nebo upevňovací zařízení, zkorodované nebo shnilé pražce,
- nedostatečná tloušťka šterkového lože,
- málo únosné podloží pod kolejovým ložem (nadměrné svislé deformace koleje),
- změna parametrů železniční trati - zvýšení provozní rychlosti, úprava směrových nebo výškových poměrů - je nutné řešit novou polohu koleje vůči tunelu, respektive po posunu koleje může dojít ke kolizi normového průjezdného průřezu s ostěním tunelu.

Průzkumy pro projekt komplexní rekonstrukce

Pro komplexní rekonstrukci tunelu včetně vybavení a dotčené komunikace je nutný co nejširší komplex průzkumných prací. Kromě výše popsaných činností je nutné detailně zdokumentovat také stav veškerého technologického vybavení a komunikace v tunelu i mimo tunel. U silničních i drážních tunelů, je nutné řešit návaznosti směrových a výškových poměrů, odvodnění, atd. V mnoha případech je nutné řešit až několikakilometrový úsek komunikace kvůli tunelu délky řádově několik set metrů (například železniční trať je vedena v několika protisměrných obloucích menších poloměrech). Kromě průzkumů uvedených v odstavcích 1.4.1 a 1.4.2 je potřebné provést ještě následující:

- geodetické zaměření tunelu a komunikace v úseku, u kterého se předpokládá rekonstrukce nebo alespoň změny ve směrovém nebo výškovém vedení komunikace. Sloučením geodetického zaměření a skenování lze získat prostorový model, využitelný pro projekt sanace a návrh nové trasy komunikace. Při komplexních opravách pracuje obvykle na projektu více odborných firem specializovaných na stavební část tunelu, na technologické vybavení, na vozovky nebo na svršek,
- doplňující inženýrsko - geologický průzkum pro zjištění geologické skladby horniny v okolí tunelu, hydrogeologických podmínek, určení geotechnických vlastností hornin a zemin v těsné blízkosti tunelové trouby. Dalším účelem IG průzkumu může být posouzení míry stability svahů předzářezu, případně nadnásypu nad tunelovou troubou u přesypaných tunelů.

Podkladem pro extrémní případy (likvidace tunelu a náhrada zářezem nebo jiné trasování dopravní cesty s novým tunelem nebo bez tunelu) musí být vždy provedeno technicko-ekonomické posouzení variantních řešení - zachování a rekonstrukce nebo likvidace tunelu.

3. Obsah průzkumných a přípravných prací

Projekt sanace tunelu nelze provádět bez přípravných a průzkumných prací, jejichž výsledkem by měl být soubor dat, která poskytují projektantovi ucelenou informaci o stavebně technickém stavu tunelu. Rozsah a podrobnost průzkumů a následně projektu vždy záleží na požadavcích investora - správce tunelu. Investor by měl předem definovat, co od sanace tunelu očekává. Teprve na základě provedení průzkumů lze zpracovat první prognózy o rozsahu sanace a současně i první finanční odhady stavebních nákladů.

3.1 Přípravné práce

3.1.1 Studium historie tunelu

První krok projektanta před zahájením projekční práce by mělo být co nejpodrobnější seznámení se s danou stavbou. V České republice jsou i starší tunely poměrně dobře zdokumentovány a veškerá dokumentace je archivována. Bohužel v průběhu času docházelo v rámci restrukturalizace majetkoprávních vztahů ve státní správě ke stěhování archivů a části dokumentace jsou navždy ztraceny. Nicméně standardně je dostupná dokumentace z výstavby, popřípadě z dříve realizovaných sanací, průzkumů, ke každému tunelu je vedena tunelová kniha (kronika), jsou vedeny záznamy z pravidelných i mimořádných prohlídek.

Studiem archivních podkladů je možné získat poměrně solidní přehled o historii díla, o problémech, které provázely výstavbu a provoz tunelu. Alternativním, nicméně neocenitelným, zdrojem informací jsou pamětníci výstavby nebo dřívějších sanačních zásahů - dlouholetí zaměstnanci provozovatele tunelu.

3.1.2 Předběžná prohlídka tunelu

Druhým krokem je provedení předběžné prohlídky stavby za účasti investora nebo provozovatele tunelu, který má přehled o vývoji případných poškození v tunelu. Na základě této prohlídky a studia archivních podkladů obvykle projektant navrhne investorovi soubor průzkumných prací, které by měly být v daném tunelu provedeny jako podklad pro kvalitní projekt sanace.

Již při předběžné prohlídce je vhodné provést alespoň základní fotodokumentaci tunelu.

Ve většině tunelů se rozsah poškození mění v průběhu roku, v závislosti na vydatnosti srážek nebo tání sněhu a ledu a tím ke změnám v přítoku podzemní vody k tunelu. Tuto skutečnost je nutné brát v potaz již v počátku přípravných a projekčních prací. Existují tunely, kde se průsaky vody projevují pouze při vydatnějších srážkách nebo při jarním tání.

3.2 Průzkumné práce

Po prohlídce tunelu, nastudování archivních podkladů k danému tunelu a po dohodě s investorem mohou být navrženy následné průzkumné práce.

3.2.1 Analýza průjezdnosti tunelu

Analýza průjezdnosti tunelu je posouzení skutečného světlého profilu tunelu vůči platnému normovému průjezdnému průřezu podle kategorie komunikace, na níž tunel stojí, respektive podle významnosti dotčené železniční tratě. Existuje řada způsobů posouzení průjezdnosti - od pomalého projetí tunelu obrysnicí (kovová nebo dřevěná konstrukce připevněná na plošinový vůz) po zaměření tunelu laserovými přístroji (profilery, scannery, bezkontaktní dálkoměry - totální geodetické stanice). Moderní měřicí přístroje mohou být namontovány na vozík s ručním pohonem nebo přímo na drážní vozidlo a je tak umožněno kontinuální měření. Dnes používané rotační profilery nebo scannery umožňující zaměřit až několik stovek metrů tunelu za hodinu a které zvládnou s dostatečnou přesností několika milimetrů zaměřit i velký profil železničního dvoukolejného tunelu z jedné koleje (účinný dosah měřícího paprsku při běžně požadované přesnosti je až 25 m).

Výstupem z těchto měření mohou být příčné profily včetně vyhodnocení vztahu průjezdného (teoretického) a skutečného profilu, nebo tzv. mapy průjezdnosti - rozvinutý pohled na ostění s barevně

vyznačenými nevyhovujícími částmi tunelu. Pokud je poloha měřicího přístroje zaměřena geodeticky, lze vytvořit 3D model tunelu včetně komunikace či koleje v absolutních souřadnicích. Statické přístroje se zaměřují přímo během měření (totální stanice, teodolitem). Přístroje s pojezdem zaznamenávají polohu terčů osazených na ostění tunelu, které jsou geodeticky zaměřeny v předstihu.

Geometrická data získaná měřeními výše popsanými laserovými přístroji (zejména příčné profily) jsou zpracovatelná v běžně používaných softwarech jako je např. AutoCad nebo Microstation.



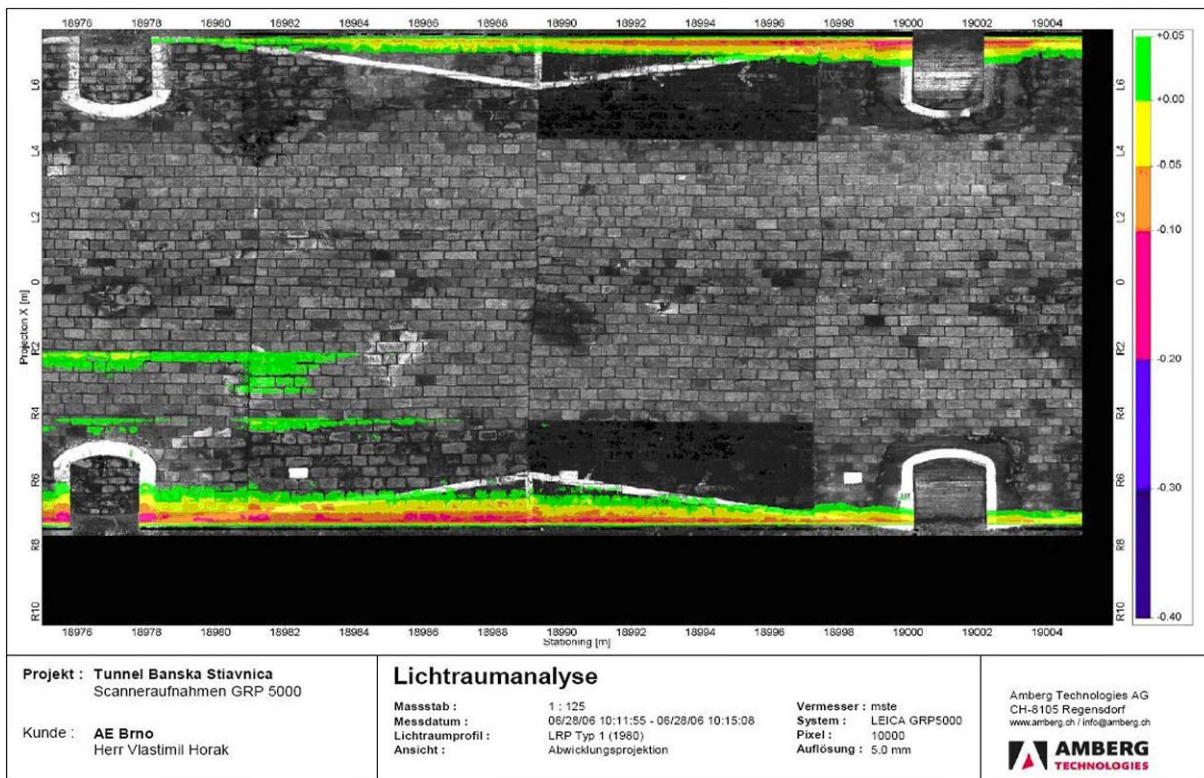
Obr. 3.1 Pracovní plošina s obrysnicí (SŽDC)



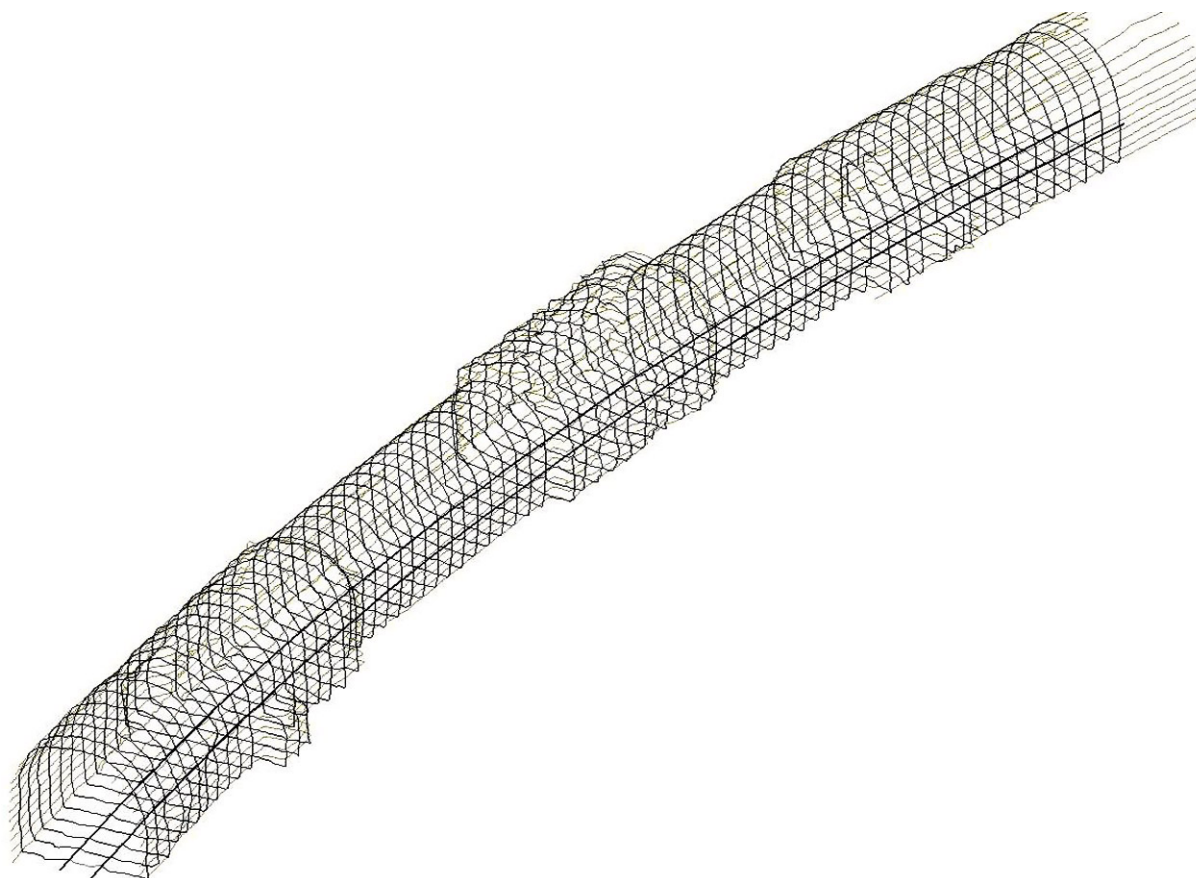
Obr. 3.2 Fotogrammetrie (SŽDC)



Obr. 3.3 Rotační 3D scanner s plynulým pojezdem (Amberg Technologies)



Obr. 3.4 Výstup ze skenování 3D scannerem (Amberg Technologies) - tzv. mapa průjezdnosti



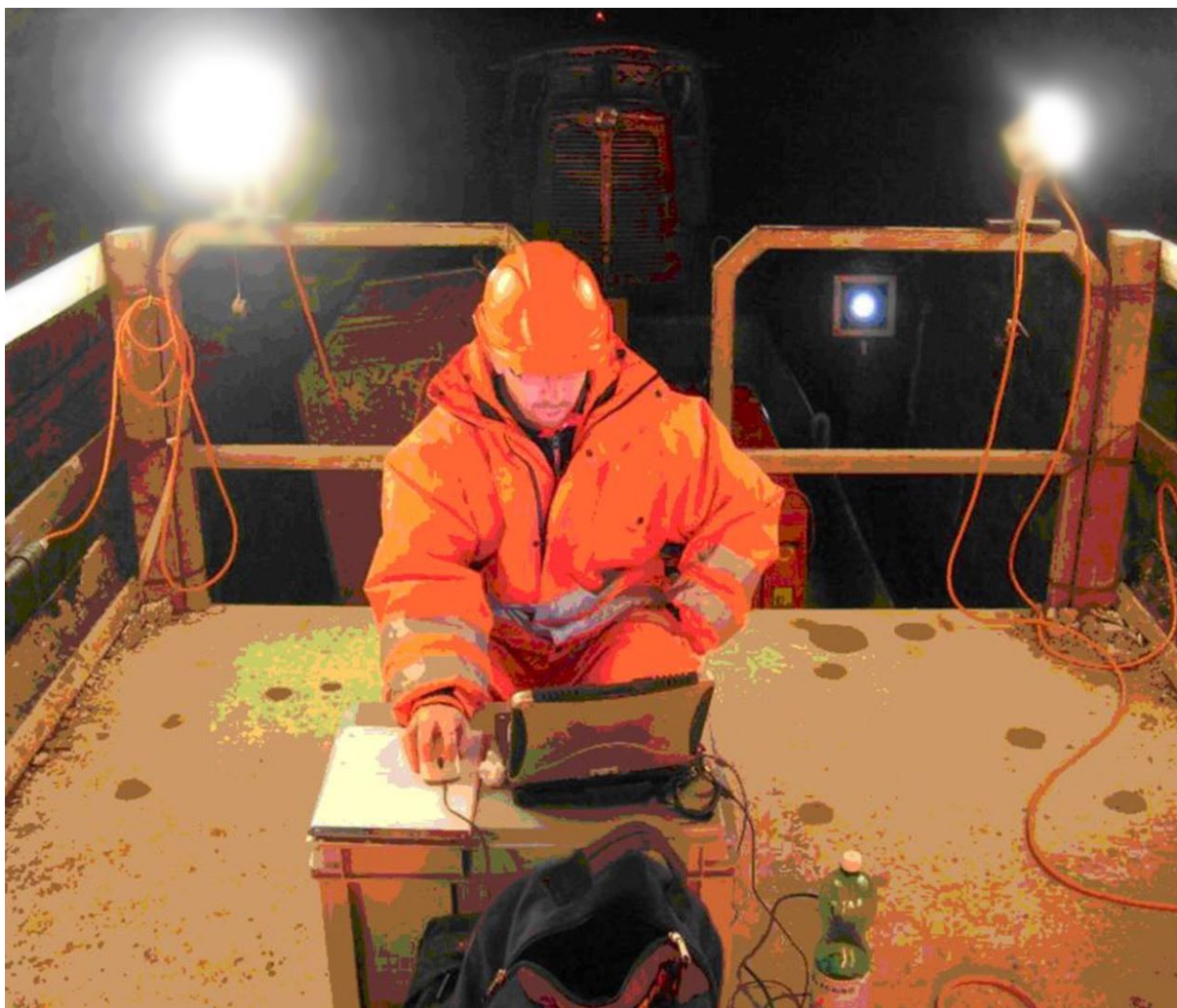
Obr. 3.5 3D model jako možný výstup ze skenování 3D scannerem

3.2.2 Pasportizace ostění

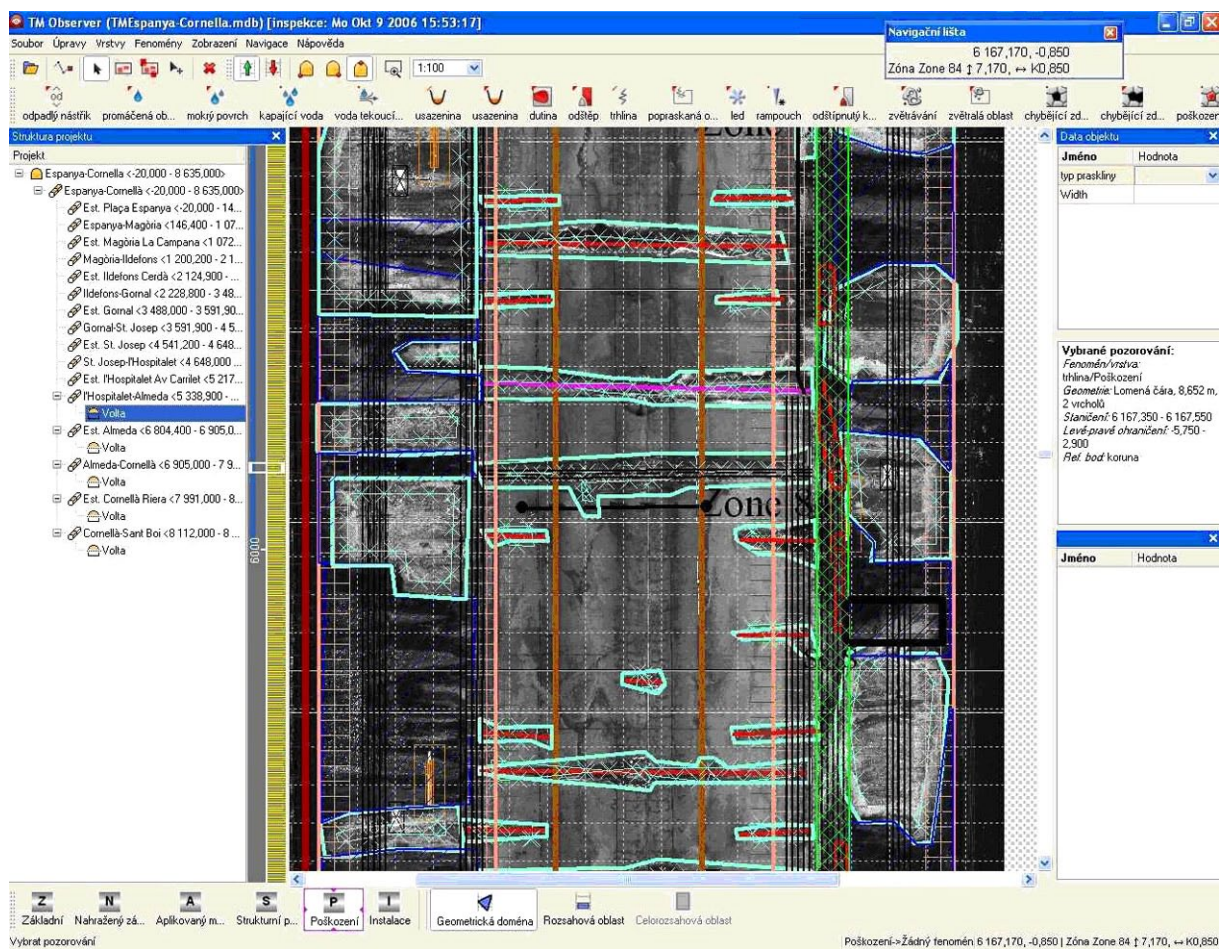
Pasportizace je podrobná dokumentace stavu tunelu, zejména viditelných poškození obezdívky (trhliny v ostění, vypadané spárování mezi kameny obezdívky, průsaky vody do tunelu, povrchová nebo hloubková degradace materiálu ostění, deformace ostění, atd.). Je mnoho způsobů, jak vyhotovit pasportizaci. Skupina firem Amberg Group používá s výhodou svůj vlastní software s názvem TunnelMap®, určený pro přímý digitální záznam z prohlídky. Daleko důležitější než způsob záznamu je ale interpretace zjištěných skutečností a analýza možných příčin poškození a samozřejmě zhodnocení nutnosti nebo naléhavosti sanace.

Autoři tohoto textu mají zkušenosti z pasportizací v České a Slovenské republice a ve Švýcarsku. Přístup investorů, respektive požadavky objednatelů pasportizace na její rozsah a podrobnosti, se liší, nicméně zásadní principy při podrobné pasportizaci ostění jsou si velmi podobné.

Je velmi výhodné provádět prohlídku tunelu z pracovní plošiny s posunem, aby bylo možné se dostat doslova na dosah k ostění v klenbě v celé délce tunelu. Maximální vzdálenost, ze které je pouhým okem dobře vidět poškození obezdívky, je cca 2 m. V silničních tunelech se obvykle používají nákladní automobily s vysokozdviznou plošinou. V drážních tunelech se používají drážní vozy určené buď přímo pro provádění prohlídek, nebo pro menší sanační práce. Také je potřeba mít k dispozici dobré osvětlení, nejlépe halogenovými reflektory (napájené elektrocentrálou nebo z jiného zdroje). Zajímavý je ten, že při zběžné prohlídce tunelu z úrovně komunikace nebo koleje může ostění vypadat v pořádku, zatímco při prohlídce zblízka z plošiny může být konstatován stav obezdívky jako havarijní.



Obr. 3.6 Pracoviště technika provádějícího pasportizaci programem TunnelMap



Obr. 3.7 Program TunnelMap s možností využívat data ze zaměření 3D scannerem

Pasportizace by měla být doplněna podrobnou fotodokumentací s pečlivým označením fotografií (místo, kde byly pořízeny, základní popis zobrazeného fenoménu, jevu).

Jedním ze způsobů, jak provést pasportizaci ostění, je využít data z 3D skenování, pokud bylo zaměření provedeno. Výstupem z tohoto měření je totiž rozvinutý pohled na ostění, s rozlišením 1-5 mm, který vypadá téměř jako černobílá fotografie (viz obrázek s mapou průjezdnosti). Na těchto skenech jsou dobře vidět plošná poškození jako průsaky vody, povrchová degradace apod. Tyto skeny se pak dají doplnit o detailnější záznam poškození, jako jsou například trhliny, a to ručně nebo s využitím softwaru jako je např. TunnelMap®.

3.2.3 Průzkum prostor za ostěním tunelu

Již z archivních podkladů lze často najít místa, kde došlo dříve k problémům při výstavbě nebo během provozu tunelu. Obvykle jde o lokální geologické poruchy, vodonosné zvodnělé vrstvy obklopené nepropustnou horninou, případně místa velkých nadvýlomů způsobených ražbou (zejména pokud byly použity trhací práce), apod.

Pro průzkum prostoru za ostěním lze použít buď destruktivní metody jako jsou „kopané“ sondy, jádrové nebo plnoprofilové vrty, nebo pokročilejší nedestruktivní metody jako je geofyzikální měření. Ty jsou vhodné k prozkoumání výše zmíněných dutin a kaveren za ostěním v tunelech, kde jsou jakékoliv vrtací nebo bourací práce riskantní, nebo není možné operativně zajistit dostatečně dlouhou výluku provozu.



Obr. 3.8 Kopaná sonda přes ostění

V některých případech se průzkum prostor za ostěním provádí až v průběhu výstavby, kdy projekt vychází z určitých předpokladů a podkladů a realita v tunelu je horší. Jako příklad lze uvést opravu Bohuslavického tunelu, kdy až při vrtání kotev bylo zjištěno značné rozvolnění horniny za rubem ostění. Musel být tedy změněn technologický postup sanace a způsob kotvení obezdívky. Vrtná souprava pro kotvy byla využita pro průzkumné vrty a technologie kotvení a postup prací byly operativně přizpůsobeny novým skutečnostem.

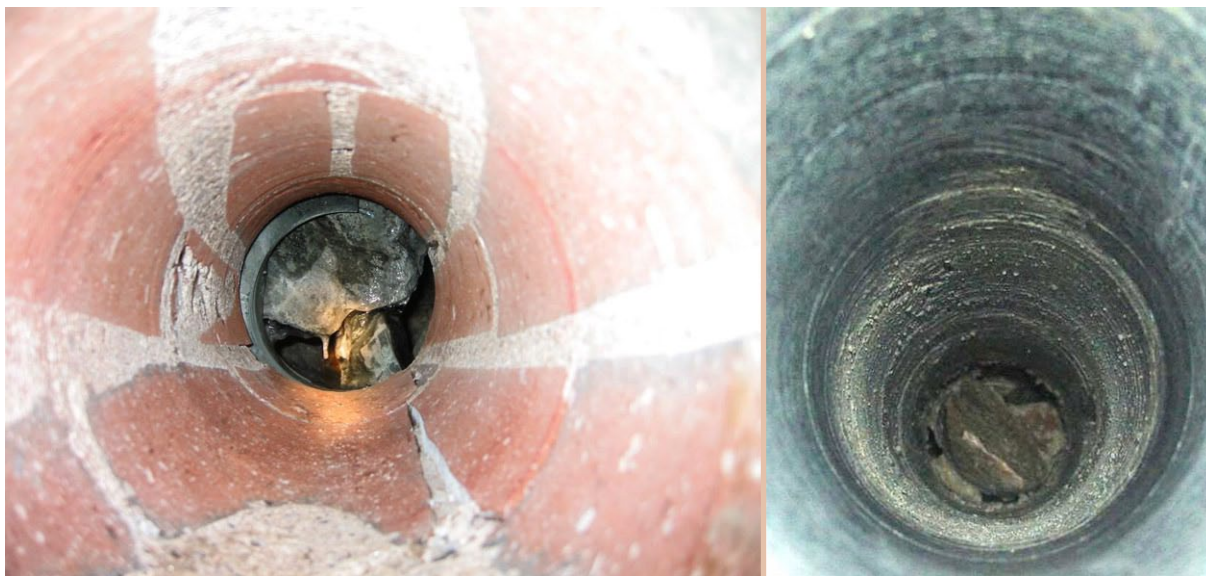
Průzkumný jádrový vrt přes celou tloušťku ostění umožňuje i pohled do prostor za ostěním, a to buď pouhým okem, nebo prostřednictvím endoskopu, průzkumných kamer, apod. Takovým způsobem lze také zjišťovat například stav odvodňovacích zařízení nebo jiných prostor za rubem obezdívky nebo pod komunikací, za normálních okolností nepřístupných.



Obr. 3.9 Bezjádrový průzkumný vrt

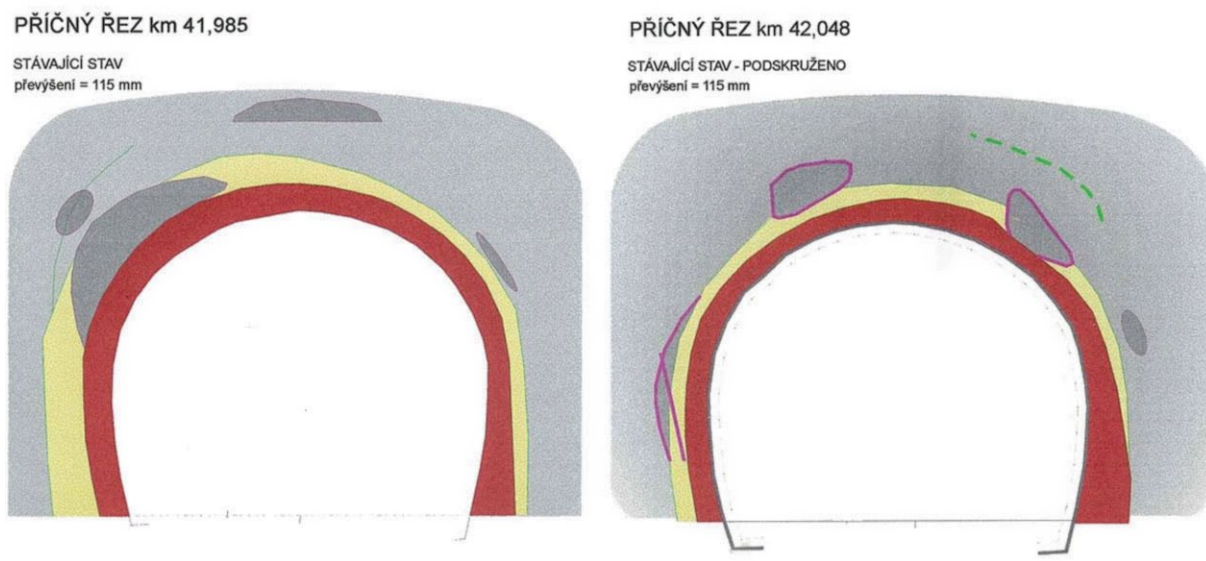


Obr. 3.10 Při vrtání lze podle odporu prostředí a podle výplachu zjistit stav materiálu za ostěním



Obr. 3.11 Jádrový vrt na celou tloušťku ostění (pohled za ostění)

Za určitých okolností je nutné využít i sofistikovanější průzkumné metody - geofyzikální měření. Tímto způsobem lze nedestruktivním způsobem například lokalizovat poruchy v ostění, zavodnění prostor za ostěním, volné prostory, apod. Vzhledem k vysoké ceně těchto prací a někdy i nepřesné interpretaci výstupů se příliš často nepoužívají, nicméně v některých případech je jejich využití vhodné, ne-li přímo nutné.



Obr. 3.12 Profily z geofyzikálního měření (georadar)

3.2.4 Stavebně technický stav ostění tunelu

Podle způsobu výstavby tunelu a podle materiálu ostění lze navrhovat různé typy průzkumů. Pro stanovení stavu a kvality materiálu ostění má největší vypovídající hodnotu klasický diagnostický průzkum, tedy zejména jádrové výtvy z ostění a jejich následný rozbor v laboratoři.



Obr. 3.13 Odběr jádrových vrtů z ostění tunelu

Pro analýzu odebraných jader se standardně využívají následující metody :

- stanovení pevnosti materiálu, modul pružnosti,
- zatřídění betonu do pevnostních tříd,
- chemický rozbor odebraných vzorků,
- rentgenová difrakční analýza (RTG analýza),
- diferenční chemická analýza (DTA analýza),
- stanovení pH ve výluhu.



Obr. 3.14 Vzorek z jádrových vrtů v laboratoři

3.2.5 Měření a sledování trhlin v ostění tunelu

Účelem samotného měření trhlin je určení jejich šířky, změn této šířky a velikosti vzájemných posunů části konstrukce po obou stranách trhliny.

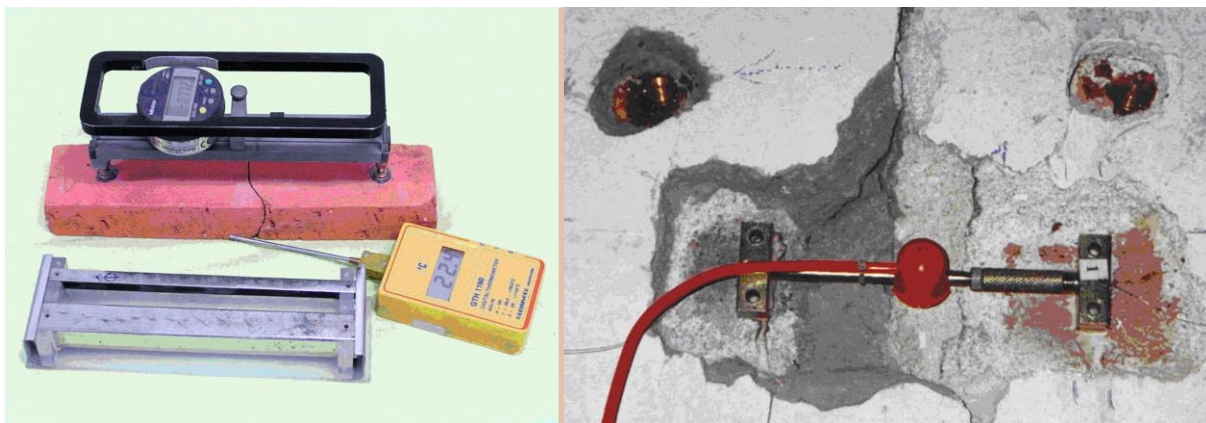
Určit příčiny vzniku trhlin je velice obtížné. Předběžně se podle směru, tvaru, šířky, vzájemné polohy a průběhu dá stanovit, zda se jedná o trhliny vzniklé při výstavbě tunelového ostění (např. smršťování nebo dotvarování betonu), nebo o trhliny způsobené vnějšími vlivy (dilatace v důsledku teplotních změn, statické porušení, atd.).

V některých případech, kdy je při prohlídce zjištěn špatný stav ostění, porušeného systémem trhlin, případně i jen několika výraznými trhlinami, se provádí v rámci diagnostického průzkumu rovněž měření šířky trhlin a následným sledováním i vývoj deformací v čase. Šířka a poloha trhlin se sleduje pomocí dvojic nebo trojic pevně osazených bodů kolem trhliny (měření mikrometrem, posuvným měřítkem apod.) Jednoduššími metodami jsou pak posuvné papírové pásky s milimetrovým čtením, sádrové terče a ruční měření prosté šířky trhliny apod. Opakovaná měření pak ukazují stav a charakter trhliny, tzn. zda jsou trhliny pasivní nebo aktivní.

Dlouhodobější sledování trhlin, respektive záznam jejich případné aktivity, se dá dělat i digitálně s automatickým odečítáním hodnot v požadovaných intervalech. Tyto metody se dají použít pouze v tunelech se zdrojem elektrické energie pro napájení přístrojů.



Obr. 3.15 Měření trhlin dilatometrem - vzájemný posun hřebů ve třech směrech



Obr. 3.16 Další způsoby měření trhlin - Hollanův deformometr, strunový tenzometr

Aby bylo měření na trhlinách plnohodnotné, je nutné ho provádět minimálně po dobu jednoho roku, aby byly postiženy všechny obvyklé klimatické podmínky. Doporučuje se přesah této doby cca 3 měsíce (tedy celkem minimálně 15 měsíců). Po této době lze statisticky vyhodnotit vliv měnících se klimatických podmínek, např. teploty ovzduší a teploty konstrukce.

Četnost měření je odlišná podle rozsahu a významnosti poškození a je na zvážení projektanta. Obvykle se sledování koncentruje na období velkých mrazů, jarního tání sněhu a ledu, kdy jsou znatelné větší přítoky vody, apod. Za minimálně dostačující se považuje kvartální měření, doporučuje se měřit každý měsíc. Pokud v tunelu probíhají stavební práce, popř. jiná činnost, která by mohla ovlivnit výsledky sledování trhlin, je nutné tyto faktory zohlednit.

Výsledkem měření je jednak velikost trvalého posunu v trhlině za sledované období (zpravidla 1 roku), a jednak velikost vratného posunu způsobeného ostatními vlivy, zejména teplotou. Výstupem měření musí být zhodnocení statické závažnosti sledovaných poruch.

3.2.6 Doplnující inženýrsko-geologický průzkum

Poměrně často je archivní dokumentace k danému tunelu neúplná, neobsahuje dříve prováděné průzkumy, nebo z ní nelze vyčíst údaje o horninovém prostředí kolem tunelu, resp. parametry provedených zásypů u přesýpaných hloubených tunelů. Pro projekt, zejména komplexní rekonstrukce, je ale potřebné znát geologickou stavbu, hydrogeologické podmínky a podle nich stanovit vybrané geotechnické vlastnosti hornin a zemin v těsné blízkosti tunelové trouby.

Dalším účelem IG průzkumu může být posouzení míry stability svahů předzářezu, případně nadnásypu nad tunelovou troubou u přesýpaných tunelů.



Obr. 3.17 IG průzkum - vrtné sondy

Standardně se v rámci IG průzkumu provádí série průzkumných vrtaných nebo kopaných sond. Z nich se průběžně odebírá jádro, porušené či neporušené vzorky. Vzorky hornin jsou pak odvezeny do laboratoře pro stanovení jejich geotechnických parametrů. Ve vrtech a kopaných sondách je možné v případě potřeby provádět tzv. polní zkoušky (pressiometry, vodní tlakové zkoušky, čerpací zkoušky, karotáž, smykové a zatěžovací zkoušky apod.). Vrty je rovněž možné vystrojit jako pozorovací pro budoucí sledování hladiny podzemní vody.

3.2.7 Laboratorní rozbor podzemní vody

Pro stanovení agresivity podzemní vody na materiály ostění je vhodné vždy provést rozbor podzemní vody. V podkladech k tunelu může být k dispozici starší geologický průzkum, jehož součástí je i zhodnocení agresivity pozemní vody. Tyto údaje jsou ale většinou staršího data a nemusí mít aktuální vypovídací hodnotu - je ověřeno, že v průběhu času dochází ke změnám chemismu podzemních vod.

Ne vždy je snadné vodu v tunelu odebrat, v tomto ohledu je paradoxně výhodou, pokud do tunelu teče více vody.

Je vhodné odebrat více vzorků z různých částí tunelu. Nejčastěji se odebírají vzorky vody do obyčejných PET lahví obsahu 1,5 l. Láhev musí být vymyté čistou pitnou nebo destilovanou vodou. Vzorek musí být uzavřen bez přístupu vzduchu (láhev musí být naplněna až po horní okraj) a musí být bez delších prodlev dopraven do laboratoře na rozbor.

Je třeba upozornit, že v některých tunelech jsou přítoky vody bezprostředně závislé na srážkách na povrchu nad tunelem. Intenzivnější průtok vody horninovým nebo zeminovým prostředím může mít za následek zvýšený obsah minerálů v odebraném vzorku vody, ale z dlouhodobého hlediska tato voda agresivní být nemusí. U novějších tunelů nebo podzemních liniových děl s primárním ostěním ze stříkaného betonu dochází velmi často k dílčímu vyluhování pojiva (cementu), což způsobuje u prosakující vody nebo u vody v drenážním systému vysokou hodnotu pH (u drenážních vod byly naměřeny i hodnoty kolem $\text{pH}=11$!) Akreditované laboratoře obvykle vyjadřují své stanovisko, svůj názor, na faktické výsledky rozborů. Někdy je vhodné odebrat vzorky vody vícrát v průběhu roku a porovnat, zda se výsledky shodují nebo rozcházejí.



Obr. 3.18 Odběr vzorku vody z vrtu v patě ostění injekční stříkačkou



Obr. 3.19 Odběr vzorku vody kapající z vrchlíku do igelitového pytle



Obr. 3.20 Odběr vzorku vody z revizní šachty v kolejovém loži

3.2.8 Geodetické zaměření tunelu a dotčené komunikace či trati

Možnosti a způsoby zaměření vlastní tunelové trouby jsou popsány v kapitole 2.2.1.

Na základě dlouhodobých zkušeností je známo, že v rámci přípravy projektu pro komplexní rekonstrukci je nutné provést také geodetické zaměření tunelu a přilehlé trati nebo komunikace. Součástí sanace tunelu a předzářezů totiž bývá většinou i rekonstrukce dotčené komunikace nebo železniční trati. Dochází pak ke změnám polohy nivelety vůči tunelu a tím pádem je nutné řešit průjezdnost tunelu i pro návrhový stav po dokončení rekonstrukce komunikace. Je nutné předem odhadnout dosah rekonstrukce komunikace (délku rekonstruovaných úseků před a za tunelem) a zaměřit nejlépe najednou dostatečně velkou oblast. Dodatečné a někdy dokonce několikanásobné doměřování daného úseku způsobuje i při přesnosti dnes používaných geodetických přístrojů chyby ve výstupech z měření a zvyšuje zbytečně náklady na přípravné a průzkumné práce.

Je také vhodné využít digitalizovanou katastrální mapu, aby bylo možné určit případný nutný zásah do pozemků, které nepatří správci daného úseku komunikace s tunelem.

3.3 Vyhodnocení průzkumných prací

Vyhodnocení veškerých průzkumných prací má národními předpisy předepsanou formu. Jednotlivé průzkumné metody mají kromě různých grafických příloh i svou technickou zprávu, která podrobně popisuje výsledky průzkumů. Výsledky dílčích průzkumů a zaměření jsou potom shrnuty v celkové závěrečné zprávě. Ta vyhodnocuje stavebně technický stav tunelu, rozsah a možné příčiny poškození a předběžně navrhuje rozsah sanačních opatření, resp. jejich nezbytnost a doporučený rozsah prací.

Na základě závěrů z průzkumu potom může investor zadat zpracování projektové dokumentace v potřebném rozsahu a v požadované podrobnosti (menší opravy - jednostupňový projekt, rozsáhlejší rekonstrukce - vícestupňový projekt s odhadem investičních nákladů, technologické postupy, atd.).

3.4 Všeobecná doporučení pro provádění průzkumů

Autoři si zkušenostmi ověřili, že čím více průzkumných metod je efektivně použito, tím lépe. Samozřejmě je nutné brát ohled na finanční a časové možnosti investora (správce tunelu), protože i pro průzkumy je nutná minimálně částečná uzavírka tunelu (výluka trati či uzavírky komunikací).

Základní doporučení pro investory a pro projektanty v oblasti průzkumných prací lze shrnout následovně :

- Důkladné studium všech dostupných archivních podkladů k danému tunelu.
- Vždy provádět podrobnou pasportizaci tunelu, tedy dokumentaci způsobu a rozsahu poškození tunelového ostění.
- Vždy nechat provést jádrové vrty z ostění a následně udělat jejich laboratorní rozbor.
- Vždy odebrat vzorky podzemní vody pro stanovení její agresivity na stavební konstrukce.
- Zjistit pokud možno v co největším rozsahu stav horninového prostředí za ostěním.

Další průzkumné metody a měření jsou potom navrhována a prováděna podle specifik jednotlivých tunelů.

U delších tunelů doporučují autoři skenování celé délky tunelu pojízdným scannerem, nejlépe současně se snímáním obrazu ostění. V kratších tunelech postačuje ve většině případů lokální zaměření vybraných profilů (např. po 10-ti metrech) profilerem či totální stanicí s bezkontaktním dálkoměrem. V případě nedostatku financí na nové zaměření aktuálního světlého profilu tunelu lze využít i výstupy z dřívějších starších měření, např. fotogrammetrie. Nejméně přesné pro projekt sanace je použití výkresové dokumentace skutečného provedení (pokud je k dispozici). Zcela výjimečně lze použít výkresy z realizačního projektu. V takovém případě je však nutné vždy ověřit měřením přímo na místě soulad výkresů se skutečností.

Nákladnější metody jako geofyzikální měření je vhodné navrhovat v místech, kde by bylo riskantní zasahovat do obezdívky, ale je nutné ověřit zjevné nebo skryté poruchy v ostění nebo za ním.

Je důležité přesvědčit investora o významu průzkumů. Vhodně navržený a kvalitně provedený průzkum může vést k výraznému ušetření finančních prostředků při samotné sanaci. Náklady na kvalitní průzkum a projekt jsou nesrovnatelně nižší než náklady na takzvanou „sanaci neúspěšně provedené sanace“.

4. Návrh sanace

V této části uvádějí autoři možné a doporučené způsoby řešení jednotlivých problémů. Každý tunel je nutné řešit komplexně a individuálně, s přihlédnutím ke všem skutečnostem od rizik a způsobu poškození k použitelnosti různých materiálů a technologií až k finančním možnostem investora, požadované životnosti, atd.

Dále jsou v textu umístěny fotografie z tunelů v České a Slovenské republice, které firma AMBERG Engineering Brno, a.s., řešila za posledních cca 10 let. Jsou zde ukázány jednotlivé typy poškození, návrh řešení jednotlivých problémů a případně záběry z průběhu realizace, pokud již proběhla.

4.1 Poškození způsobená průsaky vody přes ostění

4.1.1 Kapající nebo tekoucí voda - plošné zamokření

Viditelné průsaky vody přes ostění dovnitř tunelu jsou zřejmě nejčastější typ poškození ve stávajících tunelech. Způsobují problémy jak z hlediska provozu, tak z hlediska degradace materiálů ostění, technologií i komunikací.

Většinou jsou způsobeny lokálním silným přítokem podzemní vody přes oslabené nebo poškozené ostění (prázdné spáry, výrazné trhliny na celou tloušťku ostění, nezatěsněné dilatační nebo pracovní spáry, nezaslepené vrty přes ostění, atd.). Voda přitéká z horninového prostředí puklinovým systémem nebo vodonosnou (propustnou) vrstvou nesoudržných zemin. V některých tunelech je zřejmá souvislost mezi srážkami na povrchu a přítoky vody k tunelu.

Vyskytují se obvykle v tunelech trvale nebo dlouhodobě pod hladinou spodní vody, kde rubová drenáž nedokáže vodu odvést a kde je silně poškozená nebo vynechaná hydroizolační vrstva.

Starší tunely se prováděly bez izolace, s drenážní vrstvou na rubu ostění (zakládka, později porézní betony, apod.). Nebo byly izolovány materiály, které po desítkách let provozu a působení vody a mrazu nemohou fungovat - plechy, asfaltové desky nebo pásy, navíc se izolace dělala pouze v klenbě a pouze na určité části tunelu (v místech významných výronů vody z výrubu).

V období, kdy voda nezamrzá (jaro až podzim), jsou výrazné výrony vody do tunelu ohrožením zejména instalovaného technologického vybavení. U drážních tunelů je to trakční vedení (samotná trolej, ukotvení trakčního vedení do ostění), u silničních tunelů osvětlení, ventilátory, kabelová vedení, apod. Kovové části technologií korodují, což omezuje nebo znemožňuje jejich dlouhodobou funkčnost.



Obr. 4.1 Příklady plošného zamokření

V zimním období vznikají v místě trvalých průsaků rampouchy (vrchlík) a ledopády (opěry), které ohrožují bezpečnost provozu a zmenšují světlý profil tunelu.



Obr. 4.2 Rampouchy a ledopády ohrožující provoz v tunelu

Závažné důsledky mohou mít i „neviditelné“ průsaky podzemní vody do zakrytých prostorů, které se běžně nekontrolují a neodkrývají, např. kabelové šachty, rozvodné skříně či krabice v ostění, kabelové chráničky v ostění nebo pod vozovkou apod. Tyto „neviditelné“ průsaky mohou závažně poškodit technologická zařízení nebo i kabely, které na toto prostředí nejsou dimenzovány.

Sanace průsaků

a) Svedení lokálního průsaku po ostění

Jedná se nejčastěji o výrony vody např. z nezatěsněného vrtu (dřívější průzkumy, sanace injektáží, apod.), z netěsné pracovní nebo dilatační spáry nebo z běžné spáry kamenného zdiva. Rovněž může být v ostění někdy v minulosti osazená drenážní nebo odvodňovací trubka, jejíž účel, poloha respektive důvod vyvedení na líc ostění, je v současné době nejasný.



Obr. 4.3 Lokální výrony vody, řešitelné svodnicemi

Lokální průsak, který způsobuje zamokření „pouze“ v úzkém pásu, lze řešit překrytím svodnicí. Ta může být zhotovena z pásu nopolové fólie. Existují i výrobky přímo určené pro svedení průsaků - tzv. alfa nebo omega svodnice.

Svody se osazují přímo na povrchu původní obezdívky, nebo se zapustí do vybouraného zářezu a následně překryjí tepelnou izolací. Zbytek zářezu je vyplněn např. stříkaným betonem, maltou, apod. (podle technologií používaných při sanaci ve zbývajících částech tunelu).

Do žlábků se někdy vkládá provazec (mirelon nebo jiný nenasákový porézní materiál), který brání tomu, aby se svodnice roztrhla, pokud v ní voda zamrzne v plném profilu.

Všechny svody lokálních průsaků musí být napojeny do odvodnění v tunelu, případně vyvedeny mimo tunel.

Pás nopové fólie se ukončuje podélnou drenážní trubkou DN50-100 mm, která se T-kusem napojí na podélnou tunelovou stoku.

Při použití svodnic se obvykle použijí již hotové typové výrobky (přechod z tvaru omega na kruhový profil, apod.) pro napojení do tunelové stoky.

Důležité je, aby okraje svodnice (omega žlábek, pás nopové fólie) byly důkladně zatěsněny, protože jsou obvykle vedeny po nerovném a členitém povrchu.

Zatěsnění svodnice lze provést ručně (např. sanační rychletvrdnoucí maltou) nebo strojně, tedy přestříkáním. Jako materiál lze použít stříkaný beton (pokud je v jiné části tunelu používán), nebo například tzv. konsolidační malty (rychle tuhnoucí těsnicí materiál s příměsí sádry). Také je možné použít materiály pro stříkané hydroizolace.

Pokud jsou svodnice vedeny po povrchu konstrukce, je nutné vyřešit jejich ochranění proti promrzání. Nikdy nelze dosáhnout nezamrzlé tloušťky krycí vrstvy, spíše jde o oddálení promrznutí svodnice. Je možné například překrýt svodnici polystyrenem a přestříkat betonem nebo sanační maltou.



Obr. 4.4 Omega svodnice pro svedení jednoho lokálního výronu vody

Někdy se svodnicemi řeší také lokální průsaky přímo z horninového masivu. Při větších rekonstrukcích, kdy je kompletně vybouráno a vyměněno staré ostění nebo jeho část, a pokud se vyskytují silnější lokální výrony vody, se řeší svedení vody již po povrchu výrubu. Je tím výrazně zredukován přítok vody k nové izolační nebo drenážní vrstvě.



Obr.4.5 Svodnice přímo na povrchu výrubu - kombinace nopové fólie a omega svodnic, napojení do drenáže

Výše uvedené zakryté prostory, do kterých zatéká voda, jako např. kabelové šachty, je nutné odvodnit dodatečnými drenážemi nebo dodatečně provedenými odvodňovacími vrtvy.

b) Zatěsnění zdroje přítoků

Pokud je možné lokalizovat zdroj přítoků (například geofyzikálním měřením nebo vrtným průzkumem), lze řešit odstranění nebo alespoň omezení přítoků vody zatěsněním rozvolněné horniny, vodonosné pukliny či poruchy v daném místě.

Obvykle se zatěsnění horniny provádí chemickou injektáží systémem radiálních vrtů z tunelu. Jako injekční médium se nejčastěji používají napěňující materiály (PUR pryskyřice).

Nevýhodou tohoto řešení je obtížně zaručitelná stoprocentní úspěšnost injektáží. Nelze tedy očekávat úplné odstranění přítoků, spíše výrazné omezení přímo v místě prováděných injektáží. Bohužel je poměrně častým důsledkem lokálního utěsňování přesměrování průsaků přes ostění do jiného místa obezdívky. Možným, ale nákladným způsobem řešení tohoto problému je řízená systémová injektáž delších úseků tunelu v kombinaci s dodatečnými odvodňovacími systémy dle písm. a).

c) Usměrnění přítoků z horniny systémem odlehčovacích vrtů

V některých případech je výhodnější přítoky vody pouze usměrnit do tunelového odvodnění, než se snažit je zatěsnit. Například pokud je horninový masiv za ostěním silně navětralý, rozpukaný, mohlo by se stát, že zatěsněním přítoků v jednom místě pouze přesuneme problém jinde. Dalším příkladem je situace, kdy jsou přítoky vody tak vydatné, že je již nelze efektivně sanovat např. injektážemi.

Tyto problémy lze řešit systémem odlehčovacích (odvodňovacích) vrtů do okolí tunelové trouby. Obvykle se tyto vrtvy provádí vějířovitě pokud možno kolmo k ose tunelu. Je nutné provést nejdříve průzkumné vrtvy, které odhalí zdroj přítoků. Voda z tohoto zdroje se potom odvede vystrojenými odvodňovacími vrtvy. S výjimkou odvodnění rubu portálových úseků tunelů nelze doporučit odvodňovací vrtvy s perforovanou výpažnicí vedené za ostěním podél tunelu a už vůbec ne v klenbě. Tyto vrtvy pak ve většině případů fungují spíše jako zavodňující - přivádějí vodu ze vzdálenějších míst k obezdívce.

V případě silně rozpukané horniny je vhodné prostředí nejdříve zpevnit a částečně zatěsnit injektážemi do horniny a teprve přes takto stabilizované prostředí provést odvodňovací vrtvy. Pak lze mít relativní jistotu, že vrtvy budou fungovat jako drenáž a budou využity.

Vrtvy se vystrojují plastovou nebo kovovou trubkou. V dnešní době existují na trhu trubky s oboustranným žebrováním, které odvádí vodu efektivněji. Pro napojení na odvodnění v tunelu se pak použijí typové tvarovky (kolena, T-kusy) a klasické plastové potrubí.

Stejně jako u svodnic je nutné vyřešit místo napojení vrtů na navazující odvodňovací zařízení. Pokud je napojení realizováno blízko líce ostění, může v zimním období docházet k zamrznutí vody v drenážích. Tím může dojít ke znehodnocení odvodňovacího systému a také k ohrožení stability ostění.

d) Zatěsnění obezdívky v rubu (hydroizolace)

Zatěsnění obezdívky z rubové strany je de facto provedení nové rubové hydroizolační vrstvy. Tento postup je vhodné použít v případě, že za ostěním je přímo hornina, původní primární ostění (někdy včetně izolační vrstvy), nebo základka prolitá cementem apod. Pak lze těsně za ostění provést tlakovou injektáž buď materiálem na bázi cementu, nebo injektáž chemickou, kdy se obvykle používá dvoufázový systém - nejdříve se injektuje levnějším a více napěňujícím materiálem pro minimalizaci spotřeby dražšího materiálu pro následnou těsnící injektáž.

e) Zatěsnění obezdívky v její tloušťce

Pokud jsou prostory za ostěním prázdné, nebo je základka tvořena kameny a balvany bez zanesení jemnozrnnějšími materiály, bylo by těsnění průsaků v rubu obezdívky příliš nákladné (velké spotřeby materiálu bez stoprocentního zaručení dobrého výsledku). Proto je v těchto případech vhodnější řešit zatěsnění v rámci tloušťky ostění hloubkovým spárováním, těsnící injektáží přímo do spár, popř. do zdících kamenů s trhlinami. V případě betonového ostění lze injektovat přímo prosakující trhliny v betonu.



Obr. 4.6 Těsnící injektáž - podle vytečeného materiálu lze upravovat rozsah injektáží

4.1.2 Plošná zavlhlost

Plošná zavlhlost se projevuje jako tmavší matná plocha na povrchu ostění. Není možné vždy určit zdroj přítoků vody. Výron vody může být mírný lokální přes navětralé nebo jinak oslabené spárování. Příčinou bývá zejména prosakování vody přes samotný materiál ostění (zejména kamenné zdivo z pískovce, beton) při nedostatečné rubové izolaci nebo nefunkční rubové drenáži.

Samotnou zavlhlost (plošné průsaky menšího rozsahu) není nutné řešit jako akutní opravu, pokud v těchto místech nevznikají rampouchy nebo ledopády. Velký problém však znamenají z dlouhodobého

hlediska. Při spolupůsobení s prostředím (mráz, vzdušný CO, zplodiny z provozu, CHRL) přispívají k povrchové degradaci materiálu ostění, jeho oslabení a tím např. k oslabení krycí vrstvy a následně k odhalení výztuže (betonové ostění, prefabrikáty, apod.).



Obr. 4.7 Plošná zavlhllost - matná tmavá plocha, těžko identifikovatelný zdroj přítoku

Sanace plošné zavlhllosti

a) Zatěsnění průsaků

Zatěsnění průsaků lze řešit stejně jako u plošného zamokření.

b) Zatěsnění základního materiálu obezdívky

Pokud je obezdívka například z pískovce, lze řešit zatěsnění impregnací jednotlivých zdících kamenů, a to buď nátěrem nebo injektáží nízkoviskózními gely. Volba závisí spíše na posouzení nutnosti sanace a návaznosti na další činnosti v rámci celé sanace tunelu.

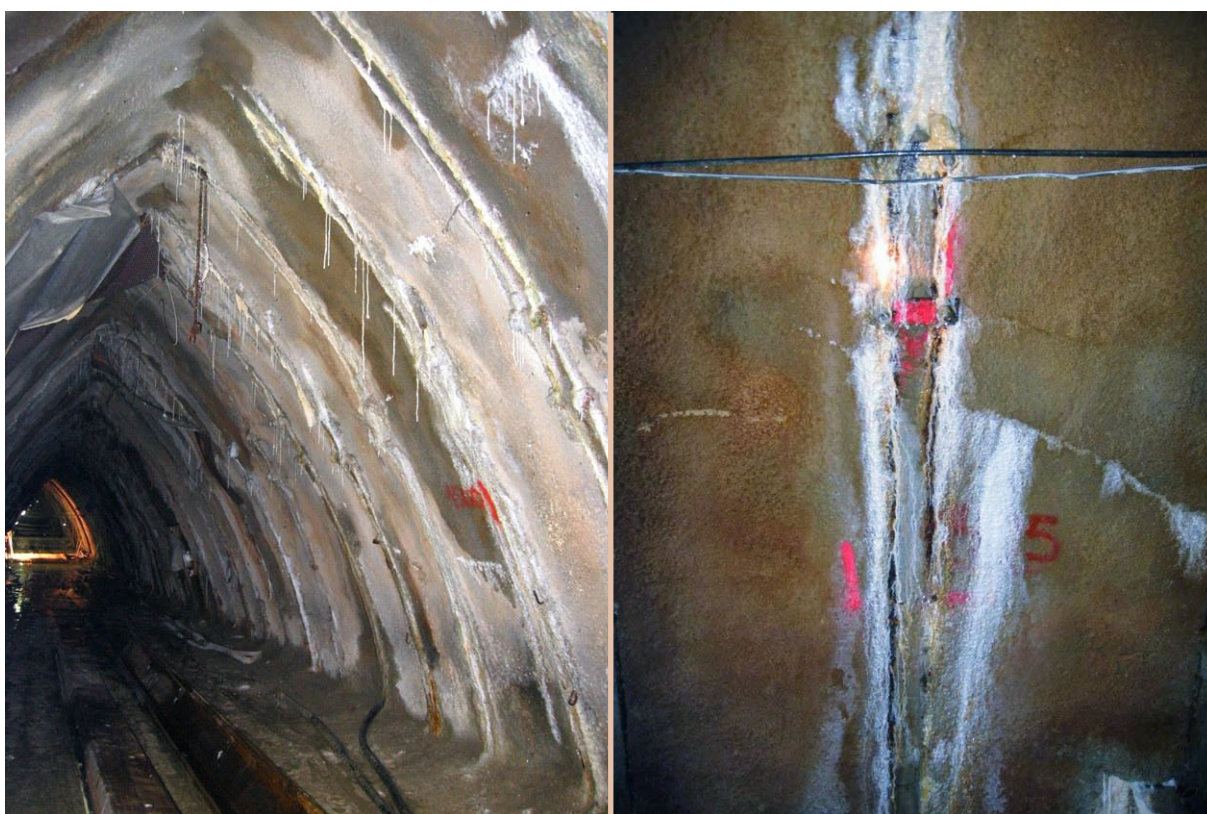
4.1.3 Výluhy

Voda dlouhodobě prosakující nebo protékající přes ostění často způsobuje tzv. výluhy nebo výkvěty tím, že vyplavuje minerály nebo cementovou bázi z materiálu ostění a v reakci se vzduchem dochází ke krystalizaci a vytváření vrstvy nového materiálu. Svým způsobem se jedná o krasový jev, rozdíl je v rychlosti „růstu“ těchto nových útvarů. Ve většině starších tunelů s průsaky vody přes ostění se vyskytují malé krápníčky, tzv. „brčka“. Zatímco v krasových jeskyních vidíme výsledek působení vody po staletí a tisíciletí, fenomén výluhů v tunelech je otázka někdy jen několika desítek let.



Obr. 4.8 Výluhy (výkvěty) na povrchu tunelového ostění (vlevo betonové, vpravo kamenné ostění)

Výkvěty je možné pozorovat dokonce i u novostaveb. Na primárním ostění ze stříkaného betonu vznikají výkvěty a brčka v místech ukončení kroku ražby, kde je primární ostění oslabeno, respektive kde byl stříkaný beton ukončen v předchozím kroku a napojován v kroku následujícím.



Obr. 4.9 Výluhy v nově budovaných tunelech a štolách

Výluhy samy o sobě de facto ostění neškodí, problém je ale výše zmíněné dlouhodobé vyluhování materiálu ostění, tedy jeho oslabování, degradace, kdy může postupně docházet k odhalení výztuže, ke statickému narušení obzdivky, atd.

Sanace výluhů

Jak již bylo řečeno, výluhy samy o sobě problém nejsou, když pomíneme fakt, že dlouhodobě zmenšují světlý profil tunelu.

Je nutné řešit příčinu vzniku výluhů, tedy odstranit průsaky vody přes ostění a případně ostění zaizolovat nebo zasnovat (viz odstavce 3.1.1 a 3.1.2.).

Výluhy samotné se odstraňují mechanicky (odsekání, odbourání, zbroušení), nebo otryskáním tlakovou vodou (vysokotlaký vodní paprsek, minimálně 1000 bar), pískováním (v tunelech se používá technologie tryskání mokrým pískem). Při použití pískování je nutné vždy chránit kolejové lože a odvodňovací systémy před zanesením.

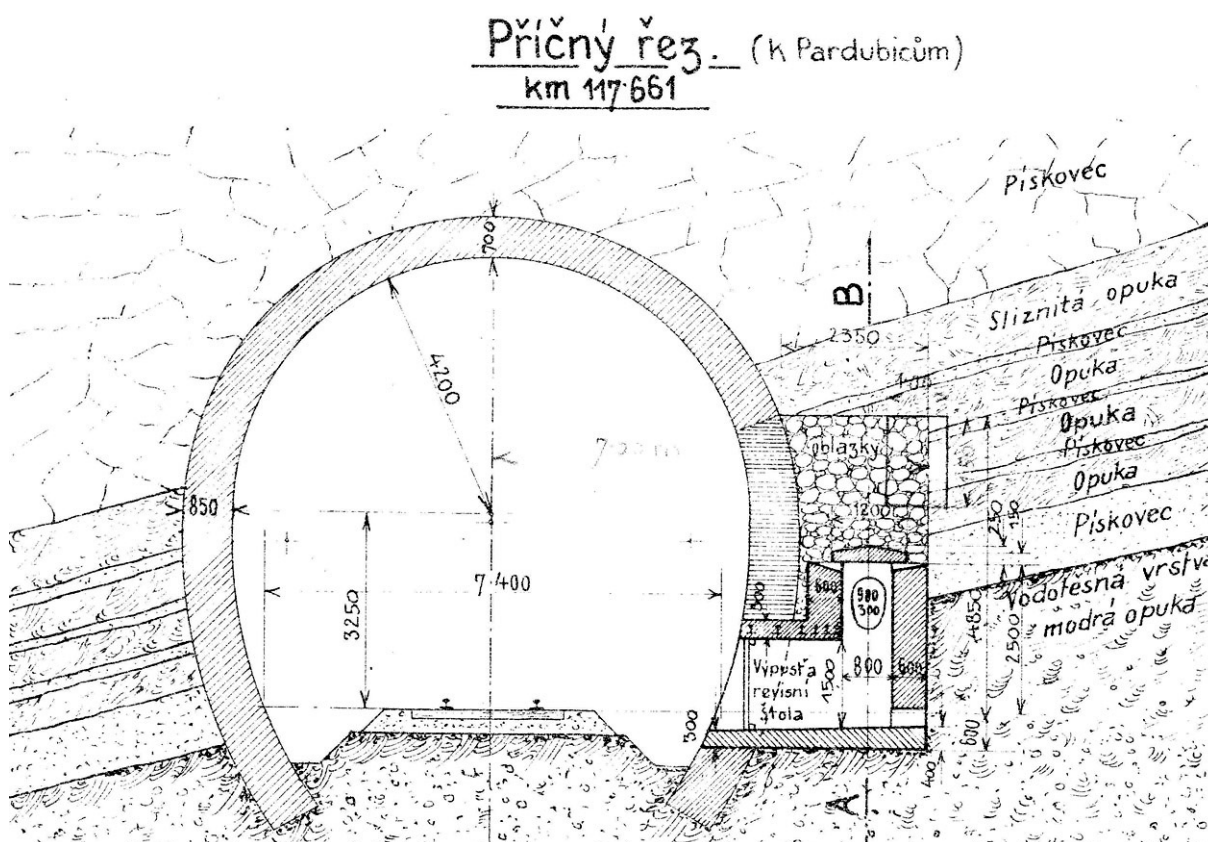
4.2 Poškození způsobená vodou za ostěním nebo pod komunikací

4.2.1 Nefunkční odvodnění rubu obezdívky

V minulosti byly v některých tunelech řešeny výrazné přítoky vody ze skalního masivu k tunelu zbudováním rubového systému odvodňovacích zařízení jako jsou šachty, štoly, kanalizace, napojené ve dně tunelu do hlavní odvodňovací stoky. V lepším případě jsou tato zařízení zdokumentována v době výstavby. Jejich funkčnost, nebo spíše nefunkčnost, je viditelná pouze z tunelu.

Často se volné prostory vyplňovaly kamennou zakládkou. Ta se postupem času zanáší jemnozrnným materiálem, který podzemní voda vymílá z rozrušených nebo nesoudržných geologických vrstev (jíly, jílové hlíny, zahliněné písky a štěrkopísky, které vyplňují pukliny mezi bloky tvrdé horniny). Tím je výrazně omezena kapacita těchto zařízení a přitékající voda si pak hledá cestu v jiných místech přes oslabené ostění.

V zimním období může docházet k promrznutí těchto oblastí dokonce i za relativně masivní konstrukcí ostění. Voda pak tyto oblasti obtéká, stejně jako v případě zanesení odvodňovacích systémů, a způsobuje pak problémy v místech, kde původně přítoky vody z rubu ostění nebyly.



Obr. 4.10 Ukázka z archivní dokumentace k tunelu - rubové odvodnění bylo zbudováno, ale není plně funkční

Sanace rubových odvodňovacích zařízení

Původně byly zřizovány revizní vstupy do těchto zařízení, ty jsou ale v dnešní době obvykle zazděny, zabetonovány, přístup k nim je v zásadě možný pouze po vybourání části ostění nebo probourání původního vstupu.

Projekt sanace často vzniká dříve, než je zřízen prostup do prostor za ostěním. V lepším případě je k dispozici archivní dokumentace (viz obrázek nahoře). Proto je výhodnější účast projektanta a dalších odborníků přímo na stavbě, kdy lze operativně rozhodnout o postupu a rozsahu prací. Investor by měl mít v tomto případě vyčleněny alespoň takové finanční prostředky, které umožní provést minimálně nutné sanační práce, vedoucí k obnovení funkčnosti rubového odvodňovacího systému. Ve většině případů obnova tohoto systému pro další provozování tunelu postačuje. Zhotovitel by měl být v tomto případě připraven na různé sanační technologie, pokud to samozřejmě je v jeho možnostech.

Betonové nebo kamenné části těchto systémů se dají sanovat standardními metodami, jako jsou reprofilace, přezdění, impregnační nátěry, apod. Případně zborcené části obezdívky rubových odvodňovačů lze nahradit novým ostěním z betonu nebo z cihel. Ve stísněných prostorách lze bohužel těžko využít technologii stříkaného betonu.

Prostory uvnitř původních odvodňovacích systémů je nevhodnější ponechat volné. Pokud nelze např. ze statických nebo bezpečnostních důvodů odtěžit zanesenou zakládku, je lepší provést nové funkční napojení rubového odvodnění na tunelovou drenáž a sanaci průsaků řešit v rámci sanace tunelového ostění, například těsnícími injektážemi za rub ostění, spárování, atd.

U sanace rozsáhlejších odvodňovacích systémů (například šachty větších rozměrů s podélnými odvodňovacími štolami nebo kanalizacemi) je také možné podobně jako v tunelu řešit významnější přítoky vody systémem odlehčovacích vrtů, napojených do tunelového odvodnění (viz kapitola 3.1.1.2, písm.c).

4.2.2 Nefunkční odvodnění pod komunikací

Při dlouhodobějším provozu tunelu dochází k zanášení odvodňovacích žlabů, tunelových stok, nebo propustků pod komunikací jemnozrnnými materiály (bahnem). Důsledkem je pak zanesení kolejového lože u drážních tunelů, podkladních drenážních vrstev vozovky a následné poruchy kolejového svršku, vozovky apod.

V rámci rekonstrukce tunelu, respektive dotčené komunikace, je vhodné, ne-li přímo nutné, opravit nebo vyměnit tyto vrstvy, aby k výše zmíněným poruchám nemohlo dojít.



Obr. 4.11 Zanesení odvodňovacích zařízení pod komunikací

4.2.3 Zavodnění štěrkového lože a pláně

Příčin tohoto poškození může být více - průsaky vody přes ostění a zatékání do kolejového lože, nefunkční nebo jen zčásti fungující drenáž v železničním spodku, přítoky vody z oblastí mimo tunel štěrkovým ložem, apod. Popřípadě je trať v malém podélném sklonu a i při funkčním odvodnění neodtéká voda ze štěrkového lože dostatečně rychle.

Zavodnění kolejového lože způsobuje problémy zejména v zimním období, kdy při promrznutí dochází k výrazným pohybům koleje ve svislém i vodorovném směru. Může pak dojít k ohrožení provozu při kolizi vlakové soupravy s ostěním tunelu, eventuálně s nějakou částí technologického vybavení v tunelu.

Pokud je podloží v úrovni zemní pláně málo únosné, náchylné na rozbředání (spraše, sprašové hlíny, rozbředavé jíly), mohou výraznější přítoky vody způsobit podmáčení kolejového lože a následnou ztrátu únosnosti pláně a mohou vést k výraznému sedání kolejového svršku. Tento problém je častější u starších tratí, kde již delší dobu neproběhla rekonstrukce železničního spodku.

U novějších tratí bývá podloží obvykle dostatečně únosné.



Obr. 4.12 Kopané sondy - zavodnění kolejového lože

Sanace zvodnělého štěrkového lože a pláně

V tomto odstavci pomíneme sanaci horní stavby - tj. odstranění průsaků vody přes ostění.

Zavodnění kolejového lože a pláně je možné řešit jedině jeho komplexní rekonstrukcí. To zahrnuje odtěžení štěrku, zahliněného štěrku, případně nekvalitních navážek, až na zemní pláň, následnou úpravu a zpevnění pláně, opravu nebo výměnu podélných odvodňovacích zařízení a zpětné položení štěrkového lože.

Pláň železničního spodku v rekonstruovaném tunelu musí být vyspádována tak, aby voda odtékala do podélného odvodnění (tunelové stoky) - jednostranný nebo střechovitý příčný sklon se doporučuje u sanací minimálně 2%. U tunelů vyražených ve skále jsou možnosti úpravy pláně (dna tunelu) závislé na tvrdosti horniny, u tunelů ražených ve špatných geologických podmínkách nebo u tunelů hloubených v zeminách lze obvykle odtěžit pláň na požadovanou úroveň a na ní vybetonovat desku s jednostranným nebo střechovitým příčným spádem.

Tunelová stoka, musí kapacitně vyhovět na očekávané maximální přítoky srážkové a podzemní vody. Pokud to prostorové podmínky dovolí, lze použít velkokapacitní prefabrikované žlaby, nebo drenážní či běžné kanalizační trouby DN 300 – DN 500. Dříve se často budovaly středové tunelové stoky v ose tunelu pod kolejí. Jejich údržba (revize a čištění) je pak značně problematická. Proto je vhodnější navrhnout buď jednostranný sklon pláně a odvodnění umístit k jedné opěře, nebo střechovitý spád a odvodnění při obou opěrách. Volba je závislá i na způsobu odvodnění před portály, protože veškerá odvodňovací zařízení na sebe musí výškově navazovat.

Štěrkové lože se provádí pokud možno z nového štěrku, nebo lze využít dříve vytěžený a vyčištěný štěrk. Použití strojních čističek štěrkového lože ve starých drážních tunelech bývá často obtížně proveditelné nebo není vzhledem k prostorovým nárokům čističky proveditelné vůbec.



Obr. 4.13 Nové odvodnění tunelu z atypických prefabrikovaných žlabů

4.3 Výrazně poškozené ostění

4.3.1 Havarijní stav obezdívky

Havarijní stav obezdívky je takový, kdy lze očekávat v nejbližší době zřícení obezdívky nebo její významné části.

Příčiny jsou obvykle souhrn více typů poškození, tedy nekvalitní nebo zdegradovaný materiál ostění, tlak vody a ledu z rubu tunelové trouby, staticky oslabené ostění, atd.

U tohoto typu poškození jsou v zásadě dva způsoby řešení - kompletní výměna obezdívky nebo vestavba nového ostění do stávajícího světlého profilu tunelu.

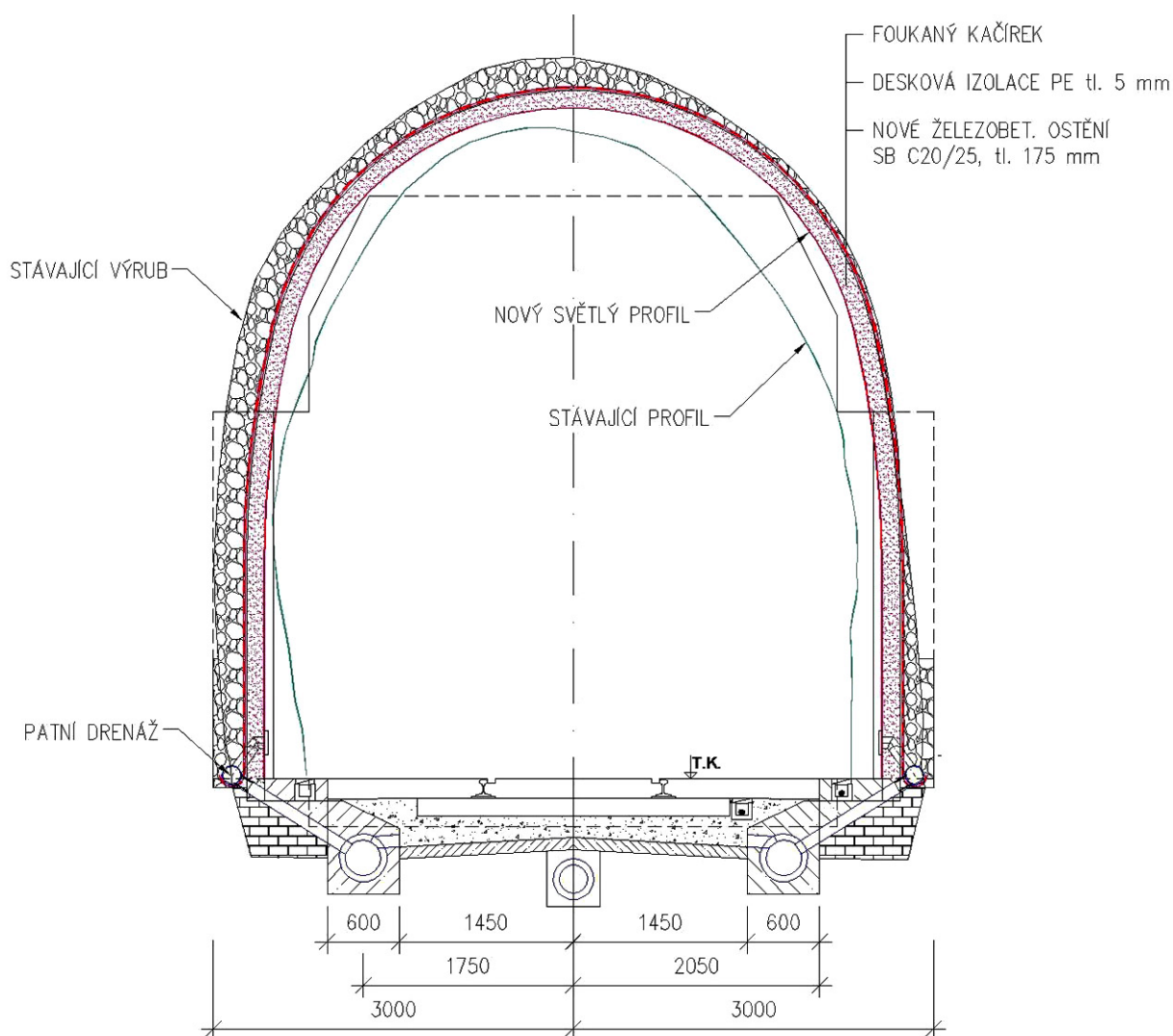


Obr. 4.14 Borcení obezdívky nouzového výklenku - dočasná řešení podepřením

4.3.1.1 Výměna obezdívky

Zejména v tunelech s malým světlym průřezem je nutné stávající obezdívku nebo její nejvíce poškozenou část vybourat a nahradit novou. Tento postup umožňuje na části tunelu zbudovat nové kvalitní ostění včetně rubové drenážní a hydroizolační vrstvy.

Toto řešení je technicky, finančně i časově náročné. Často je nutné provést kotvení horniny za ostěním před vybouráním. Bourání železobetonového ostění lze provádět pouze po malých částech, vyžaduje těžkou mechanizaci a vybouraný materiál je v zásadě nepoužitelný pro jakékoliv další práce. Vybouraná obezdívka z cihel nebo z kamenů se někdy dá využít pro jiné činnosti.



Obr. 4.15 Projekt - výměna ostění, hydroizolace



Obr. 4.16 Bourání stávající obezdívky

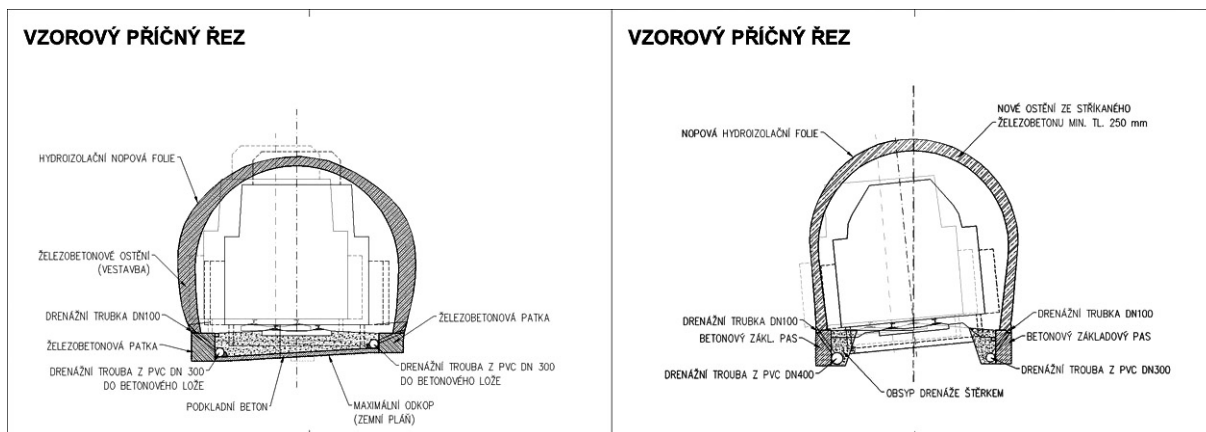


Obr. 4.17 Nové ostění s rubovou drenáží (nopová fólie, štěrk) a hydroizolační vrstvou

4.3.1.2 Řešení vestavbou ke stávajícímu ostění

Sanaci havarijního stavu obezdívky je možné řešit také vestavbou nového ostění, s vloženou drenážní nebo hydroizolační vrstvou.

Výhodou je, že nemusíme bourat stávající ostění. Nevýhodou je, že zmenšujeme světlý profil tunelu, což může vést u některých tunelů ke snížení parametrů komunikace (je nutné snížit provozní rychlost v tunelu, omezit nebo dokonce vyloučit nákladní dopravu, apod.).



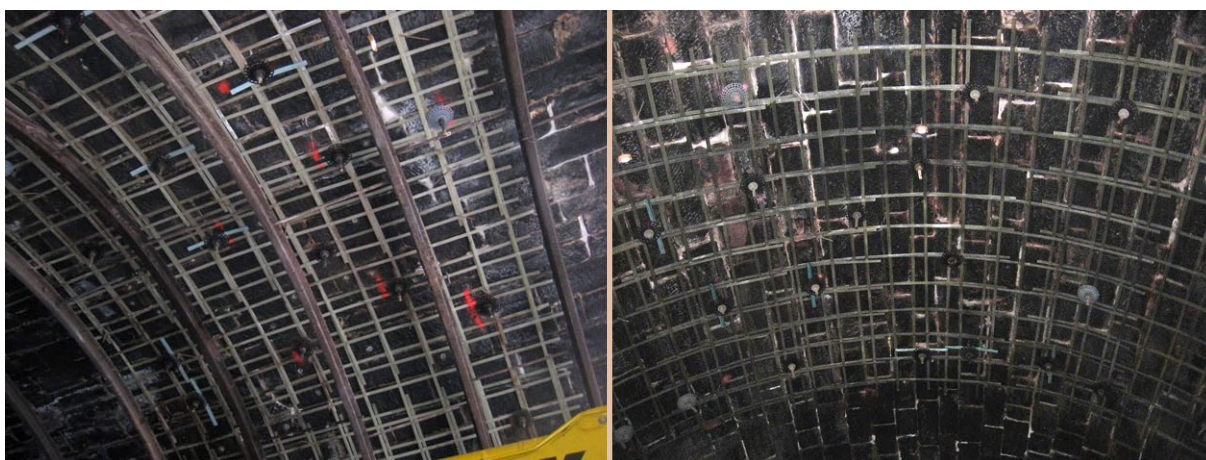
Obr. 4.18 Návrh sanace vestavbou nového ostění

4.3.1.3 Plošné podchycení klenby

V některých případech lze využít moderní technologie a materiály pro dočasné nebo trvalé (spíše dlouhodobé) podchycení (přesněji přikotvení) stávající klenby.

Pro kotvení se používají kratší tyčové kotvy, resp. svorníky, lepené do vývrtu nebo injektované (injektáž cementová nebo chemická).

Pro přikotvení klenby se používají výztužné sítě z nekovových materiálů - prefabrikované sítě ze sklolaminátových pásků. Sítě jsou k ostění přichyceny roznášecími deskami a maticemi. Pokud jsou použity výše uvedené sklolaminátové prvky nebo jiné nekorodující materiály, není nutná další úprava povrchu (nezmenšuje se světlý profil tunelu).



Obr. 4.19 Podchycení klenby přikotvenými výztužnými sítěmi

4.3.1.4 Hydroizolace nového ostění

Při kompletní výměně ostění nebo jeho velké části je problém hydroizolace de facto stejný jako u novostavby - je potřeba upravit nebo vytvořit vyhovující podklad pod izolaci, zvolit vhodný materiál a typ izolace.

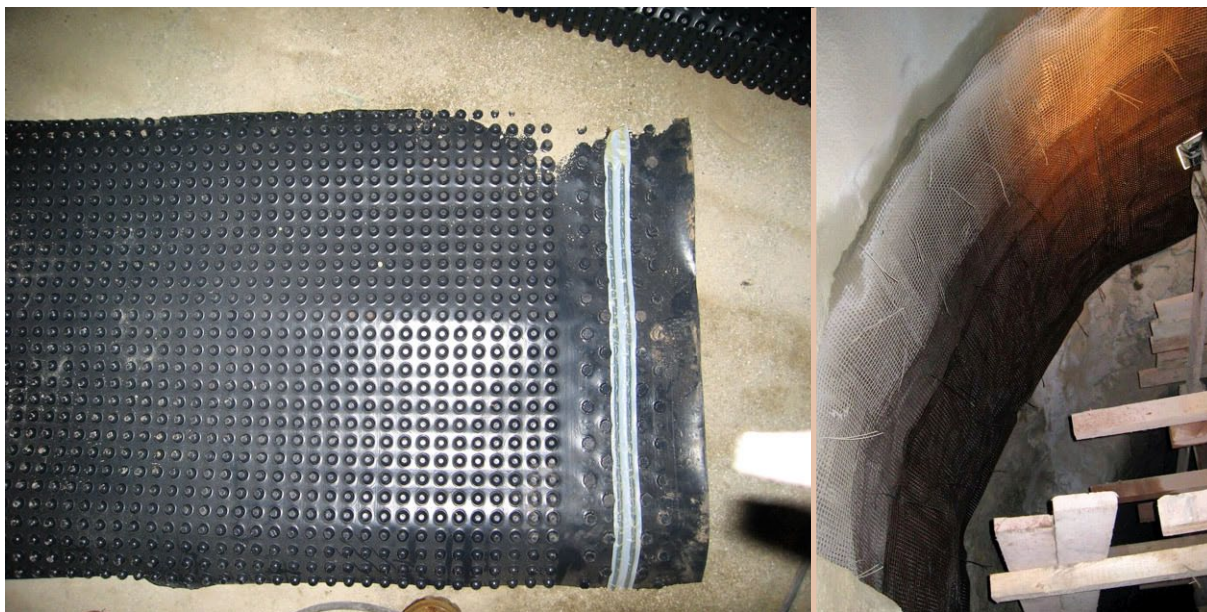
Vzhledem k tloušťkám obezdvíky v dřívě budovaných tunelech je obvykle prostor po vybourání ostění dostatečně velký a tedy lze provést nejdříve vyrovnávací vrstvu ze stříkaného betonu. Pokládka celoplošné izolace přímo na povrch výrubu je problematická z hlediska kvality provedení a nedoporučuje se.

Hydroizolace jako taková může být z plastových fólií nebo desek. Začínají se používat i speciální nopové fólie s vodotěsnými spoji, které fungují zároveň jako drenáž i jako hydroizolační membrána.

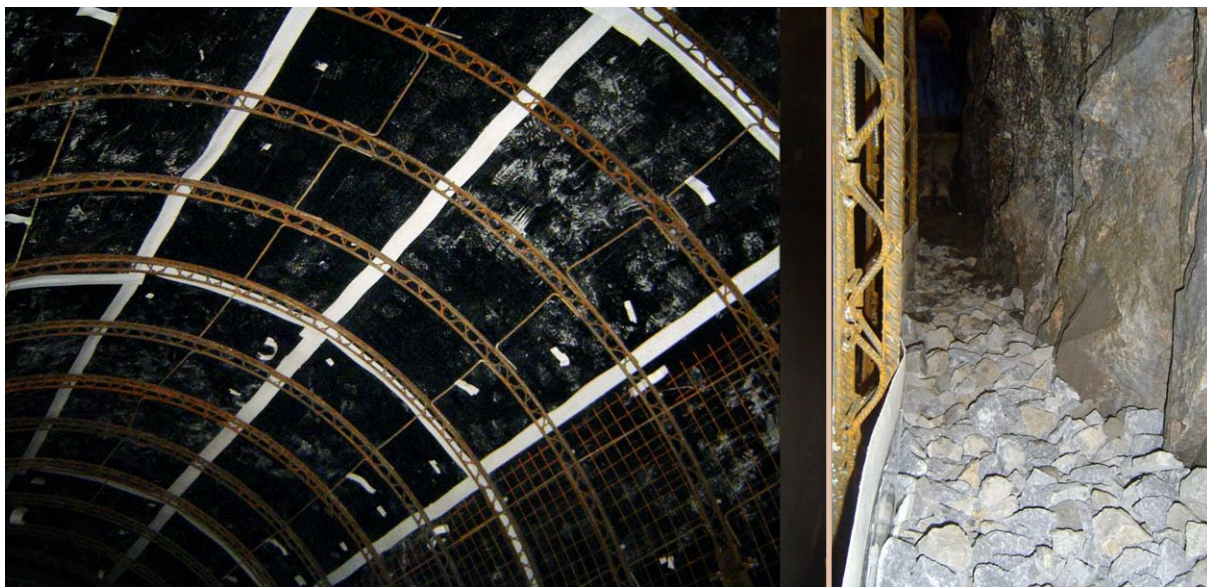
V dnešní době se také poměrně často používají stříkané izolace nebo izolace z bentonitových rohoží.

Bez ohledu na použitý typ izolace je nutné zaručit, aby podklad (vyrovnávací vrstva stříkaného betonu, původní ostění) byl dostatečně rovinný (zejména při použití fólií, které se pokládají po pásích určité šířky), bez ostrých výčnělků nebo hnízd, bez nečistot.

Po povrchu podkladní vrstvy při použití stříkaných izolací nesmí téct voda. I při použití fóliových izolací se doporučuje výraznější lokální průsaky před pokládkou izolace svést do tunelové stoky nebo jiného odvodňovacího zařízení v tunelu. Vlhký povrch je přípustný, nesmí však v žádném případě dojít k významnějšímu hromadění vody za izolací před vybudováním nového (sekundárního) ostění.



Obr. 4.20 Hydroizolace ze speciální nopové fólie



Obr. 4.21 Hydroizolace z plastových desek

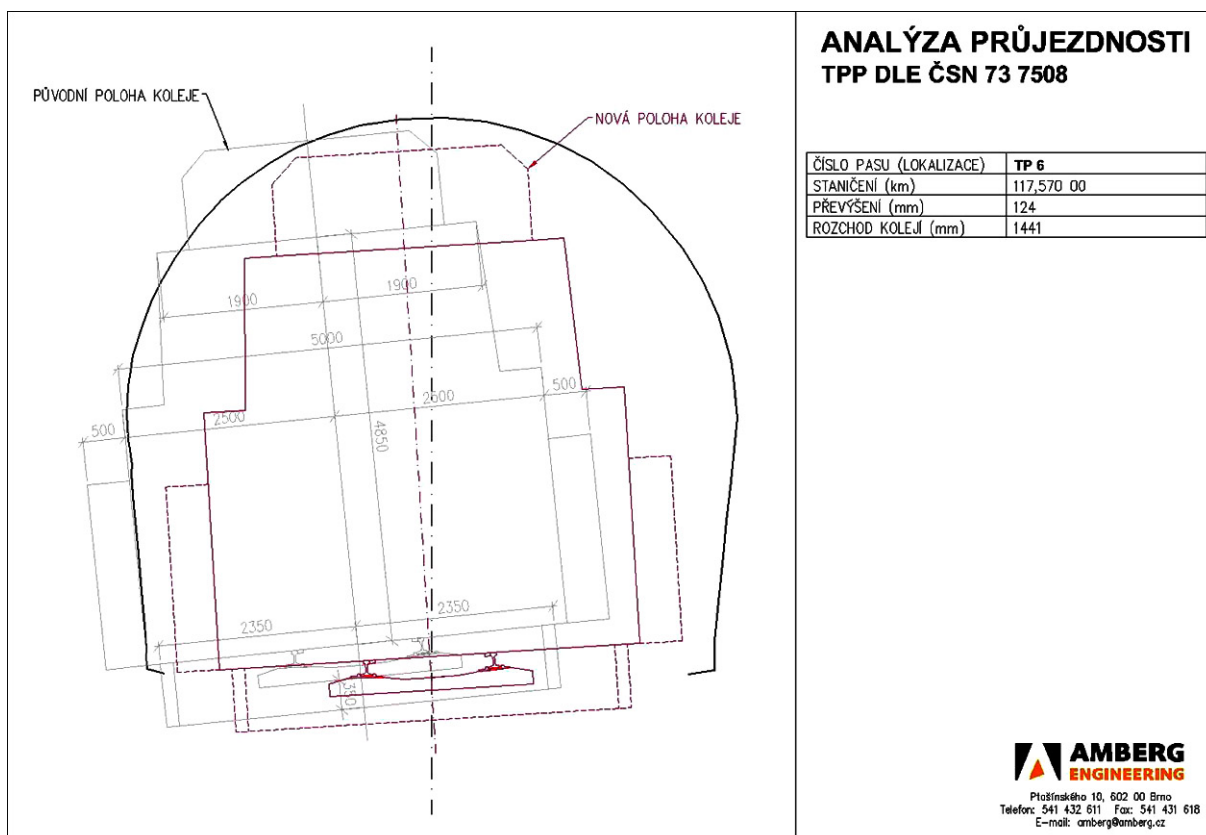


Obr. 4.22 Stříkaná hydroizolace prováděná po pásích systémem sudá x lichá

4.4 Nedostatečný světlý profil tunelu

4.4.1 Řešení průjezdnosti změnou polohy koleje

Toto řešení je používáno zejména u železničních tunelů, které byly vybudovány původně jako dvoukolejné, ale jsou provozované pouze s jednou kolejí. Často je osa koleje mimo osu tunelu (je ponechán volný schůdný prostor na jedné straně koleje). Profil je dostačující, ale v některých místech dochází ke kolizi průjezdného profilu s ostěním. Pak lze problém řešit „pouze“ změnou polohy koleje. To ale může přinést i komplikace. Může dojít k zmenšení schůdného prostoru vedle koleje a pak je nutné budovat nové nouzové výklenky. Polohu koleje nelze změnit jen v tunelu, je nutné vyřešit návaznost před a za tunelem, což může znamenat i úpravu na několika kilometrech trati.



Obr. 4.23 Řešení průjezdnosti změnou polohy koleje, volný schůdný prostor je zachován

4.4.2 Řešení výměnou obezdívky se zvětšením profilu tunelu

Výměna obezdívky nebo její velké části je popsána v odstavci 3.3.1.1. Pokud je tloušťka ostění řádově 800 mm a více, je možné při stabilizačních opatřeních možné odbourávat - ubírat pouze určitou tloušťku ostění.

Stabilizační opatření mohou být například cementové injektáže v rubu ostění, eventuálně chemické injektáže materiály s nízkým stupněm napětění a pevností proinjektovaného kompozitu min. 1 MPa.

Dále se obvykle provádí dočasné nebo trvalé kotvení obezdívky závitovými tyčovými kotvami. Ty se dají po odbourání určité vrstvy ostění buď uříznout (dočasné kotvení), nebo zkrátit a roznášecí deska a matice se posune (trvalé kotvení). Pro tyto účely se s výhodou využívají sklolaminátové kotvy, kotvené do skalního masivu lepením nebo injektáží.

Vybourání obezdívky v určité tloušťce je technicky poměrně náročné. Používají se různé typy fréz, řezacích hlav, mechanická bourací kladiva, nebo řezání vysokotlakým vodním paprskem. Důležité je, aby byla odbourána vrstva pokud možno v konstantní tloušťce.



Obr. 4.24 Řezací fréza pro odbourání vrstvy do 100 mm, vpravo vybourání kamenné obezdívky na hl. 400 mm

Na nerovný povrch po dokončení bouracích prací se provádí vyrovnávací vrstva ze stříkaného betonu v tloušťce řádově několik cm. Na tuto vrstvu se pokládá nebo stříká hydroizolace a následně se provede definitivní ostění ze stříkaného nebo litého betonu (s výztuží nebo bez výztuže).



Obr. 4.25 Nové ostění se zvětšením světlého profilu

4.5 Vypadané (vydrolené) spárování

Dříve se pro spárování obezdívky používaly klasické vápenné malty s plnivem z písku. Tento materiál při spolupůsobení vody a mrazu, případně zplodin z provozu tunelu degraduje od líce směrem do ostění. Toto poškození z krátkodobého hlediska není rizikové, ale indikuje agresivní prostředí vůči pojivu jako takovému a problémy přináší do budoucna - spárování se postupně vydroluje a vypadává ze spár, čímž je ohrožena stabilita obezdívky zpočátku lokálně - vyjždějí jednotlivé kameny, později ve větším rozsahu a teoreticky může dojít ke zhroutilí klenby.



Obr. 4.26 Degradace spárování v kamenné obezdívce



Obr. 4.27 Prázdné spáry - ohrožení stability tunelového ostění

Sanace vydrolených spár

Vypadávající spárování lze řešit poměrně jednoduše hloubkovým spárováním. Tato technologie sestává z několika důležitých kroků. Všechny musí být dodrženy.

a) Vyčištění spár

V místech, kde spárovací malta ještě drží, musí být spáry vyčištěny a vyřezány tlakovou vodou na hloubku minimálně 50 mm, doporučeně 100 mm. Je nutné dosáhnout rovnoměrné tloušťky nového spárování. Postup by měl být po menších plochách, aby nedošlo k vypadávání zdících kamenů.

Prázdné spáry bez pojiva lze vyčistit „pouze“ stlačeným vzduchem.

b) Materiál pro spárování

Volba materiálu pro spárování je velice důležitá. V dnešní době je na trhu řada hmot pro spárování. Jejich základní vlastnosti jsou vodonepropustnost, mrazuvzdornost, objemová roztažnost (při vytvrnutí vyplní lépe spáry).

Volba materiálu pro spárování v zásadě koresponduje se základním materiálem obezdívky. Pokud je obezdívka z nasákových materiálů jako je např. pískovec (dříve velmi často používaný materiál kvůli dobré opracovatelnosti) nebo cihly, je nutné použít maltu s podobnými vlastnostmi po vytvrnutí (částečná nasákovost). Vhodná je klasická vápenná malta s plnivem z písku, s příměsí hmoty zaručující dlouhou životnost a sníženou namrzavost.

Pro obezdívku z tvrdého kamene nebo z betonových tvárnic, kde je povrchová degradace v průběhu času pomalejší, lze použít malty na bázi cementu.

Pokud by byla použita například pevná kvalitní cementová malta pro zdivo z pískovce, dojde časem k tomu, že pískovec bude odpadávat, ale výplň spár zůstane.

c) Spárování

Spárování bez ohledu na použitý materiál lze bez zvláštních opatření provádět pouze při teplotách nad 5°C, tedy zhruba od dubna do listopadu. Nesmí být prováděno v mrazech. U delších tunelů lze dosáhnout požadované teploty vyhříváním tunelu, což je ale velmi nákladné.

Při větších plochách s vypadaným nebo zvětřalým spárováním lze s výhodou využít technologii strojního stříkání. Dojde tím ke kvalitnějšímu vyplnění spár, postup je rychlejší.

Další způsob, jak provádět hloubkové spárování, je nejdříve ručně nebo strojně provést první vrstvu malty na hloubku cca 50 mm a následně provést výplňovou injektáž prostřednictvím malých pakrů.



Obr. 4.28 Hotové spárování

4.6 Vypadávající nebo uvolněné zdící kameny

Důsledkem vydroleného spárování v obezdívce spolu s degradací nebo s jiným poškozením samotných kamenů je vyjíždění a vypadávání jednotlivých klenáků nebo spíše jejich částí. Dochází tím k významnému ohrožení bezpečnosti provozu v tunelu.

Tento typ poškození není tak častý díky skladbě ostění - ložné spáry, které mají šířku cca 5-10 mm, se směrem k líci ostění svírají. Vzhledem k rozměrům zdících kamenů pak dojde pouze k vyjetí klenáku ze zdiva, spára se zavře a nemůže dojít k úplnému vypadnutí kamene.

Problém je v případě, že lícová vrstva obezdívky je z menších kamenů (ostění bylo budováno ve více vrstvách kamenů po tloušťce ostění s „nějakým“ převázáním těchto vrstev, eventuálně byl proveden obklad původního ostění). K uvolnění nebo vypadávání kamenů může dojít i v případě, že jsou kameny značně poškozené trhlinami či totálním zvětřáním.



Obr. 4.29 Vypadávání zdících kamenů, rozpad materiálu ostění

Sanace rozvolněného ostění

Kromě kvalitně provedeného spárování lze sanovat vypadávající kameny výměnou nejvíce poškozených částí obezdívky. Původní kameny lze vyřezat, strojně nebo vysokotlakým vodním paprskem a nahradit kameny ze stejného materiálu, tvárnicemi, nebo zaplombovat např. stříkaným betonem.

4.7 Mírně zvětralé spárování

Příčiny i řešení tohoto problému jsou popsány v kapitole 3.5. Rozdíl je v tom, že v tomto případě není dosah zvětrání tak hluboký. Malta stále ještě drží ve spárách, ale je možné ji bez větší námahy vyškrábnout nebo odstranit tryskáním (vysokotlakým vodním paprskem, pískováním).

V tomto případě je potřeba spáry vyčistit nebo spíše vyřezat na hloubku minimálně 50 mm, aby byl líc obezdívky dostatečně zatěsněn a znovu přespárovat. Sanaci je nutné provádět po menších plochách, tzv. na přeskáčku nebo šachovnicovitě.



Obr. 4.30 Příklady navětralého spárování - malta drží ve spárách, ale drolí se

4.8 Poruchy portálových částí tunelu

Nejčastější jsou sesuvy svahů či řízení zárubních zdí před portály, utržení portálové zdi apod.

Svahové sesuvy v předportálových oblastech se tunelů většinou netýkají, nicméně tím dochází k významnému ohrožení bezpečnosti provozu v tunelu. K těmto problémům dochází u tunelů ve skalních horninách i v zeminách.

Příčinou bývá malá smyková pevnost horniny v okolí portálů, eroze na povrchu svahů, nedostatečné nebo poškozené odvedení srážkové nebo podzemní vody.



Obr. 4.31 Sesuv svahu u portálu tunelu - ohrožení bezpečnosti, zablokování provozu

Řešení svahových sesuvů spadá do oboru mechaniky hornin a zemin, respektive do speciálního zakládání, nicméně v tomto textu se o nich stručně zmíníme.

Větší sesuvy se řeší většinou výměnou nebo opravou zárubních zdí, zřízením funkčních odvodňovacích příkopů nebo štěrkových drenážních žebírků. Stabilita svahů se řeší zlepšením stávající zeminy nebo kompletní výměnou určité tloušťky za materiál vhodný do násypu.

Dalším řešením je přikotvení sesuvné oblasti do skalního podloží lanovými nebo tyčovými kotvami, v případě menších sesuvů hřebíkováním (sít krátkých pasivních kotev).

Sanace zárubních zdí či přímo portálové stěny je analogická jako sanace tunelové obezdívky. Je však nutné pamatovat na rozdílné klimatické podmínky - v tunelu jsou většinou konstantní, na portálech působí slunce, déšť, mráz.

Téměř vždy je však nutné sanovat odvodňovací zařízení před a nad portály (římsově žlaby zárubních zdí, skluzy, svodnice, odvodnění rubu zárubních zdí, vyčištění nebo rekonstrukce příkopů v patách svahu nebo zárubní zdi, příkopy nad korunou zdí, odvodnění pláňě trati nebo komunikace před portály).



Obr. 4.32 Nová zárubní zeď, zlepšený zásyp za a kolem zdi



Obr. 4.33 Odtěžení zemin (hornin), nahrazení geobuňkami, kotvení skalního odřezu

4.9 Trhliny v materiálu ostění tunelu

Trhliny v materiálu ostění mohou být způsobeny celou řadou vlivů a okolností. Zásadní rozdělení trhlin podle příčiny vzniku je na statické, případně dynamické (způsobené nadměrným vnějším zatížením obezdívky), a materiálové (způsobené vlastnostmi materiálu ostění).

Určit jednoznačně příčinu vzniku trhlin (kromě jednoznačných poruch např. v důsledku havárie) je v zásadě nemožné. Vzhledem k tvaru ostění, k možnostem různého „směru“ zatížení, k obvyklé nehomogenitě materiálu ostění, je možné najít v tunelu více typů trhlin. Navíc je nutné znát i dosah - hloubku trhliny v ostění. Někdy je na povrchu vidět vlasová trhlina, která ale prostupuje na celou tloušťku konstrukce a může být nebezpečná do budoucna.



Obr. 4.34 Trhlina - na povrchu vlasová, po tloušťce ostění se rozšiřuje, zjištěno až jádrovým vrtem

Trhliny v základním materiálu ostění jsou problémem zejména u tunelů s betonovým, respektive železobetonovým, ostěním. Vznikají například při tvrdnutí betonu (smršťovací trhliny), při dotvarování betonu, nebo při změnách teplot (dilatační trhliny).

Z hlediska vývoje šířky trhlin v čase dělíme trhliny na **pasivní** (jednou vznikly a jejich šířka se dlouhodobě nemění, nebo je změna neměřitelná běžnými metodami) a **aktivní** (v průběhu času se jejich šířka mění, tato změna je měřitelná nebo dokonce viditelná).



Obr. 4.35 Příklad trhlín v materiálu ostění (beton, kamenná obezdívka)

4.9.1 Sanace pasivních trhlin

Pasivní trhliny, pokud nejdou přes celou tloušťku ostění a tedy nemohou vést přímo k havárii ostění, jsou problémem spíše z hlediska možné koroze výztuže u tunelů s ostěním ze železobetonu a hloubkové degradace betonu samotného. Proto je nutné je sanovat.

Trhliny lze sanovat mnoha způsoby, od ručního zapravení sanační maltou po chemické injektáže. V zásadě je volba technologie spíše otázkou ceny sanace, případně technických a časových možností při vlastní realizaci.



Obr. 4.36 Injektáž trhlín v kamenné obezdívce

4.9.2 Sanace aktivních trhlin

Sanace trhlin, jejichž šířka se v průběhu času mění (statické trhliny se postupně rozevírají, zvětšují, u dilatačních trhlin se šířka zmenšuje i zvětšuje během roku, atd.), je poměrně složitý problém. Dokonce ani moderní materiály nemají takovou přizpůsobivost, aby trhliny efektivně překlenuly a zatěsnily proti pronikání vody. Jinak řečeno materiály s vysokou pružností nemají takovou odolnost proti jinému namáhání (UV záření, mráz, CHRL, apod.) a naopak materiály s vysokou pevností a chemickou odolností nevládají reagovat zcela pružně na vývoj trhlin.

Dnes se pro sanaci aktivních trhlin používají převážně chemické injektáže. Jako injektážní materiál slouží nenapěňující nebo slabě napěňující polyuretanové pryskyřice, po vytvrzení pružné, s minimální přidržeností k podkladu 0,75 MPa.

Překlenutí trhlin lze řešit pomocí tzv. FRP materiálů - přelepením pásu výztužné syntetické fólie nebo „sešitím“ pomocí pásek vlepených do drážky vyfrézované kolmo na směr trhliny.

4.10 Plošná degradace ostění

4.10.1 Povrchová degradace

Spolupůsobením vody, mrazu (obecněji klimatických podmínek), případně zplodin z provozu v tunelu (dříve parní lokomotivy, dnes provoz diesellových a v silničních tunelech i benzinových motorů) a současného průsaku vody přes ostění dochází k povrchové degradaci materiálu ostění. Další příčinou v silničních tunelech je působení roztoků CHRL v zimním období. Životnost původních ochranných nátěrů je poměrně malá, agresivní roztoky soli pak narušují krycí vrstvu výztuže.

Toto poškození se projevuje odpadáváním materiálu v tloušťce řádově několik mm.



Obr. 4.37 Povrchová degradace materiálu ostění



Obr. 4.38 Povrchová degradace způsobená agresivitou CHRL

V první řadě je nutné odstranit jednu z hlavních příčin degradace - zejména průsaky vody přes ostění. Tento problém je popsán v kapitole 3.1.

Degradované vrstvy materiálu je nutné odstranit, například tryskáním tlakovou vodou nebo pískováním.

Očištěnou plochu je pak možné sanovat například stříkaným betonem, reprofilačními maltami (stěrkováním, nastříkáním, v závislosti na rozsahu prací), ochrannými nátěry, atd.

Pokud při otryskání dojde k odhalení výztuže, je nutné tuto výztuž ochránit inhibitorem koroze (nátěrem nebo nástříkem).

4.10.2 Hlubková degradace

Při dlouhodobém působení výše popsaných vlivů prostupuje degradace hlouběji do materiálu a způsobuje odpadávání částí obezdvíčky na hloubku řádově cm až dm. Tento jev ohrožuje výhledově stabilitu celé tunelové trouby nebo její významné části.



Obr. 4.39 Hlubková degradace materiálu ostění

Stejně jako v předchozím případě je nutné nejdříve odstranit zejména průsaky vody přes materiál ostění - viz kapitola 3.1, ostatní vlivy jako je střídání teplot nebo obecněji klimatické vlivy odstranit nelze.

Degradované vrstvy je nutné odstranit v plné hloubce - mechanicky (odbouráním, řezáním, frézováním) nebo otryskáním (vysokotlaký vodní paprsek, pískování).

Chybějící tloušťku ostění lze nahradit například stříkaným nebo litým betonem, reprofilační maltou (hrubá reprofilace - velká spotřeba hmot), apod.

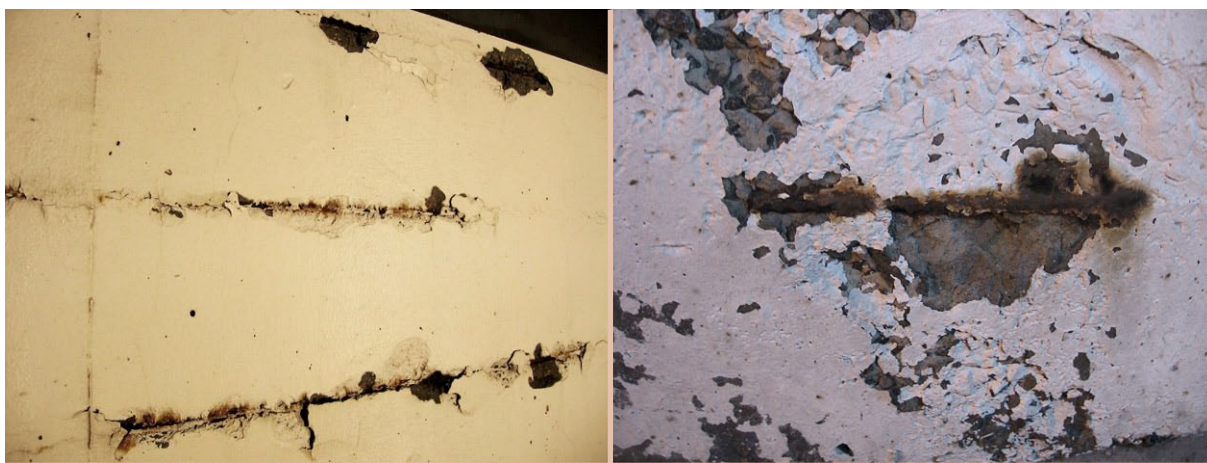
Pokud odstraňujeme vrstvu tloušťky řádově několik dm, jedná se de facto o výměnu ostění. Musíme přesně znát tloušťku původního ostění a vědět, kolik materiálu si můžeme dovolit odbourat. Pokud by hrozilo statické narušení klenby během bourání, je nutné provést stabilizační opatření (kotvení, zpevňující injektáže, podskružení).

V tomto případě se vždy vyplatí provést mezi původním a novým ostěním novou hydroizolační vrstvu. Před pokládkou izolace je vhodné provést vyrovnávací vrstvu ze stříkaného betonu, zejména pokud bude izolace z plastové fólie. Vytvoříme tím rovný povrch a izolační fólie se nebude deformovat.

V závislosti na intenzitě průsaků volíme jako izolaci buď hydroizolační nopovou fólii (plní funkci izolace i drenáže), nebo standardní tunelovou hydroizolaci (stříkaná membrána, plastová fólie z PVC-P, PE nebo FPO, jejíž jednotlivé pásy jsou k sobě vodotěsně navařovány tzv. dvoustopým svarem).

4.11 Koroze výztuže

U tunelů s monolitickým železobetonovým ostěním je povrchová nebo hloubková degradace betonu doprovázena korozi odhalené nosné výztuže. Ta může vést k oslabení výztužné funkce a posléze i ke zborcení konstrukce nebo její významné části. Je proto nutné odhalenou výztuž od koroze očistit a pasivovat, tedy zabránit dalšímu šíření koroze.



Obr. 4.40 Korodující odhalená výztuž

a) Ošetření stávající výztuže

Odhalenou korodující výztuž je nutné zcela očistit od rzi například otryskáním a ošetřit tzv. inhibitorem koroze, který výztuž pasivuje a tedy zabráni dalšímu šíření koroze.



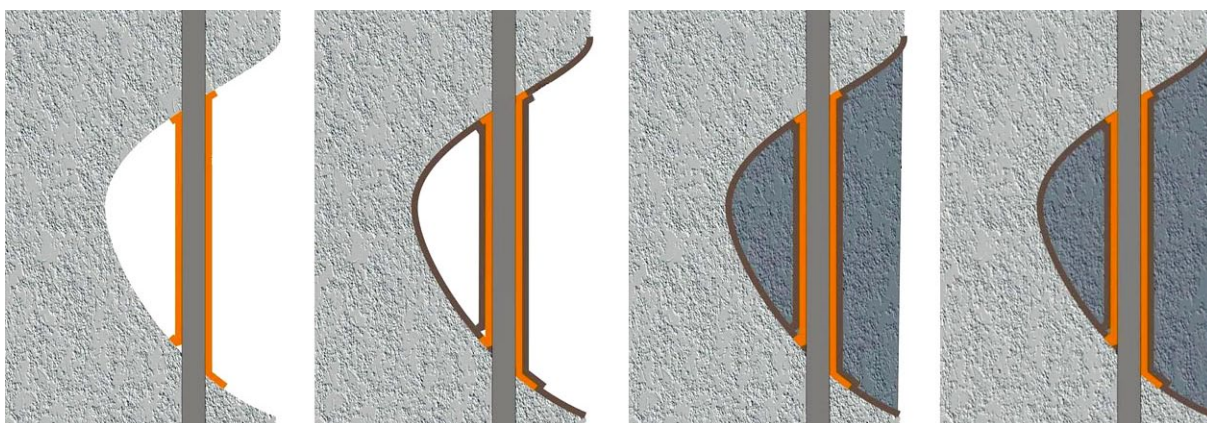
Obr. 4.41 Pasivace výztuže - zkorodovaná výztuž vlevo, po nátěru inhibitorem koroze vpravo

b) Reprofilace

Odpadlé části betonu nahradíme betonem, stříkaným betonem, lépe pak sanační maltou s vyšší odolností proti mrazu a jinému klimatickému a provoznímu zatížení. Tyto materiály pak výztuž chrání proti korozi.

Podle hloubky poškození dělíme reprofilaci na hrubou (výplňovou, na hloubku řádově několik centimetrů až decimetrů) a jemnou (povrchová úprava, na hloubku řádově do jednoho centimetru).

Pro tyto práce se používají speciální sanační malty s velkou odolností vůči klimatickým a chemickým vlivům, s vysokou přídržností k podkladu. Některé sanační materiály vyžadují aplikaci adhezního (kontaktního) můstku. V tom případě je nutné provádět tuto reprofilaci v jednom kroku, tzv. „mokré do mokrého“.



Obr. 4.42 Postup reprofilace - inhibitor koroze, adhezní můstek, hrubá a jemná reprofilace

c) Zesílení konstrukce přidanou výztuží

V některých případech je výztuž natolik zkorodovaná, že již neplní zcela svou funkci, není však možné ji opravit nebo nahradit přímo v konstrukci. Pak je nutné na základě statického výpočtu navrhnout zesílení konstrukce přidavnou výztuží. Ta se aplikuje na povrch dané železobetonové betonové konstrukce. Předtím je ale nutné poškozené části konstrukce zasanovat a reprofilovat tak, aby se přidavná výztuž mohla aplikovat na pevný povrch.

Dříve se jako přidavná výztuž používaly ocelové pásy, svařované sítě apod. Dnes se používají modernější lamely nebo tkaniny z umělých vláken (sklolaminátové, uhlíkové). Lamely (pásy) se buď lepí na povrch reprofilovaného betonu a to ve směru nosné výztuže, nebo se zalepí do vyfrézované drážky.

Výztužná tkanina se lepí plošně na opravený vyrovnaný povrch konstrukce, existují jednosměrné nebo obousměrné výztužné tkaniny (nahrazují, respektive zesilují, jak nosnou, tak smykovou výztuž).

Další velmi užívanou metodou je vlepování vysokopevnostních prutů z nekorodující oceli do vyfrézovaných drážek.



Obr. 4.43 Využití lepených výztužných lamel pro zesílení ostění tunelu v klenbě

5. Projektová dokumentace sanace

Na základě veškerých dostupných informací, archivních i aktuálních, je následně zpracován samotný projekt sanace. Struktura nebo podoba projektu je dána národními předpisy, normami, záleží na požadavcích investora, respektive objednatele. Účelem této části textu proto není předepisovat, jak přesně má projektová dokumentace vypadat, ale doporučit, co by měla obsahovat a které problémy by měla řešit.

Projekt mimo jiné může sloužit pro výběr zhotovitele sanace a tedy by měl poskytnout zhotovitelům firmám co nejpřesnější popis dané stavby a jejích problémů.

U rozsáhlejších nebo komplexních sanací je projekt obvykle víceetapový (od studie až po realizační dokumentaci stavby), prochází většinou složitým schvalovacím procesem a tedy jeho příprava trvá měsíce až roky.

Pokud je projekt zpracován pro menší rozsah oprav, jde obvykle o jednostupňový prováděcí projekt přímo pro zhotovitele sanačních prací jako jejich součást.

5.1 Rozsah projektu

Bez stanovení podrobného rozsahu projektu (nejlépe již při zadání průzkumných prací) je jeho zpracování riskantní záležitostí pro investora i projektanta - při dodatečném rozšiřování projekčních prací mohou chybět podklady, následně čas na přepracování projektu a samozřejmě také finanční prostředky.

Obecně lze záměr investora podle jeho požadavků a projektové práce podle rozsahu a podrobnosti rozdělit do následujících kategorií:

5.1.1 Projekt akutních oprav lokálních poruch

Tyto poruchy omezují, ohrožují, nebo přímo znemožňují provoz v tunelu.

- Cílem těchto oprav je obnovit bezpečný provoz v tunelu bez větších ohledů na technické parametry komunikace a tunelu.
- Nezabývají se prostorovou průchodností trati či komunikace podle aktuálně platných legislativních požadavků - postačuje stávající profil nebo jej lze při sanaci i zmenšit. Návrhová rychlost může být zachována, nebo je snížena.
- Neřeší geometrickou polohou koleje či komunikace v tunelu - postačuje stávající železniční svršek nebo vozovka.
- Není nutno zlepšovat celkovou klasifikaci tunelu - postačuje uvést do provozuschopného stavu pouze dílčí části tunelu.
- Z pohledu investora lze tuto činnost klasifikovat a rovněž i financovat jako provozní opravy.

5.1.2 Projekt velké opravy

Oprava tunelu nebo jeho významnějších částí se zachováním stávající průjezdnosti.

- Při sanaci nesmí být zhoršena prostorová průchodnost trati nebo komunikace v tunelu.
- Ve většině případů není nutno zabývat se geometrickou polohou koleje nebo komunikace v tunelu - postačuje stávající železniční svršek či stávající vozovka při zachování prostorové průchodnosti, případně se provádí pouze drobné úpravy svršku či komunikace.
- V případě zesilování ostění směrem do tunelu je nutné zohlednit a vyprojektovat i případné posuny geometrické polohy koleje či upravit povrch komunikace.
- Klasifikace stavebního stavu tunelu musí být v sanovaných částech, respektive v celém tunelu, vždy zlepšena.
- Vzhledem k rozsahu sanací jde většinou o tzv. investiční akci (obvykle jiný způsob financování než bylo zmíněno v předchozím odstavci).

5.1.3 Projekt komplexní rekonstrukce

Oprava tunelu nebo jeho významnějších částí se zlepšením stávající průjezdnosti.

- Jde o uvedení tunelu do stavu odpovídajícího současným (respektive investorem požadovaným) legislativním a technickým parametrům - zejména prostorová průchodnost, návrhová rychlost, technologické a bezpečnostní vybavení.
- Je nutné obvykle vyprojektovat sanaci včetně nového železničního svršku nebo nové komunikace a to včetně navazujících úseků mimo tunel. Někdy jde o značně dlouhé úseky komunikace nebo trati včetně železničního spodku, odvodnění a případně dalších souvisejících umělých objektů (propustky, zárubní zdi, apod.).
- Projekt obsahuje i rekonstrukce technologického vybavení, případně projekt úplně nových technologických zařízení v tunelu, která tam předtím nebyla.
- Zpřísnění bezpečnostních parametrů může vést k budování nových záchranných výklenků nebo dokonce k budování nových únikových cest.
- Cílem takové rekonstrukce po jejím provedení je klasifikace tunelu „bez závad“.
- Extrémním případem komplexní „rekonstrukce“ tunelu je jeho likvidace (snesení) a nahrazení zářezem s jištěnými svahy nebo výstavba nového tunelu v jiné trase.

5.2 Doporučený obsah projektu

Obsah projektové dokumentace je většinou více či méně striktně předepsán národními a oborovými předpisy a normami pro různé stupně podrobnosti (studie, studie proveditelnosti, investiční záměr, projekt pro územní řízení, projekt pro stavební řízení, projekt pro zadání stavby, projekt pro provedení stavby, dokumentace skutečného provedení apod.). V následujícím textu autoři definují specifické oblasti projektů sanací, jejichž řešení by v projektu sanace kteréhokoliv stupně nemělo chybět.

5.2.1 Textová část projektu

Textová část projektu musí obsahovat minimálně následující části :

- Základní identifikační údaje o stavbě - investor (objednatel), respektive správce tunelu, lokalizace stavby, doba a způsob (technologie) výstavby tunelu, stavebně technické řešení stavby - stávající stav, atd.
- Přehled podkladů - archivní podklady, jaké byly k dispozici, co z nich bylo použitelné jako zdroj informací a podklad pro průzkumy a projekt, atd.
- Geologické a hydrogeologické podmínky - většinou je čerpáno z archivní dokumentace, důležité je znát typy hornin zastižené ražbou nebo hloubením; podzemní voda (hladina podzemní vody je ustálená nebo závisí na povrchových srážkách, voda proudí nebo pouze obklopuje tunel, velmi důležitá je agresivita vody na stavební konstrukce, apod.).
- Shrnutí výsledků z průzkumných prací - přehled provedených průzkumů a závěry z jednotlivých činností.
- Popis a definování rozsahu sanace dle požadavků správce tunelu, tedy její účel. Jde zejména o definici stavu tunelu po provedené sanaci. Lze jmenovat např. požadovanou kategorii tunelu, návrhovou rychlost, minimální světlý průjezdný profil, požadavky na ještě „přijatelnou“ zvlhlost, požadavky na odvodňovací zařízení, životnost sanovaného tunelu nebo jeho částí, požadavky na železniční svršek, resp. na vozovku v tunelu, bezpečnostní zařízení v tunelu, technologické vybavení v tunelu apod.
- Návrh sanace - popis technického řešení sanace, dle potřeby statické výpočty, postup - časový harmonogram výstavby, popis a parametry navržených materiálů s ohledem na jejich životnost vzhledem k očekávané agresivitě prostředí, technologické pokyny pro provádění apod.

5.2.2 Výkresová část projektu

Výkresová část projektové dokumentace musí obsahovat minimálně následující části :

- Přehledná situace stavby - pro přehlednost (například rozsah sanace, pokud je v části tunelu, rozlišení různých typů sanace, apod.), geomorfologické podmínky, navazující stavby nebo objekty, atd.
- Výkresy k jednotlivým způsobům sanace - obvykle není nutné zpracovávat příliš detailní výkresy, důležitý je přehledně a srozumitelně znázorněný princip sanace, rozsah prací, postup výstavby, geometrické návaznosti, změny světlého profilu tunelu (směrem dovnitř i ven), atd.
- Detaily - zejména je nutné vykreslit atypická řešení, detaily míst, kde je ohrožena vodotěsnost konstrukcí, napojování různých částí konstrukcí nebo stavebních činností, atd.

5.2.3 Stanovení rozsahu sanace - soupis prací

a) Rozsah sanačních prací

Na základě prohlídek, průzkumů a dlouhodobého vývoje poškození lze stanovit s určitou přesností rozsah sanace již ve fázi projektu. Ve většině starších provozovaných tunelů se vyskytuje více typů poškození, ale naléhavost nebo nutnost sanace může být různá. Projekt by měl vyzdvihnout nejzávažnější problémy související s požadavky investora (viz kap. 1.2), které bezprostředně ohrožují bezpečný provoz v tunelu a které je nutné řešit neprodleně. Důležitým faktorem při rozhodování o rozsahu sanace jsou možnosti uzavírky tunelu (délky výluk), finančních možností investora atd.

Oproti novostavbám, kde jsou známy detailně vstupní parametry, není výsledek a ani objem sanačních prací vždy stoprocentně zaručitelný. Úspěch sanace závisí na mnoha okolnostech a pouze část z nich je možné během přípravy pomocí průzkumů odhalit. Proto je obvykle velmi obtížné sestavení podrobného soupisu prací včetně stanovení rozsahu souvisejících nutných výkonů zhotovitele a většinou i výkonů provozovatele trati či pozemní komunikace při výlukách a uzavírkách.

Sanace tunelu je obvykle prováděna v časově omezených výlukách trvajících řádově dny až několik týdnů, často je rozdělena do více etap. Pouze u rozsáhlých a komplexní rekonstrukcí lze uvažovat s delším souvislým časem pro provádění stavebních prací - řádově měsíce nebo roky.

b) Ocenění nákladů stavby

V projektu je obvykle investorem požadován výkaz výměr s oceněním stavby. Tato činnost vyžaduje zkušenosti projektanta z předchozích staveb a mělo by se k ní přistupovat velmi svědomitě a vždy s určitou rezervou.

Investor někdy požaduje ocenění položek rozpočtu podle tzv. třídniců (soupisy běžně používaných položek stavebních prací). Tyto třídnicí je však nutné používat velmi obezřetně. Vždy je nutné zvážit, zda vybraná ceníková položka skutečně vystihuje předpokládané náklady zhotovitele v tom či onom konkrétním případě. V případě oceňování položek sanací a rekonstrukcí tunelů je vhodnější jednotkové ceny kalkulovat přímo pro konkrétní stavbu a konkrétní podmínky (tzv. R-položky). Třídnicíkové jednotkové ceny nejsou obvykle schopny přesně zohlednit skutečné poměry na stavbě. Při oceňování sanace v projektu je nutné zohlednit v jednotkových cenách zejména následující faktory :

- většinou obtížná dopravní dostupnost - staveništní i mimostaveništní doprava (tunely se nachází obvykle v málo přístupných a hornatých terénech),
- většinou velmi omezené plochy pro zařízení staveniště,
- v případě sanací drážních tunelů bývá vhodné (někdy je to i jediná možnost) provádění sanačních prací přímo z mobilních prostředků - z plošinových vozů tzv. sanačního vlaku,
- stísněné poměry a tma v tunelu,
- práce v krátkých časových úsecích ve výlukách nebo za provozu na železničních tunelech s nutností uvolňovat staveniště (tunel) pro průjezd vlaků,
- práce za provozu na silničních tunelech (např. jen s uzavírkou jednoho jízdního pruhu)

-
- nutnost dodržování bezpečnostních báňských předpisů - nasazení příslušně kvalifikovaných osob, nasazení strojní techniky odpovídající technickým podmínkám pro práci v podzemí, větrání na stavebništi apod.
 - konkrétní klimatické vlivy podle místa stavby,
 - časté změny v předpokládaném pracovním postupu vyvolané změněnými podmínkami, které se zjistí až při vlastní sanaci (např. stav horniny nebo zakládka za ostěním po odbourání stávající obezdívky apod.),
 - související náklady provozovatele tunelu na výluky, uzavírky, objízdné trasy, náhradní doprava atd.).

Důležitou položkou rozpočtu sanace je i rozpočtová rezerva (na základě zkušeností by neměla být stanovena nižší jak 10% ze stavebních investičních nákladů), konkrétní způsob a podmínky jejího čerpání.

6. Autorský dozor na stavbě (odborný dozor)

Sanace jsou komplexem technicky složitých a odborných činností a zkušenosti stále častěji potvrzují, že minimálně občasná přítomnost projektanta na stavbě je nezbytná. Zejména pak v případech, kdy může v průběhu realizace dojít ke komplikacím, které vyžadují změny technologie nebo postupu prací a které mají samozřejmě dopad i na výslednou cenu stavby.

U komplikovaných sanací je vhodná trvalá přítomnost projektanta na stavbě během složitějších a technologicky náročnějších sanačních prací. Nelze totiž nikdy vyloučit, že všechny předpoklady projektu budou splněny a že se při odkrytí nebo odbourání části ostění neobjeví nové skutečnosti, které je potřebné operativně a zejména principiálně správně s přihlédnutím k ostatním standardním sanačním zásahům dle projektu dořešit. V takových případech pak funguje projektant jako tzv. technická podpora pro standardní technický dozor investora. Je proto vhodné, když si investor pro tyto činnosti vyčlení jistou finanční rezervu podle složitosti stavby.

Nejhorším stavem, který může nastat, je takový, že investor nemá na tuto činnost projektanta žádné finanční prostředky (např. opomenutí v souhrnném rozpočtu stavby), resp. pouze ve velmi omezeném množství, stanoveném procentuální sazbou z investičních nákladů. To může být dostatečné např. pro jednodušší drobné novostavby, ale v žádném případě již ne pro rekonstrukce a sanace. Důsledkem je pak následující stav na stavbě:

- projektant se účastní pouze kontrolních dnů max. jedenkrát měsíčně (pokud vůbec jsou kontrolní dny svolávány) v rámci standardního autorského dozoru a má tak minimální nebo vůbec žádnou možnost ovlivnit činnost zhotovitele (na kontrolních dnech se obvykle řeší to, co už je hotovo a nejde s tím prakticky nic dělat),
- investor, který není obvykle technicky srovnatelně erudován jako projektant, musí nechat zhotovitele, aby „si poradil sám, vždyť je to přece erudovaná firma“.

Za stavu, že jediným kritériem při výběru zhotovitele sanačních prací je pouze nejnižší nabídková cena, však vybraný zhotovitel nemusí erudovanou firmou vůbec být. Jakýkoliv zhotovitel si logicky „nějak“ poradí sám vždy. Protože je však komerčním subjektem, je cílem jeho činnosti dosažení zisku. To znamená, že jakékoliv změny v technologických postupech, neplánované činnosti a operativní improvizace zhotovitele nemusí vést (a obvykle nevedou) k dodržení potřebné kvality provedených prací a k efektivní účinné sanaci, ale vedou zvýšenými investičními náklady především k vylepšení zisku zhotovitele. Ačkoliv to zhotovitelé firmy nerady slyší, resp. vůbec nepřipouštějí, je všeobecně známo, že nejlépe zaplacená práce (činnost) je ta, která se vůbec neprovede.

U jednoduchých oprav, kdy je projekt součástí stavební dodávky, může projektant vykonávat i funkci technického vedení stavby pro zhotovitele. V takovém případě se doporučuje, aby měl investor k dispozici nějakého technicky odborně zdatného oponenta (supervize, technická podpora apod.).

7. Monitoring během sanace

Monitoring představuje soubor kontrolních a měřičských činností, dokumentujících správnost nebo nesprávnost předpokladů obsažených v projektu sanace (konfrontace projektu a skutečnosti během sanačních prací) a kvantifikuje možné negativní vlivy stavby na :

- stávající tunel,
- bezprostřední okolí tunelu včetně případné nadzemní zástavby, inženýrské sítě, jiná podzemní díla apod.
- životní prostředí,
- stav hladiny a kvalitu podzemních vod.

Monitoring během stavby má význam zejména u oprav a rekonstrukcí, kde je stavbou ohrožena buď stabilita stávajících konstrukcí, nebo okolní zástavba.

Rozsah, způsob a četnost sledování stavby (monitoring) by měly být stanoveny již v projektu pro zadání stavby.



Obr. 7.1 Konvergenční profily - sledování deformací ostění během realizace a po dokončení stavby

Nejobvyklejší formou je zadání monitoringu jako samostatné zakázky odborné firmě nebo osobě, nezávislé na zhotoviteli stavebních prací. Monitoring může ale také provádět investor svými vlastními prostředky, prostřednictvím firmy provádějící technický dozor investora (TDI), nebo může zadat výkon činností monitoringu i projektantovi jako součást odborného dozoru. V případě drobnějších sanací je rovněž možné, aby monitoring prováděl i sám zhotovitel sanačních prací a investor potom provádí pouze kontrolu a vyhodnocení výsledků.

Velmi důležitou součástí zadání monitoringu jako samostatné zakázky je i požadavek na způsob a formu vyhodnocování, předávání a distribuci naměřených dat v reálném a předem definovaném čase, případně i požadavek na odborná doporučení, závěry z měření apod. Tyto činnosti může vykonávat zhotovitel monitoringu, případně projektant nebo TDI. Vždy však musí být tyto činnosti u nějakého subjektu poptány a co nejpodrobněji definovány. Obvyklé a efektivní je, když jsou získaná data z měření a sledování analyzována předem definovaným týmem odborníků složeným z následujících subjektů (označovaným např. Rada monitoringu):

- zpracovatel monitoringu (prvotní vyhodnocení a prezentace naměřených dat a výsledků),
- projektant (v rámci AD posuzuje soulad výsledků měření a sledování s předpoklady projektu),
- zástupce zhotovitele (může komentovat a prezentovat činnost zhotovitele, ovlivňující měření a sledování),
- zástupce investora, např. TDI (rozhoduje a přijímá opatření k eliminaci negativních vlivů stavby, pokud je to potřebné),
- případně další experti podle složitosti stavby a rozsahu monitoringu.

Závěry analýzy výsledků monitoringu jsou potom dobře využitelné a mohou být objektivním a nezpochybnitelným důvodem pro operativní změny v postupu sanace, úpravy technologických postupů prací zhotovitele, redukci nebo rozšíření objemů sanačních prací apod.

Nejhorším případem je, když uvedené vyhodnocování naměřených dat není žádnému subjektu zadáno a zhotovitel monitoringu prostě zahrne investora hromadou naměřených dat, se kterými už dál nikdo nepracuje.

Nejobvyklejší nástroje monitoringu kromě průběžných vizuálních kontrol přímo na stavbě jsou geodetická měření. Nejčastěji se provádí:

- konvergenční měření v tunelu (relativní nebo absolutní),
- nivelační měření na povrchu nebo na okolní zástavbě.

Výsledkem uvedených geodetických měření jsou informace o průběhu deformací nové, sanované či stávající obezdívky tunelu a deformace na povrchu (poklesová kotlina).

Další používané prostředky pro monitoring:

- 3D laserové skenování v podzemí nebo i na povrchu,
- extenzometry v podzemí i na povrchu,
- inklinometry,
- dynamometry na hlavách kotev,
- distometry (měření šířky trhlin),
- tenzometry (měření a vývoj napětí na stávajících nebo nově budovaných konstrukcích v betonu nebo přímo na výztuži)
- náklonoměry (sledování náklonu stávajících nadzemních objektů)
- sledování hladiny podzemní vody (zvláště vybudované sledovací hydrovrty nebo měření hladiny ve stávajících studních),
- geologický a hydrologický sled,
- sledování a pravidelné prohlídky objektů v zóně ohrožení stavbou.

8. Příloha - oponentní posudky

Oponentní posudek č.1

Ing. Mojmír Nejezchleb, náměstek generálního ředitele pro modernizaci dráhy

Adresa a kontaktní údaje oponenta :

SŽDC s.o.

Dlážděná 1003/7

110 00 Praha 1

+420 972 235 203,

nejezchleb@szdc.cz, NMsek@szdc.cz

Oponentní posudek č.2

Ing. Michal Gramblička, vedoucí střediska projektování tunelových staveb

Adresa a kontaktní údaje oponenta :

SUDOP a.s.

Olšanská 1a

130 80 Praha

+420 267 094 323

michal.gramblicka@sudop.cz

Oba oponentní posudky jsou naskenovány na následujících stranách.

OPONENTNÍ POSUDEK

Metodika: (název metodiky): Sanace tunelů, Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů.....

(Autor a předkládající organizace): Ing. Vlastimil Horák, Ing. Jiří Matějček,
Ing. Jaroslav Lacina.....

| | |
|--|------------|
| 1) Splňuje metodika požadavky na strukturu certifikované metodiky? | |
| I) Cíl metodiky | ANO |
| Cíle metodiky jsou popsány v kapitole 1.1, jsou dostatečně srozumitelné a jasné. | |
| II) Vlastní popis metodiky | ANO |
| Vlastní metodika je obsažena v kapitolách 2 až 7 | |
| III) Vyjádření k „novosti postupů“ | ANO |
| „Novost“ postupů spočívá především v uceleném a přehledném zpracování a uspořádání poznatků z oblasti sanací tunelů. Oceňuji vysoké praktické zkušenosti autorů z řešené problematiky. | |
| IV) Popis uplatnění metodiky (pro koho je určena, jakým způsobem bude uplatněna) | ANO |
| Cílové skupiny uživatelů jsou jasně definovány v kapitole 1.4 a odpovídají realitě | |
| V) Seznam použité související literatury | ANO |
| Podrobný seznam použité literatury je uveden v kapitole 1.6 | |
| VI) Seznam publikací, které předcházely metodice/Výstupy z originální práce | ANO |
| Seznam publikací a přednášková činnost autorů související s příručkou je uvedena v kapitole 1.7 | |

| | |
|---|------------|
| 2) Dedikace = uvedení odkazu na příslušný projekt VaV, výzkumný záměr nebo dotační program | ANO |
| Údaje jsou uvedeny na str.2 | |

| | |
|--|------------|
| 3) SOUHRNNÉ VYJÁDŘENÍ (odpovídá požadavkům na certifikovanou metodiku při vyjádření ANO - povinně komentář) | ANO |
| Ano, předložená metodická příručka splňuje požadavky na certifikovanou metodiku, přehledně a jasně shrnuje požadavky na přípravu (včetně průzkumu), návrh a realizaci sanací podzemních staveb. Oceňuji praktické zkušenosti autorů v dané oblasti. Velmi správně jsou zařazeny kapitoly 6 a 7, rovněž velmi potřebné a praktické jsou informace z kapitoly 5, především 5.2.3 b). Do přílohy posudku uvádím některé konkrétní náměty a komentáře k textu. | |

POSUDEK ZPRACOVAL:

Titul, jméno, příjmení, titul: Ing. Mojmír Nejezchleb

Pracoviště: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace

Ulice: Dlážďená 1003/7

PSČ, Obec: 110 00 Praha 1

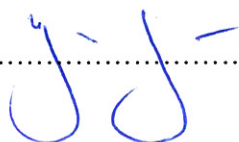
Telefon: +420 602 338 405

E-mail: **NEJEZCHLEB@SZDC.CZ**

Formulář pro odborného oponenta z oboru

Prohlašuji, že nejsem v zaměstnaneckém či obdobném vztahu k subjektům, které předložily metodiky, nemám osobní ani obdobný vztah k žádnému z předkladatelů a není mi známa žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit moji nepodjatost.

Datum: 29.2.2016

Podpis:


TA03030851 Sanace tunelů – technologie, materiály a metodické postupy

Sanace tunelů, Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů

Komentáře a náměty k metodické příručce:

- Str. 5, kap. 1.1, poslední odstavec, za slovo „návrhu“ doplnit slovo „sanace“
- Dtto, kap. 1.3, první odstavec, první věta upravit „...případně **se investovalo** nepříliš...“
- Dtto, poslední odstavec dole upravit „Výše uvedené předpisy se však **bud'** navzájem překrývají **nebo** některé oblasti...“
- Str.10, kap. 2.1, druhý odstavec, namísto „Drážní“ použít „Železniční“
- Str. 12, druhá odrážka shora uvést „koroze částí železničního svršku“
- Dtto, kap. 2.3.1, třetí odrážka uvést „...narušení vozovky nebo koleje...“
- Str. 13, bod c), předposlední řádek uvést „...zalednění koleje nebo vozovky.“
- Str. 14, kap. 2.3.4 nadpis, uvést „Zhoršující se parametry koleje...“
- Dtto, druhý odstavec, první řádek uvést „...vozovky nebo koleje...“
- Str.18, první věta shora, uvést namísto **drážních** slovo **železničních**
- Str.19, poslední věta dole, uvést namísto **následující** slovo **následné**
- Str.20, pátý řádek shora, uvést namísto **průjezdnicí** slovo **obrysnicí**
- Str. 21, u obr. 3.1 opět **obrysnicí**
- Dtto, u obou obrázků do závorky namísto České dráhy uvést Správa železniční dopravní cesty
- Str. 30, kap. 3.2.5, nazvat „ Měření a sledování trhlin **v ostění tunelu**“
- Str. 36, kap. 3.4, ve druhém odstavci „Základní doporučení...“ mi v odrážkách chybí zjištění stavu za ostěním
- Str. 41, bod c), předposlední odstavec, v první větě vypustit slovo **vystrojeny**
- Str. 48, třetí odstavec, namísto **pláň svršku** uvést **pláň železničního spodku**
- Str. 55, kap. 4.4.1, první věta uvést namísto **drážních** slovo **železničních**
- Str. 67, věta nad obrázkem, namísto **hloubce** použít slovo **tloušťce**
- Dtto, kap.5.2.1, první věta, uvést „Textová část projektu **musí** obsahovat **minimálně...**“
- Dtto str. 75, kap. 5.2.2
- Str. 76, poslední odrážka dole, namísto **souvisící** uvést slovo **související**

Ing. Mojmír Nejezchleb

Brno, 28. 2. 2016



OPONENTNÍ POSUDEK

Metodika: SANACE TUNELŮ

Horák, Matějček, Lacina, AMBERG Engineering Brno, a.s.

| | |
|---|------------------------|
| 1) Splňuje metodika požadavky na strukturu certifikované metodiky? | |
| I) Cíl metodiky | ANO |
| <i>Hlavním cílem metodiky je zvýšení úrovně informovanosti investorů, projektantů a stavitelů při řešení sanací tunelů a chápat sanace jako komplexní problém s mnoha návaznostmi. Dalším cílem je shrnutí obecných požadavků na přípravu, inženýrsko-geologický průzkum vč. zkušebních metod, pro projektovou přípravu a realizaci sanací tunelů a podzemních staveb.</i> | |
| II) Vlastní popis metodiky | ANO |
| <i>Obsahem kap.2 a 3 příručky je podrobný popis požadavků správce, obvyklých poruch vyžadujících sanaci s doporučením dalšího postupu, přípravných prací a projektů průzkumných prací. Kap.4 popisuje komplexně návrh sanace při poškození vodou, havarijním stavu ostění, nedostatečné světlém profilu tunelu, trhlin a degradaci ostění.</i> | |
| III) Vyjádření k „novosti postupů“ | ANO – jsou nové |
| <i>Doporučené typy sanace je možné rozdělit na dříve používané - klasické a nové postupy, stroje, materiály a technologie, které využívají nejmodernějších poznatků vědy a techniky.</i> | |
| IV) Popis uplatnění metodiky | ANO |
| <i>Jak již bylo konstatováno v cílech metodiky, můžou ji používat pracovníci na všech úrovních v rámci přípravy, průzkumů, projektů a realizace sanací podzemních objektů. Nejdůležitějším atributem možného použití je komplexnost obsahu příručky, popisující co nejpodrobněji všechny postupné kroky při správě podzemních objektů dopravní infrastruktury, přípravě sanace, inženýrsko-geologických průzkumech, projektování a provádění všech prací, které jsou při sanacích těchto objektů běžně používané.</i> | |
| V) Seznam použité související literatury | ANO |
| <i>Seznam literatury je dle mého názoru kompletní a obsahuje všechny související a relevantní zdroje, které byly v technické literatuře v minulosti uveřejněny.</i> | |
| VI) Seznam publikací, které předcházely metodice/Výstupy z originální práce | ANO |
| <i>Předložené metodice nepředcházely ze strany zpracovatele žádné publikace s tímto zaměřením. Z dostupné odborné literatury s obdobným zaměřením lze zmínit dnes již historické publikace Ing. Josef Kraus, CSc.-Ing. Bohumil Kubiček Sanace zděných staveb železničního spodku, Edice Železniční stavebnictví Nakladatelství dopravy a spojů, Praha 1967. Metodika je výsledkem originální práce zpracovatele.</i> | |

| | |
|---|------------|
| 2) Dedikace = uvedení odkazu na příslušný projekt VaV, výzkumný záměr nebo dotační program | ANO |
| <i>Předkládaná metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu VaV - TA ČR : TA03030851 Sanace tunelů - technologie, materiály a metodické postupy</i> | |
| 3) SOUHRNNÉ VYJÁDŘENÍ | ANO |
| <i>Metodická příručka pro Přípravu sanací tunelů odpovídá záměru Ministerstva dopravy a Rady pro výzkum, vývoj a inovace rozšířit informace o problematice správy, údržby, přípravy a provádění sanací podzemních objektů dopravní infrastruktury (silnice, železniční tratě, metro) o komplexní materiál popisující v jednom svazku všechny aspekty nejenom stavebních prací a činností, ale i důležitých souvisejících činností, a tento popis zpřístupnit pracovníkům státní správy, investorům, projektantům a odborným pracovištím dodavatelů stavebních prací.</i> | |

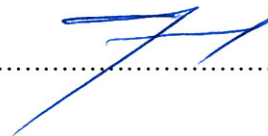
POSUDEK ZPRACOVAL:

Titul, jméno, příjmení, titul: ing. Michal Gramblička
Pracoviště: SUDOP Praha a.s.,
Ulice: Olšanská 1a
PSČ, Obec: 130 80 Praha 3 - Žižkov
Telefon: + 420 605 229 004
E-mail: michal.gramblicka@sudop.cz

Prohlašuji, že nejsem v zaměstnaneckém či obdobném vztahu k subjektům, které předložily metodiky, nemám osobní ani obdobný vztah k žádnému z předkladatelů a není mi známa žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit moji nepodjatost.

Datum: 25.1.2016

Podpis:



9. Osvědčení MD



Ministerstvo dopravy

nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12
PO BOX 9, 110 15 Praha 1

Praha 18. dubna 2016
Č. j.: 44/2016-710-VV/1

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

o uznání uplatněné certifikované metodiky
v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“

„Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů“

ŘEŠITEL

**AMBERG Engineering Brno, a.s.,
VUT Brno, Fakulta Stavební**

Autor:

**Ing. Vlastimil Horák
Ing. Jiří Matějček
Ing. Jaroslav Lacina**

Vypracované v rámci výzkumného projektu č TA03030851 Sanace tunelů - technologie, materiály a metodické postupy“ financovaného z programu ALFA TA ČR.

Zpracovatelé 2 nezávislých oponentních posudků:

- Ing. Mojmír Nejezchleb, SŽDC, s.o.
- Ing. Michal Gramblička, SUDOP Praha, a.s.

JUDr. Václav Kobera
Ředitel

Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI

