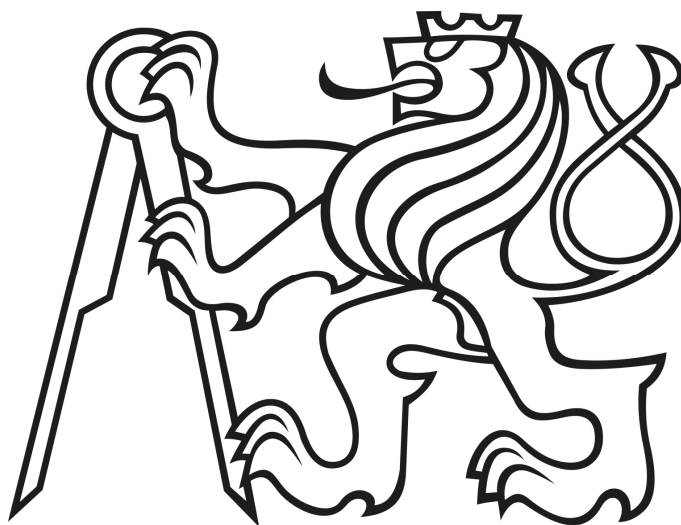


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**  
**FAKULTA STAVENÍ**  
**Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Sanace betonových konstrukcí v závislosti na**  
**diagnostice**

**Jana Havlíková**

**2016**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloslava Popenková, CSc.**

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 22.5.2016

Jana Havlíková

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Děkuji Ing. Miloslavě Popenkové, CSc. za vedení této bakalářské práce a firmě Pontex s.r.o. za poskytnuté podklady a konzultace.

**Sanace betonových konstrukcí v závislosti  
na diagnostice**

**Rehabilitation of concrete structures,  
depending on the diagnostics**





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: HAVLÍKOVÁ Jméno: JANA Osobní číslo: 409792

Zadávací katedra: KATEDRA TECHNOLOGIÍ STAVEB

Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: PŘÍPRAVA, REALIZACE A PROVOZ STAVEB

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: SANACE BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ V ZÁVISLOSTI NA DIAGNOSTICE

Název bakalářské práce anglicky: REHABILITATION OF CONCRETE STRUCTURES, DEPENDING ON THE DIAGNOSTICS

Pokyny pro vypracování:

- I. ÚVOD DO PROBLEMATIKY
- II. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY
- III. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
- IV. VÝSLEDKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
- V. ZAVĚR
- VI. LITERATURA
- VII. SEZNAM

Seznam doporučené literatury:

- SANACE BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ 2003 - JIŘÍ DOHNÁLEK A JURAJ BILČÍK
- PŘEDPISY A DOKUMENTACE PRO PK - TECHNICKÉ PODMÍNKY MD - TP 72 DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTŮ
- AREKONSTRUKCE BETONOVÝCH MOSTŮ
- TP 120 - ÚDRŽBA, OPRAVY
- TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB - TŘP 31

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. MILOSLAVA POPENKOVÁ, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

23.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



# **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá druhy sanace nosných železobetonových konstrukcí v závislosti na předchozí diagnostice určené konstrukce. V první části jsou popsány diagnostické metody, které jsou rozděleny podle vlivu na konstrukce (destruktivní, nedestruktivní) a účelu jejich využití. V další části se práce zabývá způsobem rozhodnutí o vhodné sanaci ve vazbě na výsledky diagnostického průzkumu. V závěrečné části jsou popsány metody sanací poruch železobetonových konstrukcí. Tyto metody jsou členěny v závislosti na zjištěných poruchách. Řešen je i vliv na životnost konstrukce.

## **Klíčová slova**

Zkouška, pevnost, odolnost, sanace, injektáž, životnost, diagnostika

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with the types of rehabilitation concrete superstructure according to previous diagnosis of structure. In the first part diagnostic methods are described and divided by the influence to the construction (destructive, nondestructive) and by purpose of their use. The next part concentrates on the options how to properly decide and perform remediation in the connection to the results of diagnostic research. The last part describes methods of remediation defects of concrete structure. These methods are structured by the dependence on identified defects. Effects on the durability of the construction are also discussed.

## **Key Words**

Test, strength, resistance, rehabilitation, grouting, service life, diagnostics

# Obsah

1. Úvod.....	11
2. Diagnostický průzkum obecně.....	12
2.1. Účel diagnostického průzkum.....	12
2.2. Zhotovitel diagnostického průzkumu.....	12
3. Metodika .....	13
3.1. Podklady.....	13
3.2. Prohlídka .....	13
4. Diagnostický průzkum .....	14
4.1. Určení rozsahu.....	14
4.2. Základní diagnostické zkoušky .....	14
4.2.1.Nedestruktivní zkoušky.....	14
4.2.1.1.Tvrdoměrné metody .....	15
4.2.1.1.1.Odrazová metoda .....	15
4.2.1.1.2.Vtisková metoda .....	15
4.2.1.1.3.Špičáková metoda.....	17
4.2.1.1.4.Brusná metoda .....	17
4.2.1.1.5.Vrtací metoda.....	17
4.2.1.2.Elektrodynamické metody.....	18
4.2.1.2.1.Ultrazvuková metoda.....	18
4.2.1.2.2.Ostatní elektrodynamické metody .....	19
4.2.1.3.Elektromagnetické metody.....	19
4.2.1.4.Elektrické metody.....	19
4.2.1.5.Radiační metody .....	20
4.2.2.Semidestruktivní zkoušky .....	20
4.2.2.1.Zkoušky a využitím jádrových vrtů.....	20
4.2.2.2.Odtrhové zkoušky.....	21
4.2.2.3.Další semidestruktivní zkoušky.....	22
4.3. Ověření vlastností betonu.....	22
4.3.1.Stejnorodost betonu.....	22
4.3.2.Pevnost v tlaku .....	23
4.3.3.Modul pružnosti .....	23
4.3.4.Karbonatace betonu.....	24

4.3.5.	Obsah chloridových iontů .....	24
4.3.6.	Pórovitost a propustnost betonu .....	25
4.3.7.	Vlhkost betonu .....	26
4.3.8.	Mrazuvzdornost betonu .....	27
4.3.9.	Poloha výztuže .....	27
4.3.10.	Životnost betonu.....	28
4.4.	Poruchy.....	29
4.4.1.	Opořebení povrchu .....	29
4.4.2.	Trhliny .....	29
4.4.2.1.	Technologické trhliny.....	29
4.4.2.2.	Statické trhliny.....	32
4.4.2.3.	Vyšetření trhlin .....	34
4.4.3.	Koroze betonu .....	35
4.4.3.1.	Koroze betonu chemickými vlivy.....	35
4.4.3.2.	Koroze betonu fyzikálními vlivy .....	37
4.4.3.3.	Koroze betonu biologickými vlivy .....	38
4.4.4.	Koroze výztuže.....	39
4.5.	Závěrečná zpráva.....	41
5.	Stanovení cíle sanace .....	42
5.1.	Vyhodnocení diagnostického průzkumu, návrh opatření.....	42
5.2.	Stanovení příčin poruch. ....	43
5.3.	Předběžný odhad nákladů.....	45
5.4.	Vyhodnocení multikriteriální analýzy.....	45
6.	Metody sanace.....	47
6.1.	Příprava podkladu .....	47
6.2.	Sanace povrchu výztuže .....	47
6.3.	Adhezní můstek.....	48
6.4.	Reprofilace .....	48
6.5.	Sekundární ochrana betonu .....	50
6.5.1.	Impregnace .....	50
6.5.2.	Nátěr .....	50
6.6.	Sanace trhlin .....	51
6.6.1.	Nátěr .....	51

6.6.2. Těsnící pásy .....	52
6.6.3. Vyplnění trhlin .....	52
6.6.4. Vytvoření spáry v místě trhliny .....	53
6.6.5. Vnější předpětí .....	53
6.7. Sanace spár .....	54
6.7.1. Pracovní spáry .....	54
6.7.2. Dilatační spáry .....	54
6.8. Sanace otvoru .....	55
6.9. Speciální sanace .....	56
7. Příklad návrhu sanace betonového mostu .....	57
7.1. Identifikační údaje .....	57
7.2. Zdůvodnění návrhu opravy .....	58
7.2.1. Důvody vyvolávající potřebu opravy .....	58
7.2.2. Účel a cíle opravy .....	59
7.3. Zájmové území .....	59
7.4. Výchozí podklady pro návrh variant .....	60
7.5. Charakteristiky území .....	60
7.5.1. Charakter překážky a převáděné komunikace .....	60
7.5.2. Územní podmínky .....	60
7.5.3. Zaměření a vytyčení mostu .....	61
7.6. Základní charakteristiky variant .....	61
7.6.1. VARIANTA 1. ....	61
7.6.1.1. Popis předpokládaných prací .....	62
7.6.2. VARIANTA 2. ....	64
7.6.2.1. Popis předpokládaných prací: .....	64
7.6.3. VARIANTA 3. ....	66
7.6.3.1. Popis předpokládaných prací .....	67
7.7. Dopravní problematika variant .....	69
7.8. Ekonomické porovnání variant .....	69
7.8.1. Odhad nákladů .....	69
7.8.2. Multi-kriteriální analýza .....	70
7.9. Souhrnné posouzení variant a doporučení .....	71
8. Závěr .....	72

9. Přílohy .....	73
9.1. Příloha č.1 .....	73
9.2. Příloha č.2 .....	74
Použití zdroje .....	92
Seznam obrázků .....	94
Seznam tabulek .....	95

# 1. Úvod

Bakalářská práce popisuje sanace betonových nosných konstrukcí dle diagnostického průzkumu.

Železobetonové konstrukce můžeme dle požadavků na opravu dělit do čtyř skupin.

Do první skupiny spadají konstrukce, které ještě nejsou korozně poškozeny a staticky zcela vyhovují. Zásahujeme pouze profylakticky, cílem je prodloužit životnost objektu v předstihu a s co nejmenšími náklady.

Druhá skupina obsahuje opravy vzhledu konstrukce, a to především barevné opravy. Tyto opravy slouží k prodloužení životnosti objektu a k obnově estetiky.

Ve třetí skupině už sanačně zasahujeme do objektu, ale budova stále staticky vyhovuje. Tyto opravy děláme jak za účelem estetiky, tak za účelem zastavení koroze výztuže.

Čtvrtá skupina je skupina obsahující sanační zásahy na konstrukcích, kde kvůli korozi došlo k ohrožení životnosti konstrukce a k její statické bezpečnosti. Stejně zásahy by se řešili i v případě změn parametrů objektu.

Účelem sanace je zamezit, anebo zastavit korozivní procesy na výztuži železobetonové konstrukce. Aby sanace byla co nejvíce účinná a trvanlivá, je třeba zajistit mrazuvzdorný, přiměřeně vodotěsný, objemově co nejstálejší, pevnostně i pružnostně přizpůsobený podkladovému betonu, vysoce difuzně odolný proti průniku oxidu uhličitého, dobře zpracovaný jak v teplotním rozmezí, tak v obtížných dispozičních podmínkách, snadno čistitelný a ekologicky nezávadný sanační systém.

Součástí je i příklad multikriteriální analýzy více variant sanace betonové konstrukce.

## **2. Diagnostický průzkum obecně**

### **2.1. Účel diagnostického průzkum**

Diagnostika se provádí ve dvou hlavních případech, zaprvé v rámci pravidelné činnosti správce objektu a zadruhé pokud to požaduje správce objektu.

Správce požaduje diagnostiku, když při provádění pravidelných prohlídek objektu zjistí degradaci nebo poruchu, dále pokud má být zvětšeno projektované zatížení konstrukce a k získání potřebných podkladů pro návrh rekonstrukce.

Hodnocení stavu konstrukce se při pravidelné činnosti provádí, když správce objektu chce doplnit data potřebné k provádění pravidelné údržby objektu, dále k doplnění dat při optimalizaci výběru objektů pro provádění oprav a rekonstrukci a k zajištění bezpečného provozu a provozní spolehlivosti objektu.

U novostaveb se provádí diagnostika v tom případě, jsou-li pochybnosti o kvalitě použitých materiálů, především betonu.

### **2.2. Zhotovitel diagnostického průzkumu**

Diagnostiku provádí odborná firma, jejímž předmětem podnikání je defektoskopie a diagnostika stavebních konstrukcí a materiálů anebo zkoušení ve stavebnictví, dle zákona č. 130/2008 Sb. a která má podle zákona č.500/04 vydaný živnostenský list.



## **3. Metodika**

### **3.1. Podklady**

První krok ke správné diagnostice je seznámení s objektem, tudíž se snažíme sehnat veškerou existující dokumentaci. Hledanými podklady jsou, projektová dokumentace, údaje o stáří konstrukce, záznamy o opravách, statické výpočty, informace o použitých materiálech, stavební deník a fotodokumentace. Dále je třeba zjistit postup výstavby.

Z nasbíraných dat se pak vytvoří předběžná zpráva a podle ní pak rozsah prohlídky konstrukce na místě.

### **3.2. Prohlídka**

Díky vizuální prohlídce betonové konstrukce před prováděním diagnostického průzkumu je možno zjistit důležité informace o výrobě a o porušení dané konstrukce.

Při vizuální prohlídce se soustředíme na zjištění velikosti vzduchových pórů, poškození povrchové vrstvy při odbedňování, vápenné výluhy, trhliny, zřetelně viditelné pracovní spáry, štěrkové pruhy, odlupování krycích vrstev, koroze výztuže a degradace povrchu chemickými látkami a mrazem apod.

## **4. Diagnostický průzkum**

### **4.1. Určení rozsahu**

Diagnostický průzkum se používá jako podklad pro opravu či rekonstrukce objektu.

Rozsah diagnostického průzkumu závisí na tom, v jakém stavu se objekt nachází, přístupností jednotlivých částí, možnostmi diagnostického oddělení a dalšími okolnostmi.

Diagnostický průzkum je možné dělit do čtyř základních skupin, a to podle objemu požadovaných dat.

Na základní průzkum, kdy je jen snaha doplnit nebo upřesnit výsledek hlavní prohlídky objektu. Tento rozsah průzkumu se používá i k zajištění dokumentace stávajícího stavu objektu. Dokumentace stávajícího stavu musí obsahovat technickou zprávu s popisem konstrukce a jejího stavu, půdorys, příčný řez, podélný řez a zakreslení výztuže v rozhodujících průřezech.

Další skupinou je dílčí prohlídka, tato prohlídka se provádí v případě nutnosti získání podkladů pro výpočet zatížitelnosti objektu. Dílčí prohlídka má několik variant, podle množství existující dokumentace a dále zda se bude provádět jen porovnávací nebo podrobný statický výpočet. Pokud se bude provádět podrobný výpočet, tak podle toho zda se výpočet bude dělat na celý objekt nebo jen na jeho nosnou konstrukci.

Jako podklad pro návrh opravy konstrukce se používá diagnostický průzkum podrobný.

Poslední skupinou je průzkum doplňkový, který se provádí podle požadavků během rekonstrukce. Slouží k upřesnění opravy či rozsahu prací.

### **4.2. Základní diagnostické zkoušky**

Jedno z možných dělení diagnostických metod je podle stupně poškození diagnostikované konstrukce na nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní.

#### **4.2.1. Nedestruktivní zkoušky**

Nedestruktivní zkušební metody nepoškozují danou konstrukci. Jedinou výjimkou jsou tvrdoměrné metody, u kterých je nutné zkušební místo buď sbrousit, nebo je poškozeno vrypem či vtiskem.

### 4.2.1.1. Tvrdoměrné metody

Slouží k měření pevnosti v tlaku betonu. Tvrdoměrné metody se dělí na pět základních metod.

#### 4.2.1.1.1. Odrazová metoda

První je stanovení tvrdosti betonu odrazovým tvrdoměrem podle ČSN EN 12504-2. Při této metodě se používá odrazový tvrdoměr, známý také pod názvem Schmidtovo kladivo (Obrázek 1.). Tvrdost betonu se určuje pomocí odrazu tvrdoměru od zkušební zbroušené plošky na konstrukci pomocí převodního vztahu. Takto získané hodnoty se mohou brát pouze jako informativní.

Výhodou je, že je to velmi rychlá a jednoduchá metoda.

Nevýhodou je, že výsledky této zkoušky jsou ovlivněny několika faktory, jako je karbonatace a výztuž. Proto je nutné na každém zkušebním místě udělat alespoň 9 měření. Nevýhoda je také to, že výsledné hodnoty udávají stav maximálně do třicetimetřové hloubky konstrukce.



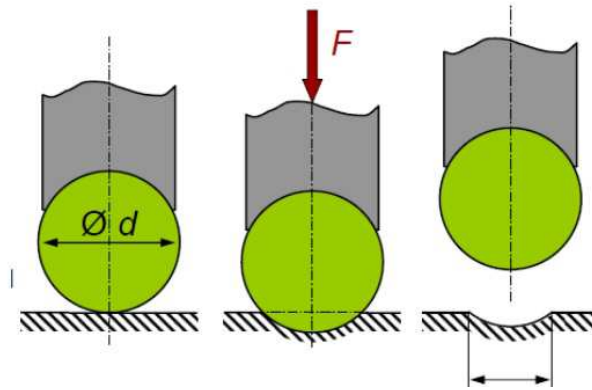
Obrázek 1. Odrazový tvrdoměr [19]

#### 4.2.1.1.2. Vtisková metoda

Další metoda je vtisková, tato metoda je asi nejrozšířenější. Při této metodě se vytváří vtisk postupným vtlačováním zvoleného tělesa se zvyšující se silou. Tvrdost tělesa je u této metody rovna odporu materiálu proti vniku tělesa. Vtiskových metod je více druhů, například metoda Brinell, Ludwikova zkouška, Rockwellova zkouška, Vickersova zkouška a další.

Zkouška Brinellovou metodou spočívá v zatlačování tělíška (ocelové kuličky nebo kuličky z tvrdokovu o průměru D) určitou silou vnikací do povrchu vzorku. Tvrdost se vyjadřuje poměrem zatížení ploše kulovitého vtisku. Ocelová kulička se používá pro materiály s tvrdostí podle Brinella ne vyšší než 450 HB. Kulička z tvrdokovu se používá pro materiály s tvrdostí podle Brinella ne vyšší než 650 HB. Hodnoty tvrdosti získané použitím ocelové kuličky a kuličky z tvrdokovu se podstatně liší při tvrdostech nad 350 HB. [18]

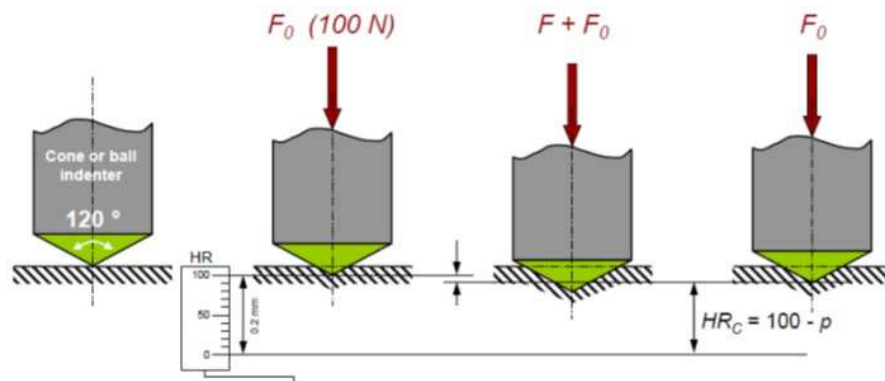
#### 4. Diagnostický průzkum



Obrázek 2. Metoda Brinell [18]

Ludwikova zkouška byla vynalezena proto, aby odstranila nedostatky Brinellovy metody. Nevýhoda Brinellovy zkoušky byla v tom, že tvrdost je závislá na velikosti zatížení. Tento nedostatek se odstranil použitím místo kuličky kuželu. Tato změna vede k tomu, že poměr tangenciálního a normálového napětí je stejný.

Rockwellova zkouška se zakládá na stejném principu jako dvě předchozí zkoušky. Obměnou je pouze výměna válečku či kuličky za indenter z diamantu a to, že došlo ke zmenšení zatížení. Rockwell si zvolil diamantový kužel s vrcholovým



Obrázek 3. Rockwellova zkouška [18]

úhlem  $120^\circ$  se zaoblením 0,2 mm. Výhodou je, že tato zkouška nevyžaduje upravený povrch, jelikož po zatížení 98 N se ustálí hloubkoměr na nulu a hloubka se měří teprve od této hodnoty.

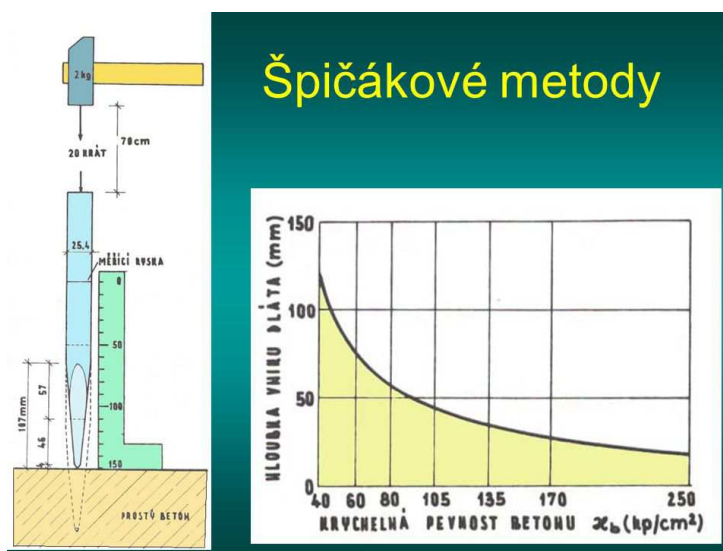
Podstatou Vickersovi zkoušky je vnikání diamantového čtyřbokého jehlanu do povrchu vzorku. Tvrdost podle Vickerse je vyjádřena jako poměr zkušebního zatížení k ploše povrchu vtisku, jenž se uvažuje jako pravidelný čtyřboký jehlan se čtvercovou základnou a s vrcholovým úhlem rovnajícím se úhlu vnikajícího tělesa. [18]

### 4.2.1.1.3. Špičáková metoda

Podstatou metody špičáku je vnikání tvrdého tělesa do měkkého. Při této metodě se buď měří hloubka vniku špičáku do materiálu předepsaným počtem úderů, anebo naopak potřebný počet údarů na zaražení do dané hloubky. Zkoušený beton je buď přirozeně vlhký, nasycený vodou nebo výjimečně suchý. Minimální tloušťka betonu, který můžeme zkoušet je 100mm. (Obrázek 4)

Výhodou této metody je, že její provedení je snadné a rychlé. Doporučuje se používat tam, kde nelze odebrat jádrové vrty.

Nevýhodou ovšem je, že zkouška může poškodit zkoušenou konstrukci a také díky ní vznikají trhliny na konstrukci. Ty to výsledky snadno ovlivní výztuž, takže jsou méně prokazatelné. Tuto metodu pomalu nahrazuje Windsorova sonda s elektrickým měřením.



Obrázek 4. Špičáková metoda [8]

### 4.2.1.1.4. Brusná metoda

Zjištění tvrdosti povrchu pomocí brusné metody spočívá v tom, že se změří potřebná energie na to, aby se vybrusila předem specifikovaná stopa ve zkušebním materiálu.

### 4.2.1.1.5. Vrtací metoda

Poslední tvrdoměrnou metodou zde popsanou je metoda vrtací, která spočívá v měření hloubky vyvrtaného otvoru za dané síly a počtu otáček.

### 4.2.1.2. Elektrodynamické metody

Tyto metody jsou určeny zejména ke stanovení kvality betonu a vnitřních nehomogenit. Jsou založeny na principu vyhodnocení šíření a odrazu mechanického vlnění vyvolaného ve zkoušeném materiálu.

Řada těchto metod se hodí zejména pro vyhodnocování materiálů vozovek (asfaltové betony), podloží konstrukcí apod. Dále jsou uvedeny jen metody vhodné pro diagnostikování betonových konstrukcí.

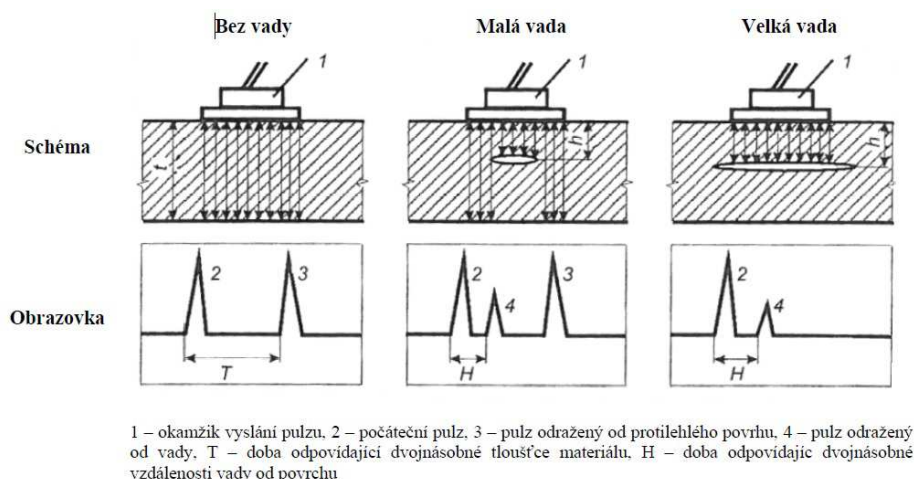
#### 4.2.1.2.1. Ultrazvuková metoda

Jedná se o nejpoužívanější elektrodynamickou metodu. Využívá se i pro jiné průzkumy, než je diagnostika betonových konstrukcí.

Je postavena na sledování šíření ultrazvukového vlnění v materiálu. Používají se vlnění o frekvenci 20 – 150 kHz. V zásadě se užívá dvou principů, a to měření rychlosti šíření vlnění a principu odrazu vlnění, kde se při vyhodnocení snažíme objevit odraz od vady či tělesa v betonu.

Těmito metodami je možno stanovit kvalitu betonu nebo diskontinuity v betonu (trhliny, skryté dutiny apod.). Lze ji použít i pro stanovení rozměrů konstrukce, pokud je částečně skrytá.

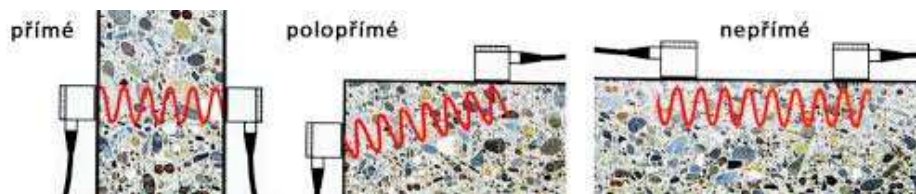
U odrazové metody stačí přístup z jedné strany konstrukce. Při této metodě můžeme buď pracovat s jednou sondou, kdy funguje jako přijímač i jako vysílač (Obrázek 5), nebo se dvěma sondami, kde je jedna sonda vysílač a druhá přijímač.



Obrázek 5. Odrazová metoda [18]

U železobetonových konstrukcí ji lze tuto metodu využít pro odhalování výztuže, její polohy a profilu.

Další metoda je založena na principu měření rychlosti šíření vlnění. Sondy se pak mohou uložit na různá místa a podle toho určujeme, zdali se jedná o přímé, polopřímé či nepřímé prozvučování. (Obrázek )



Obrázek 6. Druhy prozvučování [4]

Největšími výhodami této metody je, že se zkoušená konstrukce vůbec nepoškodí a že se snadno provádí.

Tato metoda má nevýhodu v tom, že při měření je většinou nutný přístup ke konstrukci z obou stran. Nejvíce je i tato metoda je ovlivněná výztuží a zároveň rozdílnou vlhkostí.

#### **4.2.1.2.2. Ostatní elektrodynamické metody**

Jsou využívány méně často a jsou méně univerzální. Jedná se zejména o:

Rezonanční metodu – pro stanovení dynamických modulů pružnosti.

Metodu akustické emise – pro stanovení rozvoje vnitřních trhlin v materiálu.

Impact echo metodu – pro stanovení nehomogenit v materiálu.

#### **4.2.1.3. Elektromagnetické metody**

Jsou založeny na měření elektromagnetických vlastností materiálu. Lze je využít pro stanovení polohy výztuže a profilu výztuže, k tomu se používají zejména elektromagnetické sondy.

Mikrovlnné metody lze použít pro stanovení vlhkosti materiálu. Indukční metody se používají pro měření tlouštěk resp. jejich změn při deformacích. Lze je využít i pro měření vlhkosti.

#### **4.2.1.4. Elektrické metody**

Jedná se o odporové a kapacitní metody.

Odporové metody se používají pro měření velmi malých deformací, na jejich principu jsou postaveny odporové tenzometry – u nich se měří měnící se odpor drátu při jeho protažení mechanickou deformací. Z kalibrované změny odporu lze stanovit velikost deformace. Tenzometry se přilepují na konstrukce a z jejich deformace je možno stanovit deformaci přilehlé části konstrukce. Z deformace je pak při známém modulu pružnosti možno stanovit napětí v konstrukci.

Kapacitní metody se používají na stanovení vlhkosti materiálu. Využívá se principu změny permeability při změně množství vody v betonu.

#### **4.2.1.5. Radiační metody**

Využívají vlastností ionizujícího záření. Jedná se v podstatě o princip rentgenu. Umožňují prozářit konstrukci a odhalit vnitřní vady a výztuž. Při prozáření z různých směrů je možno vytvořit prostorový obraz vnitřní struktury konstrukce. Uvedené metody jsou náročné na provedení a bezpečnost. Doby pro prozáření jsou velmi dlouhé a bezpečnostní opatření náročná.

### **4.2.2. Semidestruktivní zkoušky**

Jedná se o skupinu metod, kdy sice dojde k poškození konstrukce, ale toto poškození je malé ve srovnání s celým objemem konstrukce a neohrožuje její stabilitu ani zásadně nesnižují životnost konstrukce.

Je nutné, aby poloha zkoušek byla volena s ohledem na statickou funkci konstrukce a její co nejlepší znalost a dále aby konstrukce byla co nejméně narušena.

#### **4.2.2.1. Zkoušky a využitím jádrových vrtů**

Jádrové vrty se využívají ke zjištění vlastností betonu v té době, kdy je vrt dělán. Vrt se provádí pomocí vrtačky se speciálním nástavcem, a to korunkou. Korunka je dutý válec, který je na přední části opatřen diamantovými břity (Obrázek 7). Korunky se vyrábějí v různých délkách i různých průměrech. Pro beton se běžně používají průměry od 25-150mm. Při vrtání je třeba korunku ochlazovat, toto chlazení se většinou dělá pomocí vody.



Obrázek 7. Diamantové korunky pro jádrové vrtání [5]



#### 4. Diagnostický průzkum

Po té co je vrt vyvrtán, je z konstrukce vylomen a odveze se ke kontrole pevnosti v tlaku. Dále se jádrové vrty používají ke zjištění propustnosti vody a plynů betonem a ke zjištění míry karbonatace.

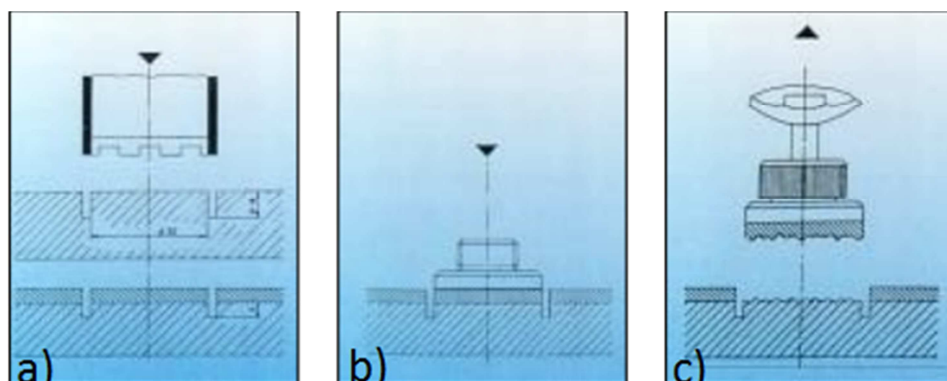
Výhodou jádrových vrtů je to, že tato metoda je nejlepší pro zjištění pevnosti betonu a že odebraný vzorek se poté dále využívá ke zjištění dalších vlastností.

Nevýhodou ovšem je, že se částečně poškodí konstrukce, která se musí opravit a při odběru vzorku se musí dávat pozor na porušení výztuže.

#### 4.2.2.2. Odtrhové zkoušky

Odtrhové zkoušky se provádí za účelem zjištění tahové pevnosti povrchových i podpovrchových vrstev betonu.

Zkouška probíhá tak, že se nejdříve vyvrtá jádrovým vrtákem plocha, kde bude probíhat zkouška betonu. Korunka vrtáku by měla mít vnitřní průměr 50mm a délku podle daných požadavků. Na takto určenou plochu se pak nalepí většinou pomocí epoxidového lepidla ocelový terč. Tento terč se po zaschnutí lepidla uchytí do trhacího přístroje a provede se zkouška. (Obrázek 8, Obrázek 9)

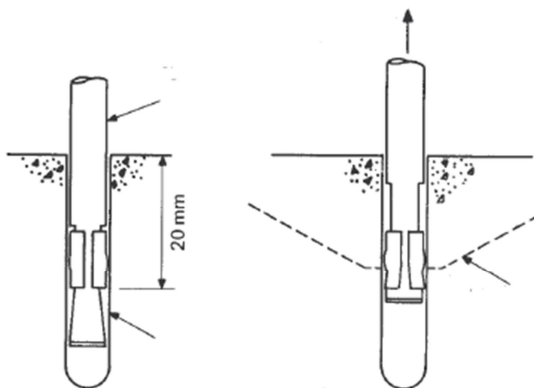


Obrázek 8. Odtrhová zkouška, a) vrtání jádrovým vrtákem, b) nalepení ocelového terče, c) odtrhnutí [26]



Obrázek 9. Odtrhoměr [26]

Vytrhávací zkoušky řadíme také do skupiny odtrhových zkoušek. Princip vytrhávací zkoušky je, že vytrháváme předem zabetonovanou kotvu nebo do betonu vložíme hmoždinku a až posléze vytahujeme kotvu, která vytrhává hmoždinku. (Obrázek 10)



Obrázek 10. Vytahovací zkouška [26]

### 4.2.2.3. Další semidestruktivní zkoušky

Dalšími semidestruktivními zkouškami, které se využívají pro beton, jsou brusné nebo vrtné metody stanovení pevnosti betonu a metody využívající vstřelení hřebu.

## 4.3. Ověření vlastností betonu

Než se přistoupí k metodám popsaných v předchozí kapitole, mělo by se předem určit, jaké vlastnosti betonu vlastně chceme získat jakým způsobem a za jakým účelem.

### 4.3.1. Stejnorodost betonu

Stejnorodost betonu se dá popsat jeho vlastnostmi jako je pevnost betonu v tlaku, pevnost betonu v tahu, objemová hmotnost a rychlost šíření impulzů ultrazvukového vlnění.

Materiál se může prohlásit za stejnorodý za předpokladu, že procentuální rozdíl vlastností na zkušebních místech ležících vedle sebe nepřesáhne určitou hodnotu a variační součinitel na stejných zkušebních místech také nepřesáhne dané hodnoty. Maximální rozdíl hodnot u pevnosti v tlaku je stanoven na 30 %, u pevnosti v tahu 40 %, objemová hmotnost 4 % a rychlost šíření impulzů ultrazvukového vlnění je hodnota 7,5 %.

Zkušební metody na získání stejnorodosti betonu na povrchové vrstvě betonu jsou například ultrazvuková metoda, nebo třeba odrazová metoda. Pokud je potřeba zjistit stejnorodost betonu v hmotě konstrukce, využívají se metody jako je jádrový vrt nebo ultrazvuková metoda. Ovšem před tím než se tyto metody budou moct

provést pro zjištění stejnorodosti materiálu, tak se musí zjistit, zdali konstrukce není viditelně porušena, na takovéto konstrukci nelze určovat stejnorodost. Dále pokud se při zkoušení konstrukce projeví její vrstevnatost lze ji hodnotit pouze tehdy, když lze určit jednotlivé vrstvy a jejich tloušťku.

Po provedení prohlídky a zkoušky se může určit, zdali je konstrukce stejnorodá či nestejnorodá.

### **4.3.2. Pevnost v tlaku**

Pevnost v tlaku se může zjišťovat hned několika způsoby, například na povrchu se dá zjišťovat pomocí tvrdoměrných zkoušek jako je odrazová metoda a špičáková metoda, dále je na povrchu možné použít také vytrhávací metodu. Měření pevnosti betonu uvnitř v hmotě konstrukce se provádí pomocí ultrazvuku, nebo pomocí jádrových vrtů.

Zjišťování pevnosti betonu pomocí tvrdoměrných zkoušek využíváme především pro zjištění stejnorodosti materiálu, ale s vhodnými korekcemi jde tato metoda využít k odhadu pevnosti v tlaku.

Ultrazvuková metoda pro určení pevnosti betonu na neznámé konstrukci je značně nevěrohodná a to z důvodu, že ultrazvukový impuls ovlivňuje hodně činitelů, jako je modul pružnosti, hutnost a vodní součinitel. Pevnost betonu a rychlost šíření impulsu se liší podle složení betonu. Při této metodě také platí to, že čím je pevnost betonu vyšší tak tím jsou výsledky více zkreslené. Proto je nejvhodnější používat ultrazvukovou metodu pro zjištění pevnosti betonu buď na vývrtech, nebo u nového betonu vyrobeného ve formách.

Zjišťování pevnosti betonu pomocí jádrových vrtů je asi nejpřesnější metodou, bohužel je nejvíce invazivní metodou. Počet vrtů se určují podle velikosti a členitosti konstrukce. Po vyvrtání vrtu se vrt okamžitě označí typem vrtu, umístěním a orientací. Je snaha vrt umísťovat do míst, kde je nejméně výztuže a kde není v blízkosti hran a spár. Rozměry vrtu se orientují podle snahy co nejméně poškodit danou konstrukci a zároveň splnit minimální požadavky na danou zkoušku. Průměr vrtu se také určuje podle zrnitosti kameniva v betonu. Běžný vrt má průměr 100 mm, ale přípustné jsou jak větší tak menší vrty. Délka se určuje především podle toho, zde se bude pevnost porovnávat s válcovou pevností, za takových podmínek musí být vrt dvakrát delší než jeho průměr. Nepoužitelné vrty pro zjišťování pevnosti jsou ty, které mají trhliny, dutiny, nebo jsou jinak poškozené, dále také ty které obsahují výztuž v podélném směru vrtu.

### **4.3.3. Modul pružnosti**

Metody ke zjištění modulu pružnosti jsou měření ultrazvukovou metodou, rezonanční metodou a zatěžovací zkouškou odebraných vzorků.

Ultrazvuková metoda má velkou výhodu v neporušení zkoušené konstrukce, a že se tato zkouška dá dělat přímo na místě na dané konstrukci. Touto metodou se dá zjistit dynamický podul pružnosti. Dynamický modul pružnosti se získává i pomocí rezonanční metody.

Z dynamických modulů pružnosti ze zkoušek se výsledný modul pružnosti konstrukce získá pomocí zmenšovacích součinitelů. Orientační hodnoty těchto součinitelů se nacházejí v normě ČSN 73 2011.

Narozdíl od dvou předchozích metod se zatěžováním zkušebních těles zjišťuje statický modul pružnosti. Při této zkoušce se získaný vzorek cyklicky zatěžuje určitým tlakem a měří se jeho deformace. Vzorek se začíná zatěžovat 0,5 MPa a postupně se dopracovává až k hodnotě jedné třetiny pevnosti betonu.

### **4.3.4. Karbonatace betonu**

Karbonatace je proces kdy oxid uhličitý reaguje s betonem a snižuje tak jeho pH. Tento proces probíhá nejdříve v krycí vrstvě betonu, avšak po delším působení se dostává až na vrstvu, kde se nachází výztuž a tam způsobuje to, že ocelová výztuž začne korodovat. Výztuž koroduje při dosažení pH 9,5.

Hloubku karbonatace lze zjistit pomocí fenolftaleinové zkoušky, chemickým rozbořem, nebo pomocí petrografie.

Fenolftaleinová zkouška je velmi jednoduchá, zkoušené místo na konstrukci se odvrátí a očistí destilovanou vodou. Po té co zkušební místo oschne, se natře 1% roztokem fenolftaleinu. Místa zbarvená do červenofialova mají pH vyšší než 9,5 a jsou to místa, kde karbonatace ještě neproběhla. Bohužel výsledek není stoprocentní. Může také dojít k tomu, že jsou přítomny chloridové ionty a ty zapříčiňují korozi i při vyšším pH než je 9,5. A i když při zkoušce vyjde, že karbonatace ve vrstvě výztuže ještě neproběhla, může být výztuž zkorodovaná působením kyselin. Zkouška pomocí fenolftaleinu je navíc nepoužitelná pro hlinitanové cementy.

Petrografická zkouška funguje tak, že se pomocí světelného mikroskopu objeví na kamenivu v betonu potencionální reaktivní minerální složky. Výhoda této metody je, že poskytne obsáhlé informace o rozložení, degradaci i poškození ztvrdlého betonu. Nevýhodou ovšem je, že tato metoda je náročná jak na čas tak finančně. Metoda je také závislá na správně vyškoleném personálu, jelikož se výsledky lehce ovlivní neodborným odběrem vzorku.

### **4.3.5. Obsah chloridových iontů**

Objekt se musí testovat na obsah chloridových iontů, pokud je vystavován působení rozmrazovacích prostředků. Chloridové ionty se vyskytují v té části konstrukce, která byla vystavena roztoku posypových solí. Obsah chloridů

v konstrukci je nežádoucí z toho důvodu, že způsobuje korozi výztuže v betonu již při vyšším pH než je 9,5.

Chloridové ionty mají negativní vliv na konstrukci, pokud jejich množství v betonu přesáhne určitou hodnotu. Tato hodnota je uvedena v ČSN EN 206 – 1, která platí pro čerstvý beton, pro železobeton se jedná o 0,4 % chloridových iontů k hmotnosti cementu.

Obsah chloridů v betonu je zkoušen chemickým rozbohem na odebraných vzorcích. Vzorky se odebírají nejčastěji ze tří různých hloubek podle tloušťky krycí vrstvy výztuže.

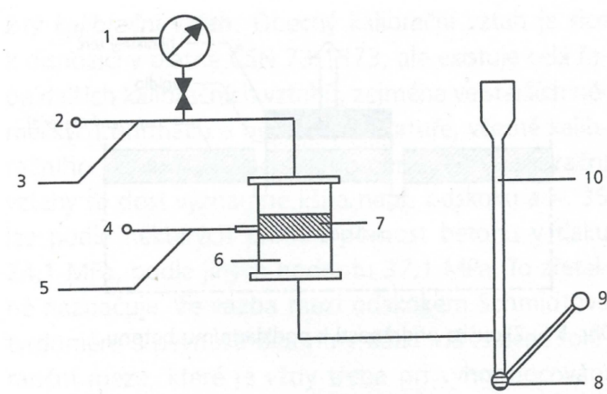
Obsah chloridů se dá ještě zjistit pomocí dalších testů, jako je rentgenová difrakční analýza, diferenční termická analýza, stanovení pH ve výluhu a další. Pro informativní zjišťování obsahu lze použít argentometrickou metodu. Tato metoda spočívá v tom, že na lom vzorků se nanese 1% roztok dusičnanu stříbrného a posléze 5% roztok dichromanu draselného. Když se roztok zbarví do fialova, znamená to, že ve vzorku je dosaženo mezní hodnoty chloridových iontů, ale pokud se roztok zbarví do červeno hněda, tak mezní hodnoty dosaženo nebylo.

### 4.3.6. Pórovitost a propustnost betonu

Zjištění pórovitosti betonu je důležité z toho důvodu, že pórovitost je rozhodující údaj pro zjištění trvanlivosti konstrukce. Má vliv na mrazuvzdornost betonu a odpor proti pronikání agresivních látek do betonu.

Pórovitost můžeme rozdělit na pórovitost povrchu konstrukce a průměrnou pórovitost v celkovém objemu.

Stanovení pórovitosti na vývrtech má výhodu jednoduchosti testu. Stačí



Zařízení na měření plynopropustnosti  
1 – manometr, 2 – zdroj dusíku, 3 – přívod dusíku, 4 – zdroj stlačeného vzduchu, 5 – přívod stlačeného vzduchu, 6 – měřicí buňka, 7 – zkušební betonový vzorek, 8 – nádoba s mýdlovým roztokem, 9 – balónek, 10 – bublinový průtokoměr

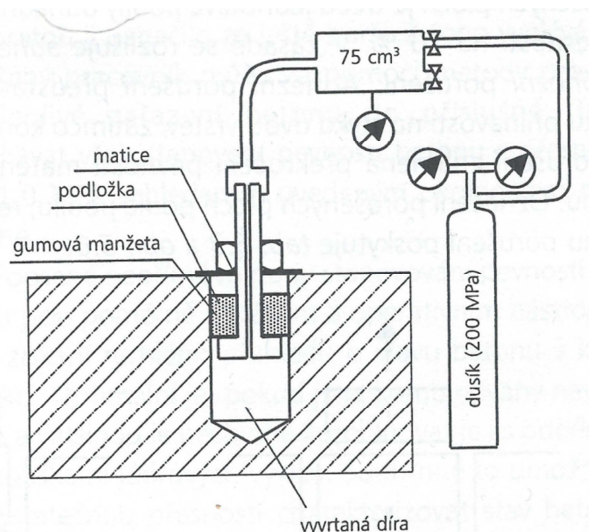
Obrázek 11. Přístroj na měření plynopropustnosti [2]

#### 4. Diagnostický průzkum

základní vybavení ke stanovení hmotnosti vzorku vysušeného a poté plně nasyceného vodou. Nevýhodou je ovšem narušení konstrukce vrty, kdy je potřeba alespoň tří zkušebních vzorků.

Otevřená pórovitost na povrchu lze změřit pomocí plynopropustnosti, kdy plynopropustnost je schopnost betonu propouštět vzduch při rozdílu tlaků. Zkouška na plynopropustnost probíhá tak, že se jádrový vrt vloží do zařízení k tomu určenému (obrázek 11), ve kterém přes vrt projde předem stanovené množství plynu. Tato metoda je ovšem díky velkému množství potřebných zkušebních vzorků považována za destruktivní.

Proto je populárnější měření plynopropustnosti přetlakem (pod tlakem) přímo na místě konstrukce. Jeden druh tohoto měření je, že se do konstrukce pomocí vrtačky vyvrtá dutina, do které se osadí těsnění. Do takto uzavřené dutiny se vhání dusík, až tlak dosáhne 1010 kPa. Následně se měří časové údobí, za které tlak v dutině poklesne z 1000 kPa na 950kPa. (Obrázek 12.) Z naměřeného času se následně určuje, zdali je plynopropustnost malá, průměrná či vysoká. Tato zkouška je ovlivňována vlhkostí betonu.



Obrázek 12. Měření plynopropustnosti přetlakem [2]

#### 4.3.7. Vlhkost betonu

Vlhkost můžeme měřit různými metodami, například poměrně jednoduchou nedestruktivní Concrete Moisture Encounter (CME) metodou. Tato metoda spočívá v tom, že jsou do betonu vysílány nízkofrekvenční signály a měří se všechna impedance vyvolaná vlhkostí. Tento přístroj pracuje do vlhkosti 6%.

Další možností je měřit vlhkost v laboratoři na vzorku gravimetricky. Při této metodě se musí dávat pozor na odběr a převoz vzorku, aby se vlhkost nezměnila. Běžné hodnoty vlhkosti se pohybují okolo 1,5 až 2 % hmotnostních procent.

Dalšími metodami jsou třeba nedestruktivní měření odporu, měření vodivosti a semidestruktivní jádrové vrty a navrtávání.

### **4.3.8. Mrazuvzdornost betonu**

Mrazuvzdornost betonu se zjišťuje pomocí zkušebního tělesa, které je zmrazováno a rozmrazováno při ponoření do deionizované vody nebo 3% roztoku chloridu sodného. Odolnost betonu se následně vyhodnocuje podle relativního dynamického modulu pružnosti, který se získá třeba pomocí ultrazvukové metody.

Značnou nevýhodou je, že tato metoda je náročná jak finančně, tak časově, jeden zmrazovací cyklus trvá 12 hodin. Avšak její výsledky jsou velmi důležité k určení životnosti konstrukce.

### **4.3.9. Poloha výztuže**

Polohu výztuže zjišťujeme v případě, že se nedochovala dokumentace, kde by byla poloha výztuže vyznačena.

Pro předběžné zjištění výztuže se používají elektromagnetické indikátory výztuže. Tato metoda se zakládá na feromagnetickém jevu, který způsobuje to, že magnetické pole sondy se změní po přiblížení k výztuži. Výhodou této metody je především rychlost a jednoduchost. Dosah přístrojů na jištění výztuže se pohybuje mezi 60 a 200mm. Přesnost sondy klesá s rostoucí vzdáleností od přístroje.

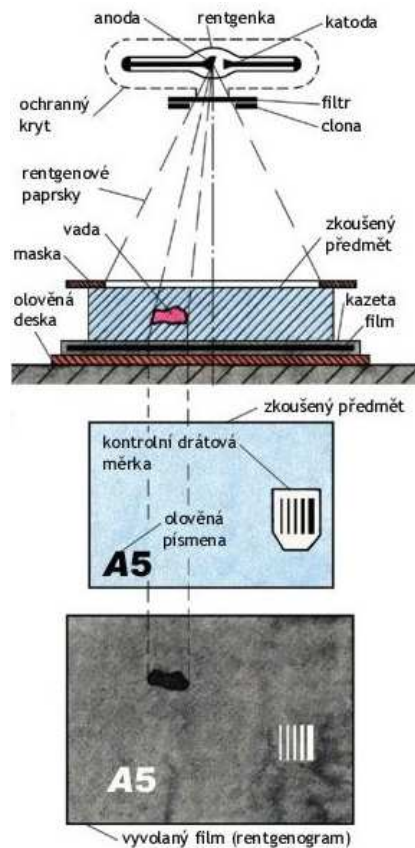
Touto metodou dále můžeme zjišťovat průměr výztuže. Tato hodnota je přesnější, čím jsou vzdálenosti jednotlivých prutů větší. Dále se může stanovit krytí výztuže, ale přesnějších hodnot se dosahuje pouze, pokud známe přesnou polohu a průměr výztuže.

Pomocí indikátorů však nelze zjistit výztuž, která je ve stejném směru ve více vrstvách, dále výztuž která je blízko sebe, nedá se určit, o jaký druh výztuže se jedná a nelze ani zjistit míru koroze.

Další možnou metodou jak zjistit polohu výztuže je prozařovací metoda. Při této metodě se beton prozáří většinou rentgenovým zářením, kdy se vady a výztuž prokreslí na citlivý film. (Obrázek 13)

Další možnosti zjišťování polohy výztuže jsou již částečně destruktivní. Dalšími metodami tedy jsou navrtání konstrukce, odběr jádrového vrtu nebo úplné obnažení výztuže. Přímé odkrytí výztuže má výhodu v tom, že se dozvíme vše o výztuži, její druh, polohu, korozi a podobně a však tato metoda je náročná jak časově, svou pracností, tak i tím, že tyto práce musí být prováděny pod dohledem statika, aby nedošlo k oslabení konstrukce nebo poškození výztuže.

#### 4. Diagnostický průzkum



Obrázek 13. Prozařovací zkouška [18]

### 4.3.10. Životnost betonu

Podstatou stanovení životnosti konstrukce je určit modelové chování konstrukce v čase. Modelové chování konstrukce se určí ze stavebního stavu konstrukce a působení okolního prostředí. Ze získaných informací se vytvoří prognostický model, který dává informaci o tom, jak dlouho bude objekt možno využívat.

Nejčastější poruchou ovlivňující životnost konstrukce je koroze výztuže. Čas od zabudování výztuže až do doby kritického porušení je závislý především na okolním prostředí, tloušťce krycí vrstvy a tloušťce výztuže.

Životnost konstrukce se dá vyjádřit pomocí vztahu:

$$t_0 + t_1 \geq \text{projektovaná životnost konstrukce}$$

Kde  $t_0$  je počátek, pasivní stádium (časový interval od zabudování výztuže do betonu až do porušení pasivní vrstvy na povrchu výztuže), kdy je výztuž v pasivním stavu a  $t_1$  je aktivní stádium (časový interval od porušení aktivní vrstvy na povrchu výztuže, až do okamžiku kritického porušení), při kterém probíhá koroze výztuže. [2]



## **4.4. Poruchy**

### **4.4.1. Opotřebení povrchu**

Opotřebení povrchu může být buď plošné, nebo lokální. Pro určení povrchového poškození, existuje stupnice vizuálního porušení. Tato stupnice má rozsah 0 - 4. 0 na stupnici znamená nulové poškození. 1 znamená jen lehké opotřebování, kdy opotřebení nejde do hloubky. Když opotřebení zasahuje zhruba 1mm pod povrch, je na stupnici označeno 2. 3 se udává u opotřebení do hloubky okolo 4 mm. Opotřebení označíme 4 za předpokladu, že dosáhne až na hrubé kamenivo, to je do hloubky okolo 10 mm.

U silně poškozené povrchové struktury, se mění její plastické přetvoření, a proto se při zjišťování opotřebení k odhadu stupně poškození využívají hodnoty povrchové pevnosti získané z tvrdoměrných zkoušek. Tvrdoměrná zkouška se také provádí při srovnání hodnot pevnosti před a po odstranění opotřebované vrstvy.

### **4.4.2. Trhliny**

Nejčastější poruchou betonu jsou trhliny. Trhlin je několik druhů, některé způsobují omezení bezpečnosti a použitelnosti konstrukce a jiné nepůsobí nepříznivě.

Rozlišují se dvě hlavní skupiny trhlin. První jsou technologické trhliny, které jsou způsobeny deformačními účinky a objemovými změnami konstrukce. Druhé jsou trhliny statické, které jsou zase zapříčiněny silovými účinky zatížení.

#### **4.4.2.1. Technologické trhliny**

Technologické trhliny se dále dělí na trhliny smršťovací, z důsledků teplotních změn, způsobené korozí výztuže, z důsledku rozpínání ledu a z důsledku alkalicko-křemičité reakce.

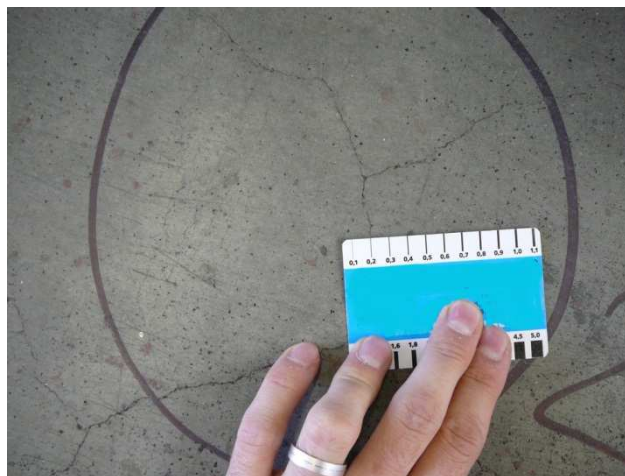
Smršťovací trhliny vznikají při vysychání betonu, kdy se zmenšuje jeho objem a vznikají tahová napětí. Když tahové napětí překoná pevnost betonu v tahu, vznikají trhliny. Smršťovací trhliny se vyznačují malou hloubkou a rychle se snižující šířkou směrem do středu betonu. (obrázek 14)

Smršťovací trhliny vznikají buď v plastickém betonu a podle toho se hovoří o plastickém smršťování nebo v zatvrdnutém betonu a tomu se říká pouze normální smršťování. Při plastickém smršťování dochází k sedání betonu a vlivem toho vznikají trhliny nad výztuží. (Obrázek 15)

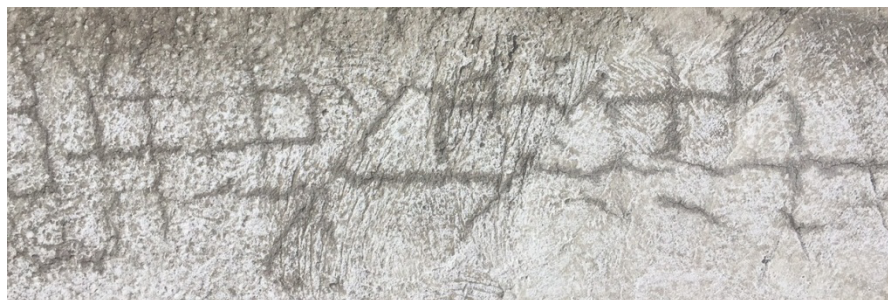
Vzniku smršťovacích trhlin se dá zabránit provedením řezaných smršťovacích spár, které se ovšem musí provést do 24 h po betonáži, jinak jsou spáry již neúčinné.

#### 4. Diagnostický průzkum

Po této době už trhliny v betonu existují, i když jsou zatím jen vlasového charakteru. (Obrázek 16)



Obrázek 14. Smršťovací trhliny [24]



Obrázek 15. Trhliny nad výztuží [22]



Obrázek 16. Smršťovací spára [24]

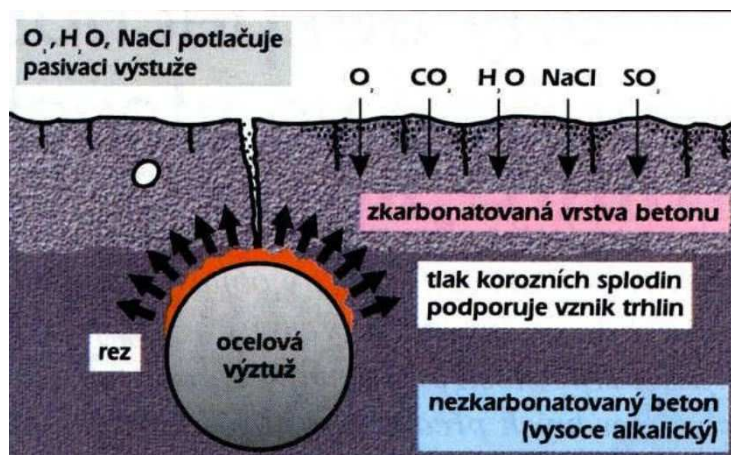
#### 4. Diagnostický průzkum

Trhliny v důsledku teplotních změn vznikají převážně ve dvou případech. Při tuhnutí betonu díky hydratačnímu teplu a při užívání konstrukce díky velkým rozdílům teplot na opačných stranách betonové desky.

Při hydrataci cementu dochází k uvolňování tepla a tím se beton ohřívá a zvětšuje svůj objem. Na povrchu dochází k ochlazení předáním tepla okolnímu prostředí. Tento rozdíl teplot na povrchu a uprostřed zapříčiňuje vznik povrchových trhlin. Dále mohou v důsledku působení hydratačního tepla vzniknout dělicí trhliny, a to tehdy, kdy roztažený prvek nemá kam dilatovat. Dělicí trhliny procházejí přes celý prvek, ale stejně tak jako trhliny povrchové nemají vliv na bezpečnost konstrukce, avšak zkracují životnost konstrukce.

Díky velkým rozdílům teplot při užívání například betonových komínů, kde vnitřní teplota komínu dosahuje 300 °C a venkovní se pohybuje od -15 do 70 °C, vznikají svislé trhliny a výztuž je více namáhána. Aby nebyla ohrožena konstrukce, tak by trhlinka neměla být větší než 0,2 mm.

Výztuž při korozi zvětšuje svůj objem a způsobuje tak tlak na okolní betonovou vrstvu. Působícím tlakem vznikají trhliny způsobené korozí výztuže. Tyto trhliny se dají rozeznat tak, že probíhají rovnoběžně s výztuží a na jejich povrchu se



Obrázek 17. Trhliny způsobené korozí výztuže [1]

objevuje rez.

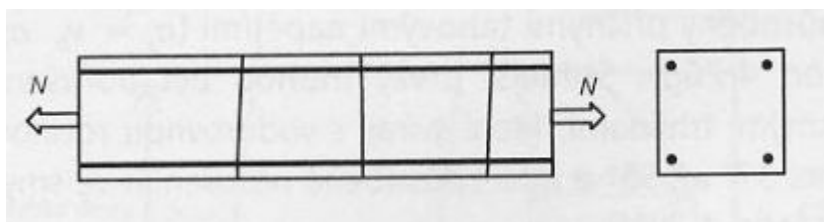
Trhliny z rozpínání ledu se vyskytují tam, kde do dutin například do kanálků pro předpínanou výztuž nateče voda a následně zmrzne. Voda při změně skupenství na led zvětší svůj objem, čímž vyvolává na okolní beton tlak a v betonu vytvoří trhlinku.

Alkalicko-křemičitá reakce je reakce, při které reagují některé druhy kameniva s alkáliemi obsaženými v cementu. Tato reakce zapříčiňuje potrhání betonu. Trhliny jsou specifické tím, že v okolí těchto trhlin je tmavý alkalicko-silikátový gel.

### 4.4.2.2. Statické trhliny

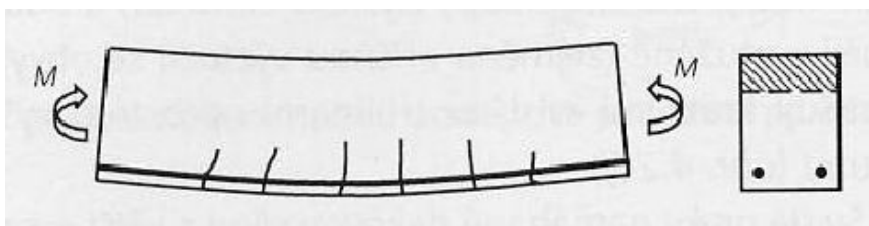
Z polohy trhlin a druhu konstrukce lze určit na namáhání, které je příčinou vzniku trhlin.

U štíhlých prvků namáhaných tahovou silou vznikají dělicí trhliny v kolmém směru na osu prvku, které jsou hustší v místě s nižší pevností betonu či místě, kde je oslaben betonový průřez například třmínky. (Obrázek 18)



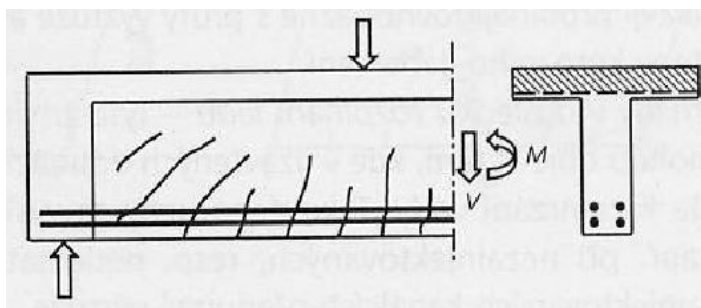
Obrázek 18. Dělicí trhliny ve štíhlých železobetonových prvcích [2]

U vyztužených prvků namáhaných ohybovým momentem vznikají ohybové trhliny, které jsou kolmé na osu hlavní výztuže. U nevyztužených nebo málo vyztužených vzniká pouze jedna trhlina. (Obrázek 19)



Obrázek 19. Ohybové trhliny [2]

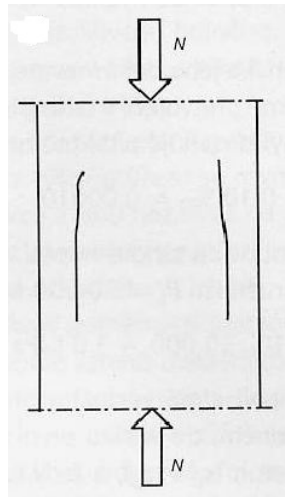
U prvků namáhaných na ohyb vznikají ohybové trhliny blízko podpory a jejich směr je většinou po úhlem  $45^\circ$ . (Obrázek 20)



Obrázek 20. Smykové trhliny [2]

Masivní betonové prvky nevyztužené, které jsou namáhané na tlak, se porušují svislými trhlínami. Trhliny se nacházejí většinou ve třetině výšky. (Obrázek 21)

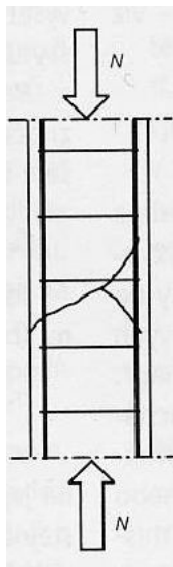
#### 4. Diagnostický průzkum



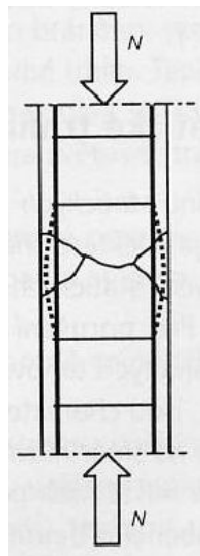
Obrázek 21. Svislé trhliny na tlačném prvku [2]

U štíhlých prvků namáhaných na tlak může dojít k tomu, že trhliny nebudou vodorovné s osou prvku ale budou šikmé, a to pod úhlem 37 - 55° z důvodu smykového porušení. (Obrázek 22)

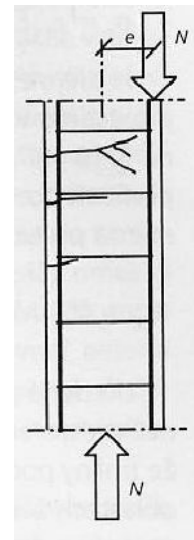
Výztuž u vyztužených sloupů namáhaných na tlak může vybočit. (Obrázek 23)



Obrázek 22. Šikmé trhliny na tlačném vyztuženém prvku [2]



Obrázek 23. Vybočení tlačné výztuže [2]



Obrázek 24. Drcení betonu [2]

Pokud na svislý prvek působí síla excentricky, tak trhliny vznikají vodorovně. Pokud se tyto trhliny rozšíří až do tlačné části prvku, vzniknou tak další trhliny, čemuž se říká drcení betonu. (Obrázek 24)

#### 4. Diagnostický průzkum

Trhliny v tažené části objektu jsou běžné z důsledku malé pevnosti betonu v tahu. Tyto trhliny se neoznačují za poruchu, pokud nepřesáhnou limitní šířku přetvoření.

Rozlišují se ještě další dva druhy trhlin. Trhliny aktivní, které mění šířku podle zatížení a trhliny pasivní, které šířku mají stále stejnou.

#### 4.4.2.3. Vyšetření trhlin

Při vyšetřování trhlin popisujeme jejich šířku, délku a hloubku. Šířku zjišťujeme pomocí indikátoru šířky trhlin (Obrázek 25). U aktivní trhliny je měření



Obrázek 25. Indikátor šířky trhlin [30]

její šířky těžší, používá se měření pomocí sádrové značky. Tato metoda spočívá vtom, že se na dané trhlince udělá kvádr ze sádry a na něj ještě rovná čára v kolmém směru na trhlinu (Obrázek 26). Pomocí tohoto kvádru se zjišťuje šířka trhliny a pomocí čáry zase možný posun ve směru trhliny. Dále se pro krátkodobé změny trhlin používá indukční snímač délek.



Obrázek 26. Sádrová značka [16]

Pro zjištění hloubky trhliny se využívají jádrové vrty, je však nutné před vrtáním trhlinu zainjektovat epoxidovou pryskyřicí, aby při vrtání nedošlo ke změně trhliny.

### 4.4.3. Koroze betonu

Koroze betonu se dá rozdělit na tři skupiny. Na korozi chemickými vlivy, fyzikálními vlivy a biologickými vlivy.

#### 4.4.3.1. Koroze betonu chemickými vlivy

Pod korozi betonu chemickými vlivy spadají poruchy povrchu betonu účinky chemické reakce mezi složkami betonu a okolním prostředím. Tyto účinky nezávisí pouze na chemických ale i dalších podmínkách, jako jsou teplota, tlak, vlhkost a další. Tyto podmínky většinou ovlivňují rychlost koroze a lze je charakterizovat pomocí označení.

Podmínky ovlivňující rychlost koroze se dají rozdělit podle stupně vlivu prostředí. Tyto stupně vlivu prostředí se označují písmenem X. Další písmeno charakterizuje prostředí. Za těmito dvěma písmeny se nachází ještě číslice označující stupeň agresivnosti prostředí od 1, která značí nízkou agresivitu, až po 4 která zase značí vysokou agresivitu. Každá hlavní skupina má různý počet těchto podskupin (Tabulka 1).

Dále se agresivní prostředí dá rozlišovat podle skupenství agresivního prvku na plynné, kapalné a pevné. Korozní účinky plyných a pevných činitelů se neprojeví bez přítomnosti kapalných.

Označení stupně	Popis prostředí	Počet podstupňů
XO	Bez rizika koroze	0
XC	Koroze vyvolaná karbonatací betonu	4
XD	Koroze vyvolaná chloridy, ne z mořské vody	3
XS	Koroze vyvolaná chloridy z mořské vody	3
XF	Střídavé působení mrazu a rozmrazování, s rozmrazovacími prostředky, nebo bez nich	4
XA	Chemické účinky	3

Tabulka 1. Stupeň vlivu prostředí

Dalšími činiteli, kteří zásadně ovlivňují odolnost betonu, jsou:

- Pórovitost betonu → koeficient propustnosti
- Chemické složení cementu → podmínky hydratace



#### 4. Diagnostický průzkum

- Minimální průřez konstrukce → místo velké pravděpodobnosti porušení
- Vlastnosti plochy, na kterou působí prostředí → drsnost, nátěr, impregnace apod.

Rozlišujeme tři druhy koroze v závislosti na jejím chemizmu.

U koroze prvního druhu, dochází k vyluhování hydroxidu vápenatého a to tak, že působením vody na konstrukci dochází k rozpouštění složek cementu. Toto vyluhování způsobují takzvané hladové vody, to jsou měkké vody neobsahující minerály. Rychlost této koroze závisí také na tom, zdali je voda stojatá, nebo proudí. Při působení stojaté hladové vody vzniká na povrchu tělesa ochranný povlak a rozpouštění dále nepokračuje, na rozdíl od proudící vody. Odolnost proti korozi prvního typu lze vylepšit pomocí latentně hydraulických příměsí.

Koroze druhého druhu je charakterizována vyplavováním snadno rozpustitelných sloučenin. Tento druh koroze se dá rozdělit ještě na další dva druhy a to korozi způsobenou kyselinami, při které vznikají rozpustné soli, tzn. roztoky obsahující ionty  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{NH}_4)^+$  a korozi způsobenou agresivním  $\text{CO}_2$ .

Koroze třetího druhu, jejíž podstatou je reakce agresivního prostředí s cementovým tmelem vytváří látky se zvětšeným objemem, což zpočátku způsobuje růst pevnosti a nepropustnosti betonu. Postupem času ale dochází ke korozi. Často se jedná o různé roztoky síranů a chloridů. [7]

Mezi koroze způsobené chemickými účinky patří také alkalicko-křemičitá reakce popsaná v kapitole 4.4.2.1. a výkvěty na betonu. Na povrchu betonu, který je vystaven vlivu venkovního počasí, se vytvářejí různě zbarvené skvrny. Tyto skvrny se nazývají výkvěty, jejich zbarvení je většinou bílé a jsou nežádoucím projevem. Výkvěty vznikají vyplavováním solí materiálů na povrch v důsledku opětovného nasakování a vysoušení betonu. Vznik povlaků je výraznější, čím je beton mladší, čím déle působí voda a čím je nižší teplota.

Výkvětů je několik druhů a dají se rozlišovat podle různých kritérií. Podle lokalizace se rozlišují výkvěty vnější a vnitřní, vnější se objevují na povrchu a vnitřní se nacházejí pod povrchovou vrstvou, tento druh je nebezpečnější z důvodu neviditelnosti. Další kritérium je časová následnost, podle tohoto kritéria máme primární a sekundární výkvěty. Primární vznikají při výrobě a prvotních stádiích ošetření a sekundární vznikají z primárních výkvětů, při provozu objektu. Dále se hodnotí vzhledové kritérium. Výkvěty se vyskytují buď v tenkých, nebo hrubých vrstvách. Tenké vrstvy se nazývají skvrny a povlaky, hrubé se zase nazývají krusty. Povlaky vznikají účinkem stojací vody, skvrny zase účinkem vody stékající na svislou plochu. Díky působení průsakové vody skrz defekty vznikají krusty. Výkvěty rozlišujeme na bílé a barevné. Bílé značí, že se jedná o soli vápenné, síranové, nebo



#### 4. Diagnostický průzkum

chloridové, barevné bývají soli železité. Z toho vyplývá, že se dají výkvěty rozlišovat také dle druhu soli. Na betonu se nejčastěji nachází vápennaté soli.



Obrázek 27. Výkvěty na betonu - krusta uhličitán vápenatý [1]

#### 4.4.3.2. Koroze betonu fyzikálními vlivy

Při korzi betonu fyzikálními vlivy jde buď o mechanické poškození, nebo o poškození v důsledku požáru.

Do skupiny mechanického poškození spadá zbroušení povrchu, přetížení konstrukce, poškození nárazem a poškození při výbuchu. (Obrázek 28)



Obrázek 28. Mechanické poškození [1]

#### 4. Diagnostický průzkum

Při požáru vznikají vysoké teploty a tyto teploty způsobují rozpínání výztuže a následnou korozi betonu. (Obrázek 29)



Obrázek29. Poškození z důsledku požáru [14]

#### 4.4.3.3. Koroze betonu biologickými vlivy

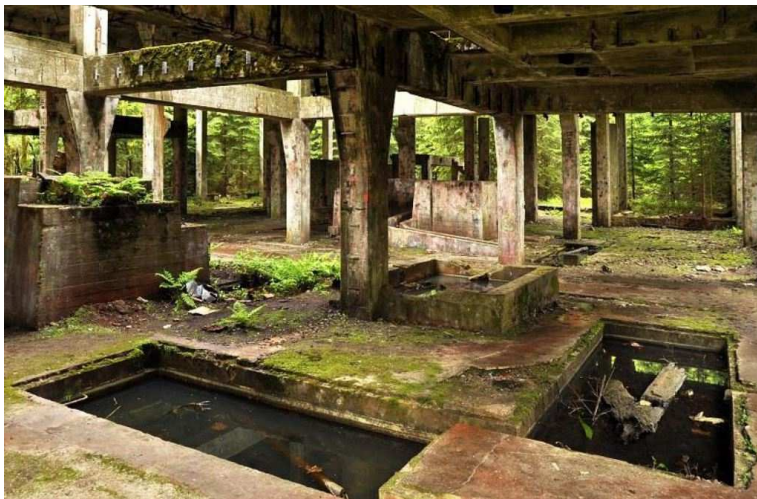
Korozi betonu mohou způsobovat například kořeny stromů, které vnikají do trhlin, spár, nebo pórů a tím narušují beton (Obrázek 30). Dále mohou korozi způsobovat i menší organizmy, jako jsou bakterie, plísňe či řasy.



Obrázek 30. Koroze betonu vlivem průniku kořenů [1]

#### 4. Diagnostický průzkum

Bakterie pronikají do pórů konstrukce a snižují tak její pevnost a soudržnost, jejímž následkem je povrchové poškození materiálu. Bakterie produkují látky, které napomáhají růstu dalších rostlin. Degradální účinky vyvíjejí také bakterie, které produkují kyseliny, jako je kyselina šťavelová, citronová, mravenčí a další. Tímto působením snižují pH betonu, a to způsobuje rozklad a snižování pevnosti.



Obrázek 31. Koroze betonu biologickými vlivy [1]

#### 4.4.4. Koroze výztuže

Při korozi výztuže dochází ke zmenšování její průřezové plochy, avšak zvětšuje se objem, a to způsobuje tlak na krycí vrstvu, ve které se tvoří trhliny. Koroze zapříčiňuje porušení soudržnosti mezi betonem a výztuží.

Výztuž nekoroduje v alkalickém prostředí, což beton zajišťuje. Když však na beton začne působit oxid uhličitý, jeho alkalita se snižuje. Pokud pH betonu klesne pod 10, dochází ke korozi. Působením oxidu uhličitého dochází ke karbonataci betonu, která byla popsána v kapitole 4.3.4. Tento proces může urychlit působení



Obrázek 32. Koroze výztuže [1]

měkké, nebo kyselé vody. Výztuž však může korodovat i v alkalickém prostředí, a to

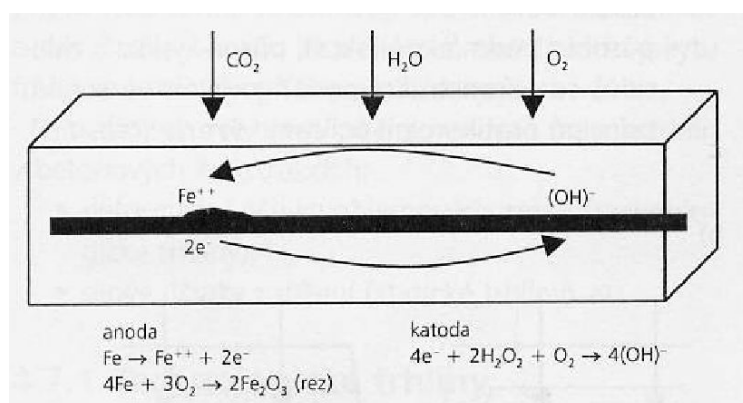
#### 4. Diagnostický průzkum

za předpokladu působení chloridů dále popsaných v kapitole 4.3.5. Výztuž, která je válcovaná za tepla, se lépe brání korozi díky oxidové vrstvě, kterou výztuž tažená za studena nemá.

Koroze výztuže dále probíhá ve vlhkém betonu za přístupu vzduchu. Výztuž začíná korodovat přibližně při 60% relativní vlhkosti vzduchu. Proto je třeba konstrukci, která bude vystavena působení atmosferických podmínek opatřit dostatečně tlustou krycí vrstvou. Stav výztuže se podle toho rozděluje na aktivní a pasivní stadium, které je popsáno v kapitole 4.3.10.

Korozi výztuže můžeme podle účinků okolního prostředí rozdělit na korozi chemickou a elektrochemickou.

Nejčastěji probíhá elektrochemická koroze. Na ocelové výztuži vznikne anoda a katoda, které jsou spojené elektrolytem z vody v pórech. Na lokální anodě dochází k rozpouštění iontů železa. Uvolněné elektrony putují přes ocel k lokální katodě, kde jsou spotřebované při redukci rozpuštěného kyslíku. Na anodě probíhá zmenšování průřezové plochy výztuže a tvoří se zde korozní zplodiny. (Obrázek 33) [2]



Obrázek 33. Schéma elektrochemické koroze [ 2]

Pokud odpadne krycí vrstva výztuže, začne na ní probíhat rovnoměrná koroze betonu. Rovnoměrná koroze také probíhá v tom případě, když anodické a katodické oblasti jsou hustě vedle sebe.

Pokud jsou v betonu trhliny, působí agresivní látky na výztuž a ta poté rychleji koroduje. Limitní šířka trhlin se pohybuje v rozmezí 0,1 - 0,4 mm v závislosti na požadavcích na konstrukci.

Jednou z hlavních příčin bodové koroze v našich podmínkách je posypová sůl a její obsah chloridů. Jak již bylo řečeno v kapitole 4.3.5, chloridy způsobují korozi i v zásaditém prostředí. Maximální množství chloridů v betonu je 0,4 % vzhledem k cementu. U předpjatých konstrukcí je tato hranice již 0,2 %.

Pro zjišťování stavu výztuže se používají metody elektrochemické, metody založené na měření elektrického odporu výztuže v betonu, přímé pozorování

#### 4. Diagnostický průzkum

poškozené výztuže, zjišťování změn průměru nebo povrchu příčného řezu, zjišťování změn fyzikálně-mechanických vlastností výztuže a zjišťování změn hmotnosti výztuže.

Z elektrochemických metod se nejvíce používá metoda měření elektromagnetického potenciálu. Tato nedestruktivní metoda spočívá v tom, že se zjišťuje elektrodový potenciál výztuže, který je ukazatelem korozní aktivity. Podle zjištěných hodnot se určuje, zdali je výztuž v pasivním, nebo aktivním stavu. Při hodnotách do 200 mV se předpokládá, že výztuž nekoroduje, od 200 do 350 mV není koroze jistá a od 350 do 500 mV se předpokládá koroze.

U metody měření koroze výztuže elektrickým odporem se využívá znalosti vlivu změny elektrického odporu na změně průřezu výztuže. Čím bude průřez výztuže menší, tím bude odpor větší.

Dále se hodně využívá zjišťování změny hmotnosti výztuže. Tato zkouška probíhá tak, že z odebraného vzorku se vyjme výztuž, která se očistí a následně zváží. Tato hmotnost bude následně porovnávána s původní hmotností.

### **4.5. Závěrečná zpráva**

Na základě podkladových materiálů a provedených zkoušek se vypracuje podrobná zpráva o průzkumu konstrukce. Součástí této zprávy je zejména:

- údaj o rozsahu a intenzitě koroze jednotlivých typů výztuže,
- údaje o rozsahu a intenzitě koroze povrchových vrstev betonu,
- soupis všech dalších konstrukčních nebo korozních defektů. [6]

## 5. Stanovení cíle sanace

### 5.1. Vyhodnocení diagnostického průzkumu, návrh opatření.

Na základě provedené prohlídky konstrukce, provedených zkouškách a dalších podkladů (původní projektová dokumentace, statické posouzení problematických detailů, ověření závad navazujících konstrukcí, požadavcích investora apod.) je nutno navrhnout opatření pro dosažení cíle sanace.

Vzhledem k tomu, že sanační práce jsou obecně poměrně drahé, je potřeba postupovat v několika krocích a sledovat kromě technických cílů i dopady ekonomické (ekonomickou výhodnost vynaložených prostředků). Proto je vždy vhodné navrhnout sanace v několika variantách technického řešení a provést ekonomické vyhodnocení ve vztahu k výslednému efektu a předpokládané životnosti konstrukce po sanaci. Je vhodné do úvah zahrnout i případy okrajové, to je ponechání konstrukce zcela bez sanace (na dožití), či demolice stávající konstrukce a její náhrada novou.

Základním podkladem pro další rozhodnutí je stanovení cíle sanace. Ten vyplývá z uvažovaného dalšího využití konstrukce a jejího předpokládaného zatížení. Nedílnou součástí stanovení cílů sanace je i předpokládaná doba dalšího využívání konstrukce (předpoklady budoucí přestavby, změny využití apod.).

Možné cíle sanace lze shrnout v podstatě do následujících bodů:

1. ochrana proti vnikání nepříznivých látek (nejčastěji vody s obsahem rozmrazovacích prostředků, mořské vody apod.),
2. ovlivnění vlhkosti betonu (a to i zamezení pronikání vody přes betonovou konstrukci),
3. obnova betonu (náhrada zcela degradované části betonové konstrukce),
4. zesílení konstrukce (zvýšení únosnosti nebo odolnosti konstrukce před vnějšími vlivy),
5. zajištění fyzikální odolnosti (odolnost proti otěru, podklad pro izolaci apod.),
6. zajištění odolnosti vůči chemikáliím (např. rozmrazovací prostředky na komunikacích, chemické vlivy v provozech apod.),
7. ochrana nebo obnovení pasivace výztuže (nedostatečná krycí vrstva výztuže nebo ztráta pasivace karbonatácí betonu),
8. úprava speciálních vlastností konstrukce (zvýšení elektrického odporu betonu, katodická ochrana apod.),



Na základě výsledků diagnostického průzkumu je nutno stanovit jednotlivé typy závad, jejich rozsah a možný způsob sanace. S ohledem na možnosti sanace se pak zvolí varianty možného dosažení cíle, provede se odhad stavebních nákladů a předpokládaná životnost, náklady a nároky na údržbu, složitost provedení apod., uvedené parametry jsou pak podkladem pro multikriteriální analýzu, z níž vyplyne nejvhodnější způsob sanace.

Při volbě způsobů sanace a vhodných materiálů pro sanace se vychází mimo jiné z ustanovení EN 1504-9, která vyjmenovává celkem 37 metod sanačních prací, EN 1504-10, která podrobně popisuje 25 nejčastěji používaných metod, a v příloze této normy jsou popsány další metody. V EN 1504-10 je dále popsáno celkem 45 parametrů a postupů jejich sledování nebo měření prováděných přímo na stavbě.

Dále se návrh sanace opírá o EN 1504-2 (Systémy ochrany povrchu betonu), která definuje požadavky na materiály používané pro povrchovou ochranu betonu, zvýšení trvanlivosti betonových a železobetonových konstrukcí, EN 1504-3 (Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce), která pokrývá správkové malty a betony, které jsou určené k obnově a nahrazení narušeného betonu a k ochraně výztuže. Dále pak o EN 1504-4 (Konstrukční spojování), ta je určena pro materiály, které se používají pro připojení zesilujících prvků ke stávající betonové konstrukci, EN 1504-5 (Injektáž betonu) pro materiály používané pro výplně trhlin, dutin a mezer v betonu, EN 1504-6 (Kotvení výztužných ocelových prutů), jež definuje požadavky na materiály používané pro vlepování ocelové výztuže a EN 1504-7 (Ochrana výztuže proti korozi) platící pro materiály vytvářející aktivní nebo bariérové nátěry.

### **5.2. Stanovení příčin poruch.**

Pro návrh opatření je nutno zjistit i pravděpodobné příčiny poruch. Jen tak lze dosáhnout toho, že po provedení sanace nedojde k opakování závady nebo rychlé degradaci provedené sanace. To je zásadní zejména u poruch statického charakteru, jako jsou statické trhliny a dále u poruch, kde je příčinou zatékání do konstrukce, které vede k degradaci betonu a korozi výztuže.

Pokud jsou zjištěny trhliny v betonové konstrukci, musí se vždy zvažovat možnost statické příčiny. Je tedy nezbytné, aby se k možné příčině vzniku vyjádřil statick. Podle směru, hloubky a šířky trhlin lze poměrně přesně stanovit statickou příčinu (ohybové trhliny, smykové trhliny). Pokud se vyskytují, je nutno provést podrobné statické posouzení a podle jeho výsledků zvolit správnou metodu jejich sanace v kombinaci se statickým zesílením konstrukce nebo omezením jejího namáhání.

V případech, kdy se podstatnou měrou na degradaci konstrukce podílí zatékání do ní, je nezbytné navrhnout kromě sanace i zajištění odvedení vody mimo konstrukci. Pokud to není technicky možné, musí se navrhnout jiná vhodná opatření. U některých typů poruch (např. alkalická reakce kameniva) je odvedení vody jedinou možností jak zastavit další rozvoj poruch. V jiných případech je možné dalším

## 5. Stanovení cíle sanace

zhoršování vlivu vody zabránit např. injektážemi betonu apod. V každém případě je vliv zatékání vody častou příčinou zásadních poruch betonových konstrukcí.

Na následujících obrázcích jsou uvedeny dva příklady, kde byla určena příčina vzniku závady.



Obrázek 34. Výluhy způsobené zatékáním vody do konstrukce, jednoznačný důsledek nesprávného odvedení vody (deska mostovky na Žďákovském mostě)



Obrázek 35. Konstrukce narušená ohybovými trhlinami a následnými výluhy pojiva. Konstrukce byla dočasně podepřena. (Most v Očihově, nedostatečně vyztužený příčník)



### 5.3. Předběžný odhad nákladů

Pro vyhodnocení alternativ sanace a jejich porovnání mezi sebou případně s variantami ponechání konstrukce bez sanace nebo její úplného odstranění je potřeba provést odhad stavebních nákladů pro jednotlivé alternativy. Zde se postupuje vesměs metodou kumulovaných položek stavebních prací. Pro hlavní činnosti, které reprezentují každou z variant sanace, se stanoví objemy hlavních prací ( $m^2$  přípravy povrchu,  $m^2$  sanace povrchu v různých tloušťkách,  $m^3$  injektáží,  $m^2$  nátěrů apod.), pro ocenění se použijí kumulace ceníkových cen. Lze vycházet z cen položek ÚRS (Ústav pro racionalizaci ve stavebnictví), které jsou použitelné obecně, lze vycházet i z vlastní cenové databáze, např. pro ceny dopravních staveb, mostů apod., z expertních cen ředitelství silnic a dálnic, které jsou navázány na položky OTSKP (oborový třídník prací), nebo lze vycházet i z dalších databází cen (např. vlastní databáze konkrétního investora, projektanta apod.).

Pro vyhodnocení cenové výhodnosti je však nutno do porovnání zahrnout nejen okamžité stavební náklady, ale náklady na budoucí údržbu a zbytkovou hodnotu stavebního díla na konci sledovaného období. Ceny budoucí (náklady na údržbu a zbytkovou hodnotu) je pak potřeba přepočítat indexem inflace a případně indexem odloženého financování. Teprve na základě analýzy všech těchto faktorů, lze stanovit celkovou finanční výhodnost jednotlivých variant.

V některých případech není nutno provádět celou uvedenou analýzu, v mnoha případech je celková výhodnost některé alternativy zřejmá již po stanovení stavebních nákladů apod.

Při stanovování budoucích nákladů je potřeba vycházet ze zkušeností zpracovatele, případně se lze opírat o metodiky, které byly pro sledování budoucích nákladů vypracovány (BUILDPASS, BRIDGEPASS apod.).

Součástí multikriteriálního vyhodnocení musí být také odhad životnosti jednotlivých sanací a konstrukcí i stavby jako celku. Zde je možno vycházet jednak z vyhodnocení vývoje stavu konstrukce v minulosti, zkušeností projektanta a studií zabývajících se úspěšností a efektivitou sanací betonových konstrukcí.

### 5.4. Vyhodnocení multikriteriální analýzy

Multikriteriální analýza v sobě zahrnuje zejména následující body:

**Stavební náklady** – určí se podle výše uvedeného postupu, je nutno do nich zahrnout i nepřímé náklady jako jsou náklady na uzavírky dopravy, výpadky výroby nebo výběru nájmu apod.

**Náročnost údržby resp. náklady na údržbu** – je potřeba vždy zvážit dopad na budoucí údržbu ve sledovaném období. Nejpřesnější je zahrnout do porovnání

náklady na budoucí údržbu. V některých případech postačí zvážit a vyhodnotit nároky na údržbu jiným jednodušším způsobem.

**Životnost** – je jedním z rozhodujících parametrů. Je potřeba odhadnout zbytkovou životnost konstrukce po provedení sanace. Pokud je prováděna analýza sumace stavebních a údržbových nákladů, pak se do porovnání zahrne životnost jako zbytková hodnota konstrukce na konci sledovaného období. Při zjednodušeném zhodnocení je jí potřeba zvážit např. přepočtem staveních nákladů na rok životnosti apod.

**Dopad sanace na využitelnost** – zde je nutno vyhodnotit, zda po sanaci bude zachována stávající využitelnost konstrukce, nebo bude zvýšena nebo snížena. To se týká např. možností statického namáhání konstrukce, zda dojde k plnému obnovení zatížitelnosti nebo bude omezena. Obdobně se může jednat o omezení nebo zlepšení prostorové využitelnosti konstrukce apod.

**Náročnost opravy** – zahrne jak technické nároky na stavbu (obtížnost jednotlivých operací, požadavky na klimatické podmínky apod.) a také dobu výstavby a náročnost opatření pro zajištění zpřístupnění konstrukce, dopady na využitelnosti konstrukce během stavby apod. Je potřeba si uvědomit, že v některých případech může být např. nemožnost úplného zpřístupnění konstrukce limitující a může některé varianty zcela zablokovat.

**Vyvolané investice** – je nutno počítat s tím, že sanace může vyvolat další nutné investice, bez nichž nelze sanaci provést (odbourání jiných konstrukcí, přeložky inženýrských sítí apod.) nebo jsou pro zajištění životnosti nebo spolehlivosti sanace nutné (odvedení vody, úprava zatěžovacích schémat apod.).

## 6. Metody sanace

### 6.1. Příprava podkladu

První věc, která se při sanaci udělá, je příprava povrchu. Smyslem přípravy povrchu je odstranění zkarbonatovaných nebo agresivních částí.

Nejdříve se provádí hrubé odstranění povrchových vrstev betonu. Toto odstranění musí probíhat tak, aby nedošlo ke zhoršení kvality výztuže. Místa kde je porušená krycí vrstva výztuže, se zjišťují pomocí akustického trasování. Akustické trasování spočívá v tom, že se poklepe na beton a tam, kde je slyšet dutý zvuk, došlo k oddělení výztuže. Vhodnou metodou k oddělení povrchové vrstvy je například rozrušování elektrickým či pneumatickým sbíjecím kladivem, tato metoda je velmi účinná, avšak má nevýhodu v tom, že při rozrušování povrchové vrstvy vznikají trhliny i v neodstraňovaném betonu. Další metodou je frézování a řezání betonu. Na řezání se například používá vodní paprsek s tlakem 200 MPa.

Dále se musí připravit podklad tak, že se odstraní nesoudržné části a povrch se zdrsní pro další práce. Pro tuto činnost se využívá například frézování. Kde se pomocí frézy vylamují úlomky z povrchu betonu. Dále se používá pískování, brokování a tryskání vodním paprskem. Při pískování za sucha se využívá křemičitý písek o frakci 0,3 - 0,7 mm, který se vhání proti povrchu betonu. Nevýhodou je vysoká prašnost, která se dá snížit použitím broků. Brokování je výhodnější i v tom že použité broky se dají znovu využít.

Nakonec se konstrukce opláchne, kvůli odstranění prachu, olejů a dalších látek, které by bránili následné sanaci.

### 6.2. Sanace povrchu výztuže

Aby se výztuž mohla upravit, musí se nejdříve odkrýt. Po odkrytí se výztuž očistí. Očištění rzi z výztuže se může provádět několika způsoby. Většina těchto způsobů je mechanická, jako očištění drátěným kartáčem, otryskání pískem či vodou. Následně se aplikuje jeden ze sanačních postupů, jako je nátěr výztuže, vytvoření alkalického prostředí, nebo kombinace těchto dvou postupů.

Alkalické prostředí se zajistí vytvořením nové krycí vrstvy, která bude splňovat minimální tloušťku. Při nátěru výztuže se nejčastěji používají nátěry na bázi epoxidové pryskyřice, akrylátových disperzí, nebo materiálů na minerální bázi s dalšími přísadami. Druh nátěru se vybírá s ohledem na jeho přídržnost s ocelí, soudržnost s betonem, antikorozi ochrana, odolnost změnám teplot a dostatečná pružnost. Beton v okolí výztuže by se neměl znečistit nátěrem, proto by se mělo postupovat při natírání opatrně.



Obrázek 36. Nátěr výztuže [10]

### 6.3. Adhezní můstek

Pro zajištění dokonalého spojení mezi podkladním betonem a novou vrstvou sanační malty / betonu je pro inženýrské stavby povinnou součástí sanačního systému adhezní neboli spojovací můstek. [23]

Adhezní můstek představuje vrstvu, která dokonale přilne k podkladu a současně zaručí vysokou adhezi k následným vrstvám opravných (reprofilčních) malt / betonů. Adheze k podkladu musí dosáhnout minimálně hodnoty požadované pevnosti betonového podkladu v tahu, tj.  $1,5 \text{ N/mm}^2$ . [23]

Jako adhezní můstek se nejčastěji používá polymercementová suspenze. Při jejím nanášení je nutné, aby podklad byl nasycen vodou a aby bezprostředně po aplikaci suspenze byla nanesena reprofilační vrstva, z důvodu soudržnosti materiálů. Dále je možno použít epoxidové můstky, u těchto můstků musí být naopak podkladní beton suchý.

### 6.4. Reprofilace

Reprofilční materiály obnovují povrchy do původního stavu, či zvětšuje tloušťku krycí vrstvy. U reprofilačních materiálů je kladena velká důležitost na kompatibilitu s podkladními materiály. Materiál nazýváme kompatibilním, když jsou v rovnováze fyzikální, chemické a elektrochemické vlastnosti.

Aby reprofilační materiály byly kompatibilní rozměrově, musí splňovat určité požadavky jako je modul pružnosti, teplotní součinitel délkové roztažnosti, dotvarování a smršťování.

Modul pružnosti reprofilačního materiálu by měl být co nejvíce podobný modulu pružnosti jako podkladový beton. Pokud je reprofilační materiál používán pouze jako krycí vrstva, může být modul pružnosti i nižší.

Teplotní součinitel délkové roztažnosti, by měl být také co nejbližší stávajícímu materiálu, jelikož rozdíl v těchto hodnotách zapříčiňuje při změně teplot napětí ve stykové vrstvě, což může vést ke vzniku trhlin.

V tlačené oblasti má reprofilační materiál vykazovat malé dotvarování, aby v průběhu času nedošlo k přesunu zatížení do podkladního betonu. V tažené oblasti je naopak větší dotvarování výhodné, protože se může částečně redukovat nepříznivý účinek smršťování. [2]

Velmi důležitou a sledovanou vlastností reprofilačních materiálů je smršťování a to z důvodu, že podkladní beton se již nesmršťuje, a však nově nanesená vrstva se teprve smršťovat začíná. Většinou se požaduje, aby měl reprofilační materiál míru smrštění pod 0,5‰. Smrštění materiálu se dá ovlivňovat vhodným složením, například přidáním do směsi vláknovou výztuž.

Dále se musí kontrolovat kompatibilita chemická a elektrochemická, kde se sleduje obsah alkálií a chloridů. Musí se uvážit především reaktivita reprofiračního materiálu s ocelovou výztuží nebo s jejím nátěrem.

Dalším hlídaným parametrem je propustnost. Zamezení koroze výztuže použitím nepropustného reprofilačního materiálu není nejlepší volbou, jelikož izolací opravené plochy vznikají rozdíly v například vlhkosti mezi venkovním prostředím a opraveným místem. Toto uzavření vlhkosti v betonu zapříčiňuje po několika mrazových cyklech vznik poruch. Trvanlivost oprav se zvýší, pokud se jako reprofirační materiál bude používat materiál se stejnou propustností, jako okolní beton.

Zásadním požadavkem pro spolehlivost konstrukce je přilnavost. Spoj původního betonu a reprofilačního materiálu je namáhán jak na tah, tak na smyk, působením objemových změn, zmrazovacích cyklů a dalších. Odolnost styku proti namáhání se dá vylepšit pomocí zvýšení drsnosti smykové plochy, dále také záleží na pórovitosti a na velikosti a tvaru výčnělků.

Jako reprofirační materiály se většinou používají různé druhy polymercementových kompozitů. Dále se ještě používají polymermalty nebo polymercementy, kde jsou plnivem kameniva spojená pryskyřicí.

Polymercementové kompozity jsou cementové malty s přídavkem syntetických polymerů. Aby byli polymercementové kompozity správně aplikované, musí se dodržovat zásady, jako to že podklad před aplikací musí být vlhký. Dále že se připravuje pouze tolik směsi, která se spotřebuje začátku jejího tuhnutí. Dalším požadavkem je že v jedné vrstvě se smí nanášet jen omezené množství kompozitu a sanovaný povrch se smí ošetřovat pouze podle doporučení výrobce.

Do polymercementového kompozitu, se za účelem snížení tvorby trhlin, vlivem smršťování cementu, mohou přidávat ocelová, skleněná, nebo polymerní vlákna.

Polymercementové kompozity se užívají pro vytvoření alkalického prostředí, aby výztuž nekorodovala. Na tyto kompozity se ještě dále používá sekundární ochrana a to nátěr s velkým difuzním odporem, aby zamezil vstupu oxidu uhličitého.

Polymerní kompozity se užívají ve zvláštních příležitostech jako je oprava hran a pokud je potřeba, aby reprofilační materiál rychle nabyl pevnosti. Jako pryskyřice v polymerním kompozitu se používá epoxidová pryskyřice, tato pryskyřice zapříčiňuje, že polymer má velkou přídržnost k podkladnímu betonu, dále vysokou pevnost v tahu i za ohybu a nízký modul pružnosti. Ovšem nevýhodou je že mají velké smrštění, velký součinitel tepelné roztažnosti, netvoří v okolí výztuže alkalické prostředí a díky vysokému difuznímu odporu konstrukce špatně vysychá.

## **6.5. Sekundární ochrana betonu**

Sekundární ochrana spočívá v uzavření pórů v betonu, aby do něj nemohly vnikat agresivní látky a to pomocí impregnace, která proniká do povrchových vrstev, nebo pomocí nátěru, který zase vytváří neproniknutelnou vrstvu na povrchu.

### **6.5.1. Impregnace**

Impregnace do svrchních vrstev betonu a z toho důvodu že je impregnace uvnitř konstrukce, má delší životnost než nátěr.

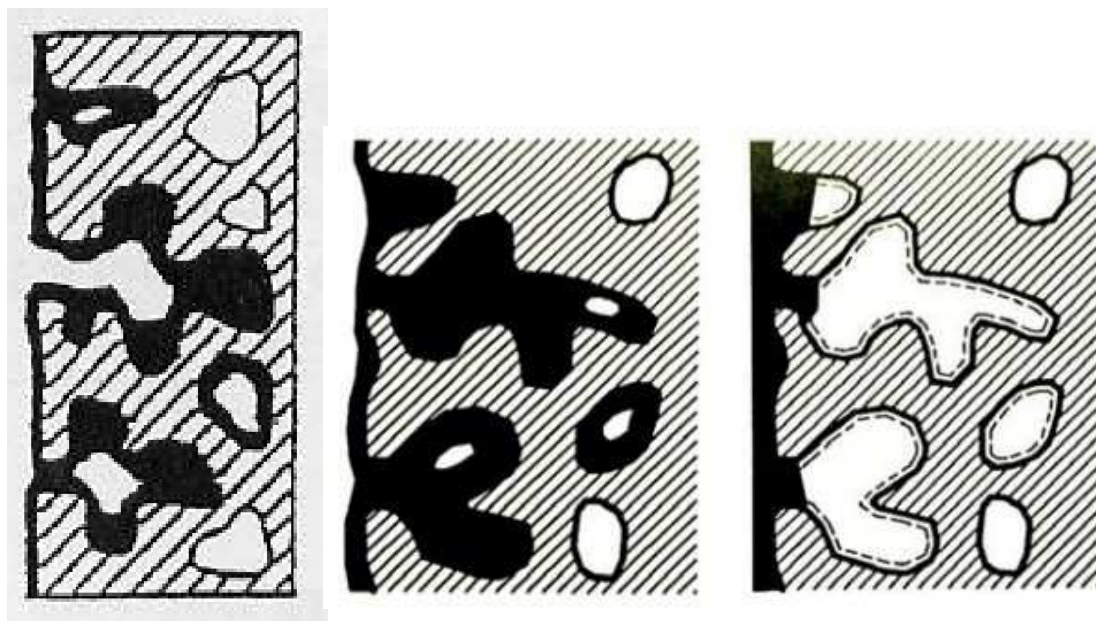
Nejčastěji se k impregnaci používá nízkoviskózní epoxidové pryskyřice a vodní nebo rozpouštědlové roztoky akrylátů. Díky rychlému odpařování rozpouštědel, se rozpouštědlové roztoky používají méně.

Jako účinný hydrofobizační prostředek se osvědčily silikony. Ty vytvářejí na betonu po odpaření kapalné složky polymerní mikrofilm, který zvětšuje dotykový úhel povrchu s vodou. Povrch se stává do určité hloubky nesmočitelný, voda na něm vytváří kapky a neproniká do materiálu. Vzniká hydrofobní vrstvička je propustná pro vzduch, vodní páry a oxid uhličitý, ale nepropustná pro vodu v kapalném stavu a snižuje škody způsobené mrazem na minimum. [2]

### **6.5.2. Nátěr**

Nátěry se dají podle druhu ochrany povrchu a dle tloušťky dělit na základní nátěr, který tvoří film na povrchu pórů, ale nevyplní je. Jeho tloušťka je do 0,1mm a zaručuje nepropustnost tekutých látek. Další druh nátěru je uzavírací nátěr. Jeho tloušťka se pohybuje mezi 0,1-0,3mm. Tento nátěr vyplňuje povrchové póry a zabraňuje tak prostupu jak kapalných látek atak plyných. Posledním druhem je povlak, je to vícevrstvý nátěr tloušťky větší jak 0,3mm. Tento nátěr uzavírá povrch konstrukce a vyrovnává nerovnosti. (Obrázek 37)

Při výběru vhodného nátěru se rozhoduje podle přídržnosti s podkladem, difuzního odporu vrstvy, ekvivalentní difuzní tloušťky, vodotěsnosti, schopnosti překlenovat trhliny, odolnost vůči agresivním vlivům, odolnost vůči UV záření, odolnost vůči teplotám a mrazuvzdornosti.



Obrázek 37. Druhy nátěrů. Popis z leva: základní nátěr, uzavírací nátěr, povlak [23]

Nátěrová vrstva by měla být schopná nechat vypařovat vodu ze svrchních vrstev betonu. Dále by měla mít teplotní součinitel délkové roztažnosti co nejvíce podobný betonovému podkladu. Další požadovanou vlastností nátěru je, aby byl použitelný i na vlhkou betonovou plochu

Nejlepší ochranu povrchu splňují nátěry na bázi akrylátových pryskyřic v organických rozpouštědlech, nebo vodní disperzi. Výhodou organického rozpouštědla je to, že roztok rychleji schne, lépe proniká do podkladu a je méně citlivý na vlhkost. Výhody má však i vodní disperze a to je její ekologičnost a to, že se může aplikovat i na vlhký povrch. Dalšími vhodnými nátěry jsou kopolymery akrylátů, styrenů, vinylacetátů a butadienů.

Póry obsahují vzduch a vodní páru, která se při zahřátí odpařuje. Tato pára uniká přes čerstvý nátěr, kde vytváří v nátěru bublinky. Tyto bublinky se dají omezit tím, že se nátěr bude provádět při klesajících venkovních teplotách, například v zatažený den od dvou odpoledne.

## 6.6. Sanace trhlin

Cílem sanace trhlin je zabránit vniku agresivních látek do betonu, dosáhnout nepropustnosti a dále vytvořit pevné nebo pružné spojení betonu. Těchto cílů lze dosáhnout více způsoby jako je zakrytí trhlin nátěrem, vyplnění trhliny, přeměna trhliny v dilatační spáru či uzavření trhliny vnějším přepětím.

### 6.6.1. Nátěr

Pro uzavření trhliny se používají nátěry na bázi akrylátových pryskyřic nebo polyuretanů. Tento nátěr vytvoří na povrchu souvislou vrstvu, která zabraňuje vstupu



agresivních látek a zároveň je dostatečně pružná. Tyto nátěry jsou odolné proti posypovým solím a zmrazovacím cyklům. Způsobují prodloužení životnosti konstrukce snížením schopnosti karbonatace.

### 6.6.2. Těsnící páska

Pro utěsnění aktivních trhlin se využívá těsnící páska. Princip je takový, že se trhlina překryje pružným pásem, který se přilepí epoxidovým lepidlem. Vzhledem k tomu, že se jedná o trhliny aktivní, musí páska stále pracovat, proto se střed pásky nesmí přilepit. (Obrázek 38)



Obrázek 38. Těsnící páska [17]

### 6.6.3. Vyplnění trhlin

Trhliny se plní buď pod tlakem a nebo beztlakým způsobem. U beztlaké metody se trhlina plní kapilární vztlávaností.

Pokud se jedná o trhlinu pasivní, lze sanovat pomocí pevného spoje. Tento pevný spoj se dá vytvořit za pomoci epoxidové pryskyřice. Výhodou epoxidové pryskyřice je, že je po vytvrnutí velmi pevná a vodotěsná. Pro sanaci trhlin se nejvíce využívá metoda šití, tato metoda spočívá ve vkládání spon kolmo na směr trhliny s rozestupy přibližně 250 mm, kdy se následně tyto spony také zalijí pryskyřicí. Trhliny pro sanaci epoxidovou pryskyřicí musí být vždy čisté a hlavně suché.

Když je potřeba sanovat trhlinu aktivní dá se přistoupit k plnění spáry polyuretanovou pryskyřicí. Tento typ pryskyřice je také vhodný do prostor, kde je trvale vlhkost, tudíž se nedá, dosáhnout potřebné vlhkosti podkladu pro aplikaci epoxidové pryskyřice.

Dále se používá injektáž trhlin pomocí cementové koloidní malty. Injektáž pomocí koloidní malty je především zpevňující injektáž. Při aplikaci cementové



koloidní malty je důležité, aby beton v okolí trhliny byl nasycen vodou. Touto metodou se dají sanovat trhliny šířky minimálně 0,8mm.

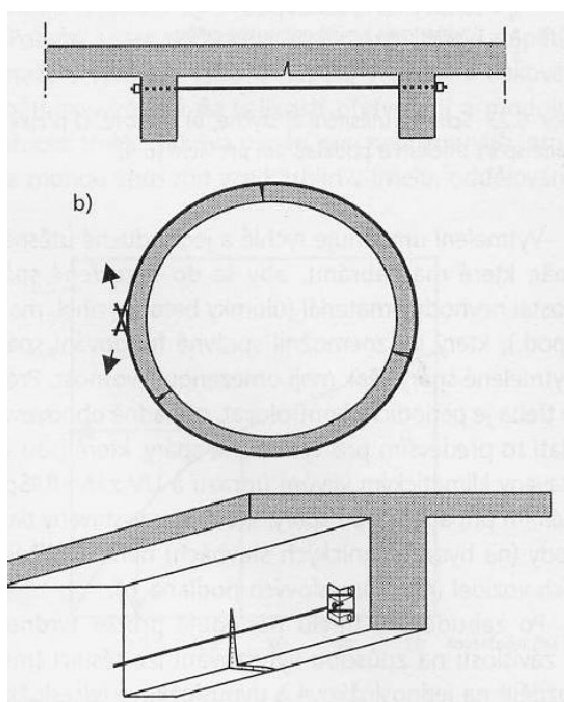
Při tlakové injektáži trhlín se nejdříve trhlina označí, a následně se pod úhlem 45° vyvrtají otvory pro injektážní ventil. Otvory se vrtají z obou stran trhliny a v přiměřené vzdálenosti vzhledem k šířce trhliny. Dále je třeba trhlínu vyčistit od prachu, který se buď vysaje, nebo vyfouká tlakem vzduchu. Na povrchu se poté utěsí trhlina epoxidovou maltou. Po provedení všech těchto věcí se může přistoupit k samotnému injektování. Postupuje se vždy ze zdola nahoru. Po vyplnění otvoru a uběhnutí předepsané čekací doby se vytáhnou ventily a otvory se uzavřou pomocí malty.

#### 6.6.4. Vytvoření spáry v místě trhliny

Širší aktivní trhlina se utěšňuje pomocí dilatační spáry. Princip spočívá v tom, že se pomocí brusky trhlina rozšíří na spáru a do této spáry se osadí těsnící profil. Šířka se určuje podle velikosti předpokládaných změn. Dále se spára vyplní trvale pružným tmelem. Požadavkem na to, aby se tento postup mohl uskutečnit, je suché prostředí před vytmelením. Dá se použít i podle druhu tmelu nátěr pro zvýšení přilnavosti tmelu k povrchu. Těsnící profil se do spáry vkládá jak z důvodu nepřilnutí tmelu ke dnu spáry, tak kvůli tomu, aby spára nespotebovala nekontrolované množství tmelu.

#### 6.6.5. Vnější předpětí

Při metodě uzavření trhlín pomocí vnějšího předpětí se využívají předpínací



Obrázek 39. Příklady uzavření trhlín pomocí předpětí [2]

lana, kabely, nebo tyče. Podstatou této metody je přenesení předpínací síly do betonu pomocí kotvících prvků. Kotvy se vždy buď opírají, nebo jsou spojeny s betonem. (Obrázek 39)

## 6.7. Sanace spár

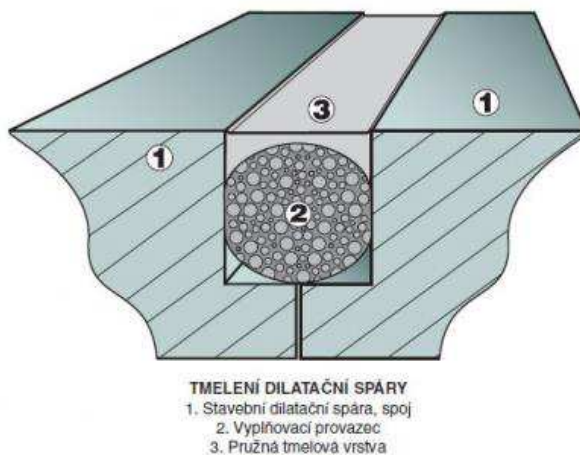
### 6.7.1. Pracovní spáry

Betonové desky je třeba kvůli dotvarování dělit na betonážní úseky, k tomu rozdělení slouží pracovní spáry. Pracovní spáry se dají utěsnit stejnými postupy jako trhliny a to pružnými nátěry, pružnými páskami, nebo plněním. O vhodném způsobu se rozhoduje v závislosti na okolním prostředí.

### 6.7.2. Dilatační spáry

Pokud dochází k nerovnoměrnému sedání konstrukce, nebo k velkým objemovým změnám, vytvářejí se dilatační páry, které konstrukci potřebně rozdělí. Dilatační spáry se dají dle umístění v konstrukci dělit na styčné, koutové a přeplátované spáry.

Nejjednodušším postupem jak uzavřít dilatační spáru je použít podkladní profil a tmel. Jako podkladní profil se nejčastěji používají polyetylénové pramence. Výběr tmelu už více záleží na okolním prostředí.



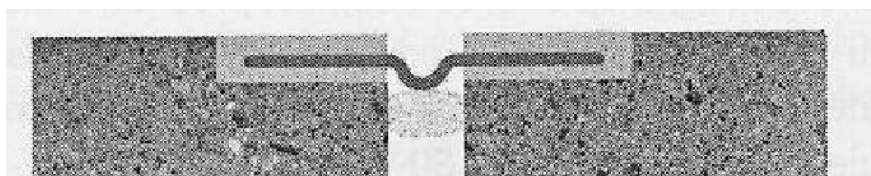
Obrázek 40. Tmelení dilatační spáry [28]

Požívané tmely se dají rozdělit na jednosložkové a vícesložkové. Na rozdíl od jednosložkových tmelů, kde tmel nabývá svých vlastností díky přístupu vzduchu, tak více složkové tím že se spojí dané složky. Tmel nabývá vlastností, které by se dali přirovnat ke gumě, a díky tomu může spára dilatovat bez porušení těsnící hmoty. A však trvale pružné tmely nemají neomezenou životnost, je třeba je kontrolovat a provádět opravy.

Dilatováním spáry vznikají v tmelu napětí, která když překročí určitou mez, zapříčiní trhlinu v tmelu nebo jeho oddělení od konstrukce. Proto se musí vybírat tmel s ohledem na jeho maximální přetvoření.

Nejčastěji se používají tři základní tmely, silikonové, polyuretanové a hybridní polymerové. Silikonové tmely jsou jednosložkové a jejich životnost se pohybuje okolo 20let. Výhodami tohoto melu je vysoká odolnost proti slunečnímu záření, maximální přetvoření až 25% a také má velkou odolnost proti vysokým teplotám. Polyuretanové tmely mají menší životnost a to zhruba 10let a i jejich další vlastnosti jsou ve srovnání se silikonovými tmely horší. Maximální přetvoření dosahuje jen 20%, odolnost proti vysokým teplotám je menší a odolnost vůči slunečnímu záření je také omezena. U hybridních polymerových tmelů je snaha spojit vlastnosti dvou předchozích tmelů. Tudíž jeho odolnost proti slunečnímu záření i teplotám je velká, maximální přetvoření je 25% a jeho aplikace je jednoduchá.

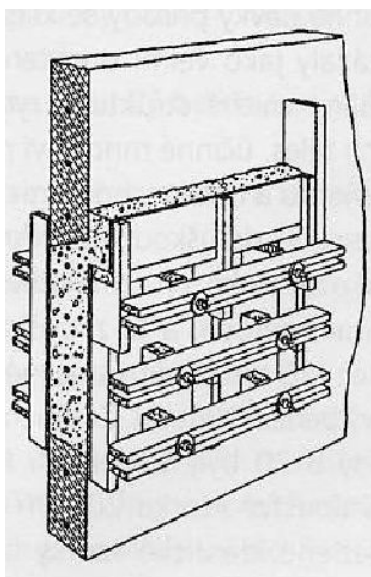
Krom tmelů se dají používat také těsnící pásky, ty dovolují větší přetvoření ve spáře než tmely. (Obrázek 41)



Obrázek 41. Těsnící páska [2]

## 6.8. Sanace otvoru

Pokud se beton rozpadne a vznikne otvor, musí se tento otvor znovu zabetonovat. Proto se musí nejdříve otvor upravit, aby to bylo možné. Úprava spočívá v tom, že se hrany otvoru zaoblí a zarovnejí, aby byli co nejvíce pravouhlé. Před betonáží je potřeba beton v okolí betonu navlhčit. U tvorby bednění se musí



Obrázek 42. Bednění pro sanaci otvoru [2]

zamyslet nad tím, aby beton vyplnil celý otvor, proto se jedna strana bedněná dělá tak, že se dá postupně zvyšovat jeho výška. (Obrázek 42)

## **6.9. Speciální sanace**

Mezi speciální sanace se řadí ty, které se v české republice používají pouze výjimečně, jako například realkalizace betonu, elektrochemická extrakce chloridů, katodová ochrana výztuže nebo ochrana výztuže migrujícími inhibitory. Jedinou výjimkou je sekundární krystalizace betonu, který také spadá do speciálních sanací, a však se u nás využívá docela často.

Sekundární krystalizace se používá tam, kde dojde k poruše hydroizolace v podobě polymerních, nebo bitumenových pásů, které jsou prakticky neopravitelné. Sekundární krystalizace se zde používá z toho důvodu, že tato oprava se dá praktikovat z vnitřní strany konstrukce. Tato metoda zvyšuje vodotěsnost betonu tím, že ho utěšňuje. Materiály pro sekundární krystalizaci se většinou skládají ze směsi portlandského cementu, jemných filerů a aktivních chemikálií. Výhodou tohoto druhu sanace je, že se dá použít na jakkoli starý beton.

Podstatou sekundární krystalizace je prorůstání krystalů póry a trhlinami a tím schopnost je uzavírat. Výhodami této metody jsou anorganická povaha, zabránění vniknutí vody, roztoků solí a podobně, zpomalují rozpad betonu, zvyšují pevnost a odolnost betonu, jsou odolné proti mechanickému porušení, utěšňuje trhliny, možná aplikace i na mokré povrch a jsou zdravotní nezávadnost.

## 7. Příklad návrhu sanace betonového mostu.

Dále je uveden příklad návrhu sanace klenbového přesypaného silničního mostu z prostého betonu. Jako podklad pro návrh sloužil provedený diagnostický průzkum. Ten zajistil investor akce. Při mém působení na odborné praxi ve firmě PONTEX s.r.o. jsem se podílela na návrhu sanace a vyhodnocení variant sanace mostu. Vzhledem k tomu, že výsledky byly poměrně jasné, co se týče výhodnosti variant, nebyla prováděna podrobná analýza budoucích nákladů a zbytkové životnosti. Definitivní rozhodnutí o realizované variantě na základě poskytnutých informací bylo ponecháno na investorovi stavby.

### 7.1. Identifikační údaje

<b>Název stavby:</b>	I/19 Dubovice most ev.č. 19 – 061
<b>Druh stavby:</b>	oprava mostu
<b>Převáděná komunikace:</b>	silnice 1. třídy č. 19, úsek Tábor - Pelhřimov
<b>Překážka:</b>	potok Hejlovka (níže po toku Želivka)
<b>Obec, katastrální území:</b>	Dubovice, Dubovice - 633 691
<b>Místní správní úřad:</b>	obec s rozšířenou působností MěÚ Pelhřimov Masarykovo nám. 1, 393 01 Pelhřimov
<b>Okres:</b>	Pelhřimov
<b>Kraj:</b>	Vysočina
<b>Směr staničení:</b>	Tábor → Pelhřimov

**Charakteristika mostu:** Trvalý silniční most v extravilánu o jednom poli s horní mostovkou, kolmý. NK tvoří betonová klenba (dle průzkumu z prostého betonu) přesypaná, opatřená čtyřmi šikmými betonovými křídly.

<b>Délka přemostění:</b>	~12,0 m
<b>Délka mostu:</b>	~23,0 m
<b>Délka nosné konstrukce:</b>	~ 15,98 m
<b>Šířka nosné konstrukce:</b>	šikmá ~16,56 m

<b>Šířka mezi svodidly:</b>	~9,0 m
<b>Šikmost mostu:</b>	pravá, ~68,54 gr
<b>Výška nad terénem:</b>	~10,0 m
<b>Stavební výška:</b>	~3,49 m
<b>Konstrukční výška:</b>	~0,800 m
<b>Zatížení a zatížitelnost mostu:</b>	Vn=19t, Vr=48t, Ve=117t (tlak na 1 nápravu 14,4 t)

Hodnoty jsou převzaty z poslední mimořádné prohlídky a diagnostického průzkumu, (10/2015) a jsou výsledkem redukce posledních výchozích hodnot (HMP-2011) koeficientem  $\alpha = 0,6$  s ohledem na stávající stavební stav mostu.

## 7.2. Zdůvodnění návrhu opravy

### 7.2.1. Důvody vyvolávající potřebu opravy

Přestože byly v nedávné době, v rámci drobných oprav a údržbových prací provedeny např. výměna krytu vozovky na mostě, výměna záchytných zařízení, provizorní překrytí mostních říms asf. lepenkou, stávající mostní konstrukce vykazuje řadu poruch, které jsou podrobně popsány v poslední MMP a diagnostickém průzkumu z 10/2015 (dle BMS). Projektant provedl v 02/2016 prohlídku most. objektu spolu s fotodokumentací, která potvrdila závěry předešlých prohlídek. Ze závěrů poslední prohlídky tedy vyplývají zejména následující závady mostu:

spodní stavba netrpí zásadními poruchami, které by měly okamžitý nepříznivý vliv na její funkci, je však provedena neodborně a z nekvalitních betonů, trpí především zatékáním a průsaky vody díky absenci či velmi špatnému stavu mostní izolace

čelní zdi a šikmá svahová křídla jsou exponována bočním deštěm a jsou patrné velmi silné stopy po průsacích.

stav spodní stavby je nyní hodnocen klasifikačním stupněm stavu V-špatný stav. Povinný koef. staveb. stavu  $\alpha = 0,6$

na NK byly zaznamenány poruchy, které by mohli v budoucnu snižovat zatížitelnost či životnost mostu

vady NK rovněž souvisejí s výstavbou, kdy klenba byla betonována po polovinách a výškově v několika betonážních taktech, čímž se na ní vyskytuje množství pracovních spár, jež se projevují trhlinami s velkými průsaky vody

NK je z výše uvedených zjištění hodnocena klasifikačním stupněm stavu V-špatný stav. Povinný koef. staveb. stavu  $\alpha=0,6$

Celkový stav mostu je hodnocen klasifikačním stupněm stavu V-špatný stav.

### **7.2.2. Účel a cíle opravy**

Cílem jednotlivých variant opravy mostu je zajistit bezpečné užívání konstrukce a dostatečnou životnost po opravě, přiměřené vynaloženým finančním prostředkům.

Nosná konstrukce i spodní stavba jsou z hlediska materiálů schopny plnit svůj úkol dlouhodobě, i když kvalita použitého betonu a zejména jeho hutnění a ošetřování v průběhu betonáže nebyly na vysoké úrovni. Pevnostně jsou však dle diag. průzkumu uspokojivé. Povrchové vrstvy podhledu klenby jsou uspokojivé z hlediska pevnosti v tahu, což je žádoucí pro přídržnost případné sanace.

Pro zamezení vzniku dalších škod je nutné provést velkou opravu chyb a závad vyskytujících se na mostním objektu, v opačném případě by rozvoj současných závad mohl ovlivnit celkový stav konstrukce a provoz na jím převáděné komunikaci.

#### Způsob dosažení cílů:

V této dokumentaci jsou uvedeny 3 varianty řešení (viz vzorové podélné řezy), v různých úrovních rozsahu provedených úprav a z toho plynoucí výhledové životnosti, které vždy zajistí odstranění zásadních závad a zajistí bezpečné užívání mostu po dobu životnosti opravy. Výběr výsledné varianty na základě jejich vyhodnocení, je plně věcí investora.

### **7.3. Zájmové území**

Mostní objekt se nachází v extravilánu, v katastru obce Dubovice, okres Pelhřimov, kraj Vysočina. Mostní objekt je situován severozápadně od obce, kde převádí silnici I.tř. č 19 přes potok Hejlovka (Želivka). Cca 200 m severozápadně od mostu se nachází zem. usedlost Chodeč, jinak se v okolí mostu žádná další zástavba nevyskytuje. V údolní nivě potoka se na pravé straně (orientace po toku→) vyskytují plochy s lesním porostem, na straně levé převážně neplodná půda či zamokřená půda (dle údajů z katastru nemovitostí).

V místě mostu je terén velmi svažité, převáděná komunikace (sil.I/19) je vedena po vysokém násypu před mostem, který za mostem pozvolna přechází do odřezu.

Dle vyjádření správců inženýrských sítí se v oblasti nenachází žádná vedení, která by mohla být stavbou dotčena. Projektant upozorňuje, že byla zjišťována jen vedení sítí, která lze v oblasti předpokládat, a současně tato mají omezenou platnost. V další projektové přípravě je potřeba provést aktualizaci těchto vyjádření.

## **7.4. Výchozí podklady pro návrh variant**

- běžně přístupné mapové podklady
- prohlídka mostu v systému BMS
- mostní list
- ověření inženýrských sítí
- místní šetření provedené před zpracováním elaborátu
- fotodokumentace
- geodetické zaměření mostu, které je součástí studie
- oměření provedené projektantem
- základní diagnostický průzkum

## **7.5. Charakteristiky území**

### **7.5.1. Charakter překážky a převáděné komunikace**

Převáděná komunikace je silnice I.třídy č. 19, úsek Tábor – Pelhřimov. Jedná se o velmi frekventovanou komunikaci s živičným krytem š. cca 8,0m, š. mezi svodidly cca 9,0 m..

Přemost'ovaná překážka je potok Hejlovka (Želivka), tvořící v okolí mostu meandry. Kineta pod mostem má šířku cca 5,0m a s osou mostu (silnice) svírá úhel cca 103.4 gr.

### **7.5.2. Územní podmínky**

Most objekt se nachází v extravilánu, v katastru obce Dubovice. Mostní objekt je situován severozápadně od obce, kde převádí silnici I.tř. č. 19 přes potok Hejlovka (Želivka). Směr staničení je směrem od Tábora k Pelhřimovu. Jak již bylo zmíněno k mostu bezprostředně nepřiléhá bytová zástavba, pouze výše zmíněná zem. usedlost.

Silnice před mostem je vedena po poměrně vysokém násypu hojně obrostlém vzrostlými stromy i náletovou vegetací, na obou stranách za mostem se dá již hovořit o lesu. Podélný sklon silnice stoupá směrem na Pelhřimov. Před mostem je silnice vedena ve směrově přímé, bezprostředně za mostem navazuje levostranný směrový oblouk.



Korunu silnice, z obou stran, ohraničují zjevně zánovní jednostranná silniční svodidla.

### **7.5.3. Zaměření a vytyčení mostu**

Zaměření mostu bylo provedeno v systému JTSK a výškovém systému Bpv.

## **7.6. Základní charakteristiky variant**

Variantní posouzení zahrnuje 3 varianty. Dále byla zvažována i varianta výstavby zcela nového mostu, přímo pojížděného, založeného na pilotách s úložnými prahy situovanými za opěry stávajícího mostu. Tato varianta byla pro svou zjevnou nevýhodnost jak z hlediska stavebních nákladů, tak nákladů na budoucí údržbu vyřazena před jejím dalším rozpracováním.

Provedení opravy, resp. rekonstrukce je navrženo v těchto 3 variantách:

**VARIANTA 1.** Oprava mostu s důrazem na minimální náklady na opravu. Cílem opravy je zamezit dalšímu rychlému chátrání mostu. Práce by se týkaly pouze podhledu na stávající klenby a přilehlých líců obou opěr, formou kotvené sanace. Komunikace nad klenbou by doznala změn v dl. úpravy cca 34,0m, s provedením úprav pro omezení pronikání vody ke konstrukci mostu a nového odvodnění, zemní pláň a nové skladby vozovky.

**VARIANTA 2.** Oprava mostu s vyššími náklady na opravu, resp. celkovou rekonstrukci mostu. Cílem opravy je zamezit dalšímu chátrání mostu. Práce by se týkaly jak podhledu na stávající klenby a přilehlých líců obou opěr, formou kotvené sanace, tak také úpravy rubové strany klenby opěr, provedením nové izolace a následně nového zemního násypu, s novou vozovkou v dl. cca 54,0 m.

**VARIANTA 3.** Oprava mostu s důrazem na rychlost jednoduchost provedení, s adekvátními náklady, spočívající v použití ocelové flexibilní konstrukce vsunuté do stávajícího otvoru zainjektované betonem, provedení nové kinety pod mostem. Komunikace nad klenbou by doznala změn v dl. úpravy cca 34,0 m, s provedením nového odvodnění, zemní pláň a opatření pro omezení pronikání vody ke konstrukci.

U všech variant je možno provést podvarianty s ohledem na preferované vlastnosti opravy (poměr stavebních nákladů a životnosti po opravě, použití stávajících prvků, rozsah sanací stávajících konstrukcí, dopravní omezení v průběhu stavby atd.)

### **7.6.1. VARIANTA 1.**

Jedná se o opravu mostu s využitím stávající nosné konstrukce i spodní stavby. Předpokládá se sanace pouze v nezbytné míře, a to pouze podhledu stávající klenby a přilehlých líců obou opěr a křídel. Bude provedeno obnovení, resp. doplnění

odvodnění rubu klenby. Na komunikaci, v rozsahu cca 10,0m na každou stranu od středu konstrukce bude provedena nová skladba konstrukce vozovky s plynulým napojením na stávající stav, vč. nových příčných trativodů odvodňujících zemní pláň a vloženou izolaci pro omezení přítoku vody do konstrukce mostu.

V této variantě se nezmění šířkové uspořádání na mostě. Na délku úpravy vozovky se provizorně demontují svodidla, po provedení nové části vozovky se opět osadí nazpět.

### **7.6.1.1. Popis předpokládaných prací**

#### **Nosná konstrukce:**

Celá NK bude zachována. Na vnější ploše - pohledu klenby a na lících čelních zdí bude provedeno očištění a to jak mechanicky, tak otryskáním tlakovou vodou, případné separované části budou mechanicky odstraněny. Dále se na této ploše provede kotvená sanace s injektáží trhlin a lokální úpravy a celoplošný, ochranný a sjednocující nátěr. Rubové plochy nosné konstrukce zůstanou nepřístupné.

#### **Spodní stavba:**

Lícní plochy opěr lícní plochy křídel budou ošetřeny stejným způsobem jako pohled klenby, dále budou v dřících obnovena nebo doplněna odvodnění rubu klenby pomocí otvorů s vlepenou trubkou.

#### **Odvodnění:**

Odvodnění izolace provedené na zemní pláni nad klenbou budou zajišťovat příčné trativody vyústěné na svahy násypu za klenbou s odvedením vody žlabovkami do potoka.

#### **Římsy:**

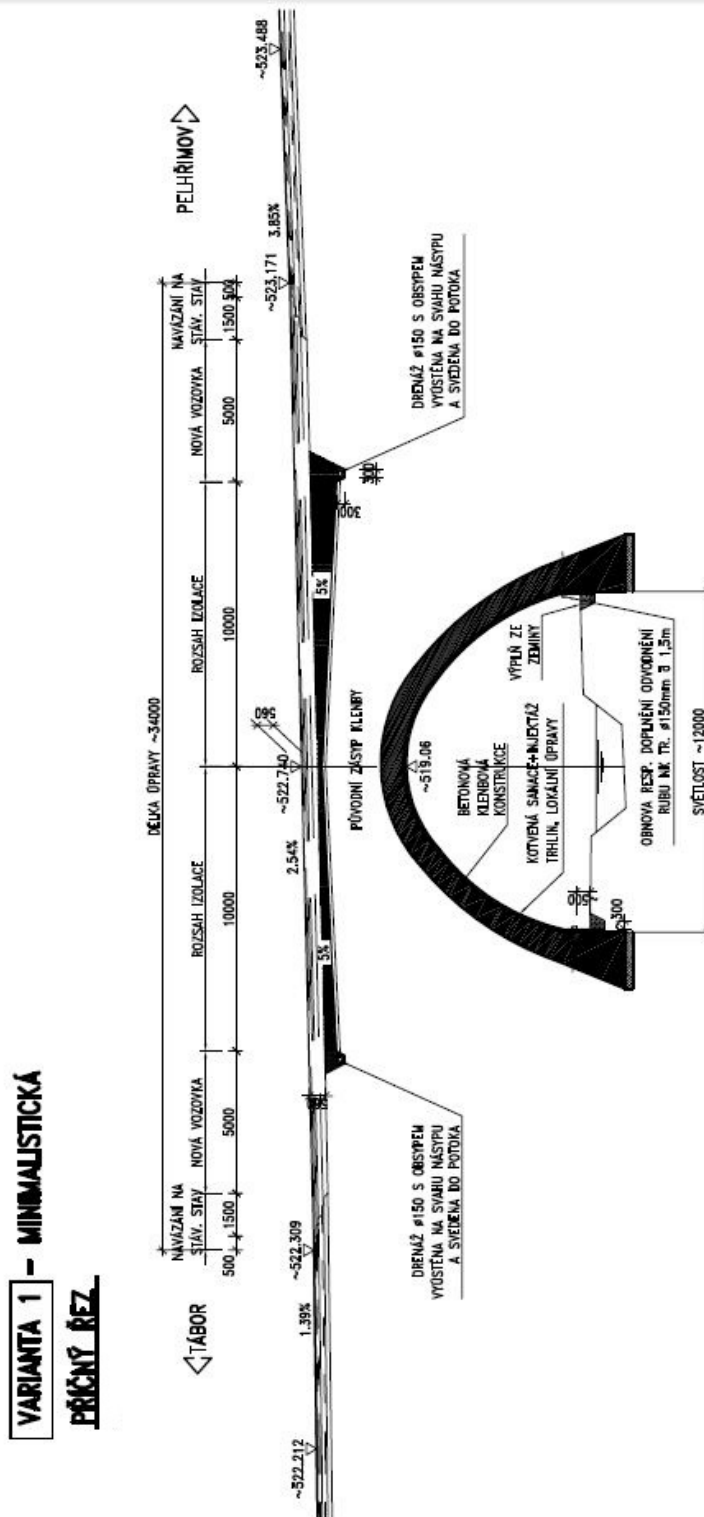
Stávající římsy na čelních zdech a na šikmých křídlech budou odstrojeny od provizorního překrytí asf. lepenkou, odstraní se stávající trubkové zábradlí římsy a budou odbourány. Po ošetření odhalených hlavích zdí a křídel, budou do předvrtaných otvorů vlepeny kotevní trny a vybudovány nové ŽB římsy a nové záchytné zábradlí na nich.

#### **Vozovka:**

Bude provedena třívrstvá živičná vozovka, obrusná vrstva z ACO, celk. tl. živičných vrstev cca 210 mm. Na vozovce bude provedeno nové vodorovné dopravní značení stěrkou.

### Záchytná zařízení:

Jak bylo popsáno výše, na nezbytnou délku, nutnou pro úpravu komunikace, bude stávající svodidlo (oboustranně) provizorně rozebráno a deponováno, po provedení nové části vozovky bude vráceno zpět na místo, případně podle stavu vyměněno.



Obrázek 43. Varianta 1. – podélný řez

## **7.6.2. VARIANTA 2.**

Jedná se o kompletní rekonstrukci stávajícího mostu. Rekonstrukce počítá s využitím stávající nosné konstrukce i spodní stavby. V rámci rekonstrukce bude ve vymezeném úseku (cca 49,80 m) kompletně odstraněna konstrukce vozovky, bude kompletně odtěžen zásyp klenby a křídel pro provedení sanace jejich rubu s odvodněním.

Sanace bude provedena kompletně na všech plochách, bude provedeno obnovení, resp. doplnění odvodnění rubu klenby, budou provedeny nové zásypy paty opěr klenby.

Na komunikaci, v úseku dl. cca 49,80 m bude provedena nová skladba konstrukce vozovky s plynulým napojením na stáv. stav.

V této variantě se nezmění šířkové uspořádání na mostě. Na délku úpravy vozovky se provizorně demontují svodidla, po provedení nové části vozovky se opět osadí nazpět.

### **7.6.2.1. Popis předpokládaných prací:**

#### **Spodní stavba:**

Opěry klenby budou odhaleny až k základům (dle ML). Před i za opěrami budou provedeny pásy betonu šířky cca 0,80 m sloužící jako podklad pro provedení kotvené přibetonávky na lících stranách a podkladního betonu drenáže rubu klenby, spolu se zásypy obou opěr opatřených těsnící nepropustnou folií. Rubové plochy opěr a křídel budou ošetřeny nátěry proti zemní vlhkosti.

Lící plochy opěr a lící plochy křídel budou ošetřeny stejným způsobem jako podhled klenby, v dřicích bodu obnovena nebo doplněna vyústění odvodnění rubu klenby.

#### **Nosná konstrukce:**

Celá NK bude zachována. Na vnější ploše - podhledu klenby a na lících čelních zdí bude provedeno očištění a to jak mechanicky, tak otryskáním tlakovou vodou, případné separované části budou mechanicky odstraněny. Dále se na této ploše provede kotvená sanace s injektáží trhlin a lokální úpravy a celoplošný, ochranný a sjednocující nátěr. Rubové plochy nosné konstrukce a také čelních zdí budou mechanicky očištěny. Poté bude na rubu, v celé ploše provedena vnější, vyrovnávací, kotvený obetonávka tl. cca 150 mm. Na takto vzniklou plochu bude provedena celoplošná izolace z AIP s ochranou z geotextilie. Poté bude proveden ochranný obsyp ze štěrkodrti v tl. cca 500 mm. Rubové strany křídelních zdí budou opatřeny nátěry proti zemní vlhkosti, případné lokální trhliny budou ještě překryty pásy izolace.



### **Odvodnění:**

Odvodnění vozovky bude zajištěno příčným a podélným sklonem vozovky.

### **Římsy:**

Stávající římsy na čelních zdech a na šikmých křídlech budou odstrojeny od provizorního překrytí asf. lepenkou, odstraní se stávající trubkové zábradlí římsy a budou odbourány. Po ošetření odhalených hlavích zdí a křídel, budou do předvrtaných otvorů vlepeny kotevní trny a vybudovány nové ŽB římsy a nové záchytné zábradlí na nich.

### **Vozovka:**

Bude provedena třívrstvá živičná vozovka, obrusná vrstva z ACO, celk. tl živičných vrstev cca 210 mm. Na vozovce bude provedeno nové vodorovné dopravní značení stěrkou.

### **Záchytná zařízení:**

Jak bylo popsáno výše, na nezbytnou délku, nutnou pro úpravu komunikace, bude stávající svodidlo (oboustranně) provizorně rozebráno a deponováno, po provedení nové části vozovky, bude vráceno zpět na místo, případně se osadí svodidlo nové.

## **7.6.3. VARIANTA 3.**

Jedná se o opravu mostu s ponecháním stávající nosné konstrukce i spodní stavby a vložením ocelové flexibilní konstrukce uzavřeného tvaru, který se nejvíce blíží tvaru otvoru stáv. mostu. Profil nové OK byl navržen, tak aby bezpečně provedl všechny úrovně N-letých průtoků. To bylo pro navržený profil ověřeno, je zřejmé, že Q100 bude provedeno s velkou rezervou. Dutiny mezi novou OK a stávající klenbou budou zabetonovány a zainjektovány. Uvnitř tubusu bude provedena nová kineta z výplňového betonu a kamenné dlažby. Před zahájením osazování nové flexibilní ocelové konstrukce je potřebné provizorně zatrubnit stávající potok, pomocí těsnících hrázek.

Na komunikaci, v rozsahu cca 10,0m na každou stranu od středu konstrukce bude provedena nová skladba konstrukce vozovky s doplněním izolace pro omezení přítoku do konstrukce mostu s plynulým napojením na stávající stav, vč. nových příčných trativodů odvodňujících zemní pláň a izolaci.

V této variantě se nezmění šířkové uspořádání na mostě. Na délku úpravy vozovky se provizorně demontují svodidla, po provedení nové části vozovky se opět osadí nazpět.

### 7.6.3.1. Popis předpokládaných prací

#### **Nosná konstrukce:**

Nová nosná konstrukce mostu je navržena z tzv. tlamového – uzavřeného ocelového profilu z vlnitého plechu tl. cca 5 mm, který se svým tvarem blíží tvaru stávající klenby. Světlost tohoto profilu je navržena v hodnotě 10,66 m. Výška ocelového profilu je cca 7,76 m. Musí se jednat o certifikovaný systém flexibilní ocelové konstrukce. Zvolenému typu konstrukce bude odpovídat detailní provedení. Celková délka profilu činí cca 37 m (od šikmého portálu k portálu) s tím, že tubus na obou stranách stávající otvor přesahuje, a že čela konstrukce budou provedena ve sklonu svahu, předpokládá se, že budou zmírněny stávající sklony svahů na obou čelech. Flexibilní OK bude do otvoru nasouvána z vtokové strany, do předem připraveného lože, dle technologického předpisu vybraného výrobce. Volný prostor mezi vnějším pláštěm nového, vsunutého ocel. profilu a líce stávající klenby bude vyplněn betonem s tím, že bude provedena injektáž vrchlíku cementovou maltou. Pro dokonalé proinjektování vrchlíku klenby budou v tomto místě vsunuty injektážní perforované trubky (cca 5 ks) pro tlakové doinjektování.

#### **Spodní stavba:**

Budou provedena šikmá čela ve sklonu svahu zemního tělesa, stávající křídla budou ponechána v násypovém tělese bez úprav. Čela budou opatřena v okolí flexibilní OK kamennou dlažbou do betonu.

#### **Odvodnění:**

V této variantě nebude řešeno odvodnění rubu stávajícího mostu.

Odvodnění zemní pláně a izolace nad klenbou budou zajišťovat příčné trativody vyústěné na svahy násypu za klenbou, odkud budou svedeny žlabovkami do potoka.

#### **Římsy:**

Stávající římsy se odstraní, nové římsy nejsou nutné.

#### **Vozovka:**

Bude provedena třívrstvá živičná vozovka, obrusná vrstva z ACO, celk. tl živičných vrstev cca 210 mm. Na vozovce bude provedeno nové vodorovné dopravní značení stěrkou.

#### **Záchytná zařízení:**

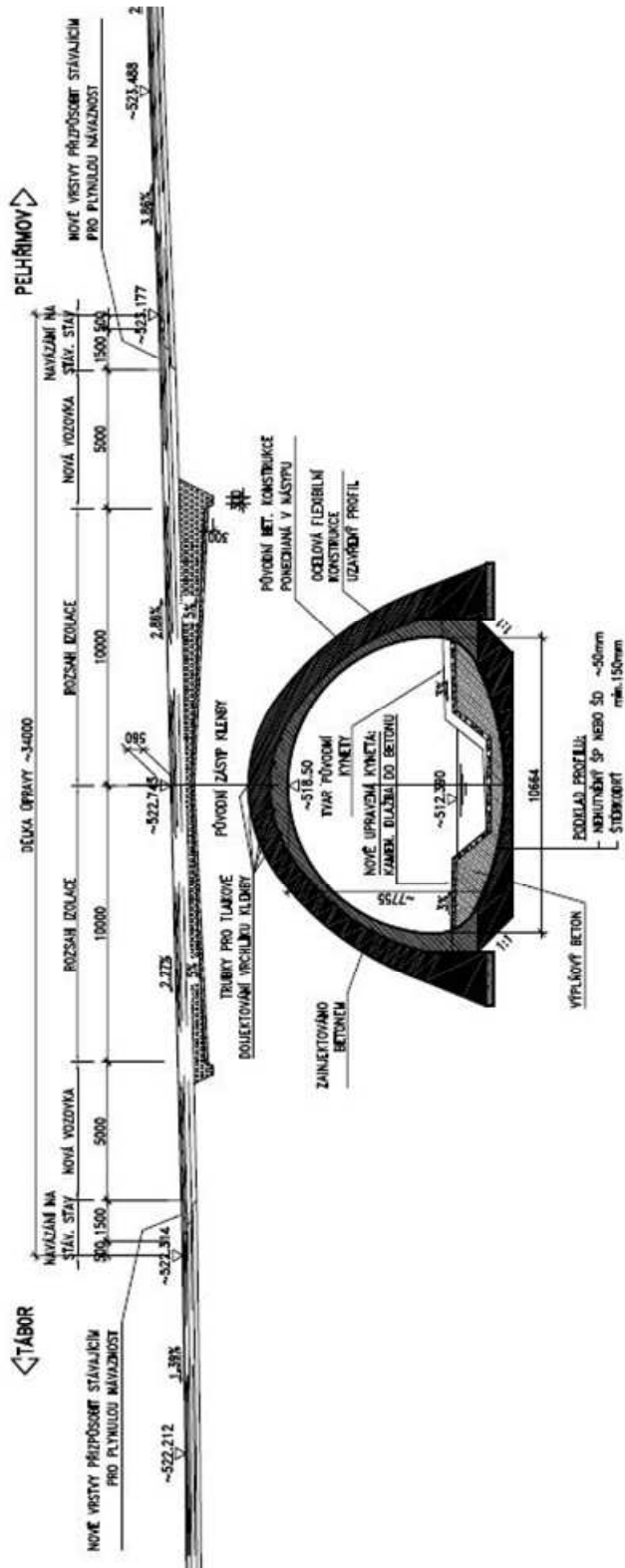
Jak bylo popsáno výše, na nezbytnou délku, nutnou pro úpravu komunikace, bude stávající svodidlo (oboustranně) provizorně rozebráno a deponováno, po

7. Příklad návrhu sanace betonového mostu

provedení nové části vozovky bude vráceno zpět na místo nebo bude osazeno svodidlo nové.

Nad čelo ocelové konstrukce bude osazeno jednoduché zábradlí (např. lankové).

**VARIANTA 3 – VLOŽENÍ OCELOVÉ FLEX. KCE**  
**PŘÉČNÝ ŘEZ**



Obrázek 45. Varianta 3. – podélný řez



### **Terénní úpravy:**

Svahy zemního tělesa budou upraveny do mírnějšího sklonu, než je stávající, plochy, které nebudou opatřeny dlažbou (okolo čela NK) budou ohumusovány a osety travou.

## **7.7. Dopravní problematika variant**

Z hlediska provozu na mostním objektu po opravě nedojde u žádné z variant ke změně šířkového uspořádání na převáděné komunikaci. Vzdálenost mezi líci svodidel zůstane i po opravě 9,00 m.

Z hlediska provádění stavebních prací bude nezbytné přistoupit k regulaci provozu na mostě. Pro variantu 1. a 3. platí stejná dopravní opatření spočívající v omezení provozu na mostě do jednoho jízdního pruhu, jímž bude provoz veden střídavě. Varianta 2. může být realizována pouze po úplném vyloučení provozu z komunikace na mostě a jeho převedení na objízdné trasy.

**U varianty 1.** se předpokládá celková doba opravy mostu cca 4 měsíce. V době provádění prací pod mostem na svazích postačí omezení rychlosti a případně zúžení profilu na mostě, ale bude zachován obousměrný provoz. Po dobu provádění úprav na komunikaci se předpokládá provoz vedený střídavě jedním pruhem, doba tohoto omezení se předpokládá cca 3 týdny.

**U varianty 2.** se předpokládá celková doba rekonstrukce mostu cca 5 měsíců. Po dobu celé stavby se předpokládá vyloučení provozu na mostě (provoz bude převeden na objízdné trasy. Vzhledem k poloze mostu, budou objízdné trasy poměrně dlouhé a zásah do provozu na komunikaci značný.

**U varianty 3.** se předpokládá celková doba opravy mostu cca 4 měsíce. V době provádění prací pod mostem, zasouvání flexibilní konstrukce, prací na svazích apod. postačí omezení rychlosti a případně zúžení profilu na mostě, ale bude zachován obousměrný provoz. Po dobu provádění úprav na komunikaci se předpokládá provoz vedený střídavě jedním pruhem, doba tohoto omezení se předpokládá cca 3 týdny.

## **7.8. Ekonomické porovnání variant**

### **7.8.1. Odhad nákladů**

Ekonomické porovnání variant je uvedeno v příloze. Tento odhad nákladů zpracovala specialista na rozpočty a kalkulace. Jsou zde porovnány rozhodující náklady na realizaci jednotlivých variant, tj. jsou vyčísleny podrobnější odhady nákladů jednotlivých operací pro popsané varianty opravy, resp. rekonstrukce mostu. Tyto náklady jsou podstatným prvkem pro výběr varianty, která bude dále detailněji rozpracována. Ceny vychází z expertních cen ŘSD.

## 7.8.2. Multi-kritériální analýza

Jako pomocné hledisko pro výběr variant je zpracována zjednodušená multi-kritériální analýza, která se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody více-kritériálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantách projektu.

Rozhodujícím prvkem při rozhodování bude odhad stavebních nákladů, který je podrobněji zpracován ve zvláštní příloze.

### Kritéria hodnocení:

- Stavební náklady opravy, resp. rekonstrukce – podrobněji viz zvláštní přílohu
- Náročnost a náklady na údržbu
- Životnost opravené konstrukce
- Splnění prostorových nároků převáděné komunikace
- Technická náročnost opravy, nároky výstavby z hlediska omezení provozu na mostě

kriterium/varianta	Varianta „1“	Varianta „2“	Varianta „3“
<b>Stavební náklady</b>	8,0 mil. Kč	17,2 mil. Kč	14,2 mil. Kč
<b>Náročnost údržby</b>	zvýšená	zvýšená	běžná
<b>Životnost konstr.</b>	cca 15 - 20 let	cca 20 - 30 let	až 80 let
<b>Prostor. uspořádání</b>	zachov. bez omezení	zachov. bez omezení	zachov. bez omezení
<b>Náročnost opravy / DIO</b>	střední / jen částečné omezení dopravy	vysoká / úplná uzavírka, dlouhé objízdné trasy	střední / jen částečné omezení dopravy
<b>Překládka sítí</b>	0	0	0

Tabulka 2. Vyhodnocení jednotlivých požadavků, ceny jsou uvedeny bez DPH.

Z výše uvedeného je zřejmá přímá úměra mezi stavebními náklady a životností provedené opravy u variant 1. a 3. U varianty 2. je zřejmá naprostá neúměrnost nákladů a životnosti v porovnání s ostatními variantami. Je potřeba počítat s tím, že životnost sanací je cca 20 let optimálním případě 30 let.

Vlastní multi-kritériální hodnocení není matematicky vyhodnocováno (vyjma stavebních nákladů), neboť není stanovena váha jednotlivých požadavků, která je dána aktuálními možnostmi investora v konkrétním období, popř. dalšími omezujícími požadavky. Uvedené hodnocení má za úkol prezentovat vlastnosti jednotlivých variant tak, aby poskytlo dostatečné podklady pro výběr konkrétní varianty.

## 7.9. Souhrnné posouzení variant a doporučení

**Varianta 1.** je vhodná pro případ, kdy má investor k dispozici výrazně omezené prostředky a požaduje maximální využití zbytkové životnosti konstrukce, pouze s minimálními náklady na opravu. Opravou se zlepší stav stávající konstrukce, díky sanaci a díky doplnění odvodnění rubu klenby dojde k menšímu omezení zatékání do konstrukce, a tudíž se zvýší zbytková životnost stáv. konstrukce.

Tato varianta má oproti následujícím dvěma variantám nižší náklady, přičemž zajistí fungování opravené konstrukce v podobném uspořádání po dobu cca 20 let. Efektivita vynaložených prostředků bude relativizována náklady na údržbu apod., které budou nepříznivější než u varianty 3.

**Varianta 2.** se jeví jako zcela neefektivní, vykazuje nejvyšší náklady a současně jen o málo vyšší životnost než varianta 1.

**Varianta 3.** je možno realizovat v případě dostatečných finančních prostředků. Instalací nové NK se přiblíží životnost objektu novému mostu. Provedení takovéto konstrukce bude v souladu s požadavky současných předpisů včetně možnosti realizace opatření pro zajištění ochrany vodního toku pod mostem. Rovněž náklady na údržbu budou u takovéto konstrukce nižší. Efektivita vynaložených prostředků je tedy u této varianty velmi vysoká., nicméně zcela rezignuje na využitelnou zbytkovou životnost stávající konstrukce.

Jako nejvýhodnější se z ekonomického hlediska jeví varianta 3, která řeší problematiku komplexně a životnost opravené konstrukce se bude blížit životnosti nového mostu. Nicméně tato varianta je podmíněna vyšší počáteční investicí.

V případě požadavku na provozování mostu bez výraznějších investic do doby, kdy budou zajištěny potřebné finanční prostředky na náhradu mostu novou konstrukcí, je možno využít varianty 1. Nicméně s ohledem na její poměrně vysoké náklady je i tak tato varianta jeví jako málo efektivní, proto ji nedoporučujeme.

## 8. Závěr

Z poznatků v této bakalářské práci plyne, že sanace mohou prodloužit životnost betonových konstrukcí, avšak je třeba věnovat mimořádnou pozornost jejich návrhu v návaznosti na diagnostický průzkum. Při nevhodném návrhu mohou být jen drahou kosmetickou úpravou nebo dokonce způsobit zhoršování stavu konstrukce.

Pokud má být provedena oprava betonové konstrukce, je potřeba postupovat v následujících krocích. Nejdříve provést podrobnou prohlídku konstrukce, stanovit rozsah poškození a na podkladě této prohlídky stanovit rozsah diagnostického průzkumu, který bude sloužit jako podklad pro návrh sanace. Dále zpracovat diagnostický průzkum v navrženém rozsahu a vyhodnotit zjištěný stav konstrukce. Poté stanovit předběžný rozsah nutných oprav a tyto práce orientačně ocenit a to ve variantách, je vhodné mezi varianty zařadit i „dožítí“ konstrukce bez zásahu a úplnou přestavbu konstrukce. Pro každou variantu odhadnout zbytkovou životnost konstrukce. Následně provést multikriteriální analýzu variant. V této analýze se věnovat nejen stavebním nákladům, ale zohlednit i zbytkovou životnost, rizika, dobu, po níž bude konstrukce mimo provoz apod. Na základě této analýzy zvolit vhodnou variantu opravy. Nakonec podle výsledků diagnostického průzkumu podrobně navrhnout technologii opravy.

Uvedený postup umožní optimální využití vynaložených prostředků. V minulosti byla schopnost sanací při opravě betonových konstrukcí v řadě případů přeceněna a vynaložené prostředky pak rychle ztratily efekt. Stejně tak byla v řadě případů použita nevhodná sanace (např. vysokopevnostní málo propustné malty nanesené na betony nízké jakosti s vysokou přirozenou vlhkostí, které následně způsobily skrytý rozpad konstrukce pod sanacemi apod.) nebo byly sanace prováděny v nesmyslně velkém rozsahu jen pro odstranění pohledových vad apod. Z toho pak plyne poměrně nízká úspěšnost sanací zjištěná např. u sanovaných betonových mostů, u nichž byla provedena oprava v devadesátých letech.

# 9. Přílohy

## 9.1. Příloha č.1

Odhad stavebních nákladů pro most Dubovice

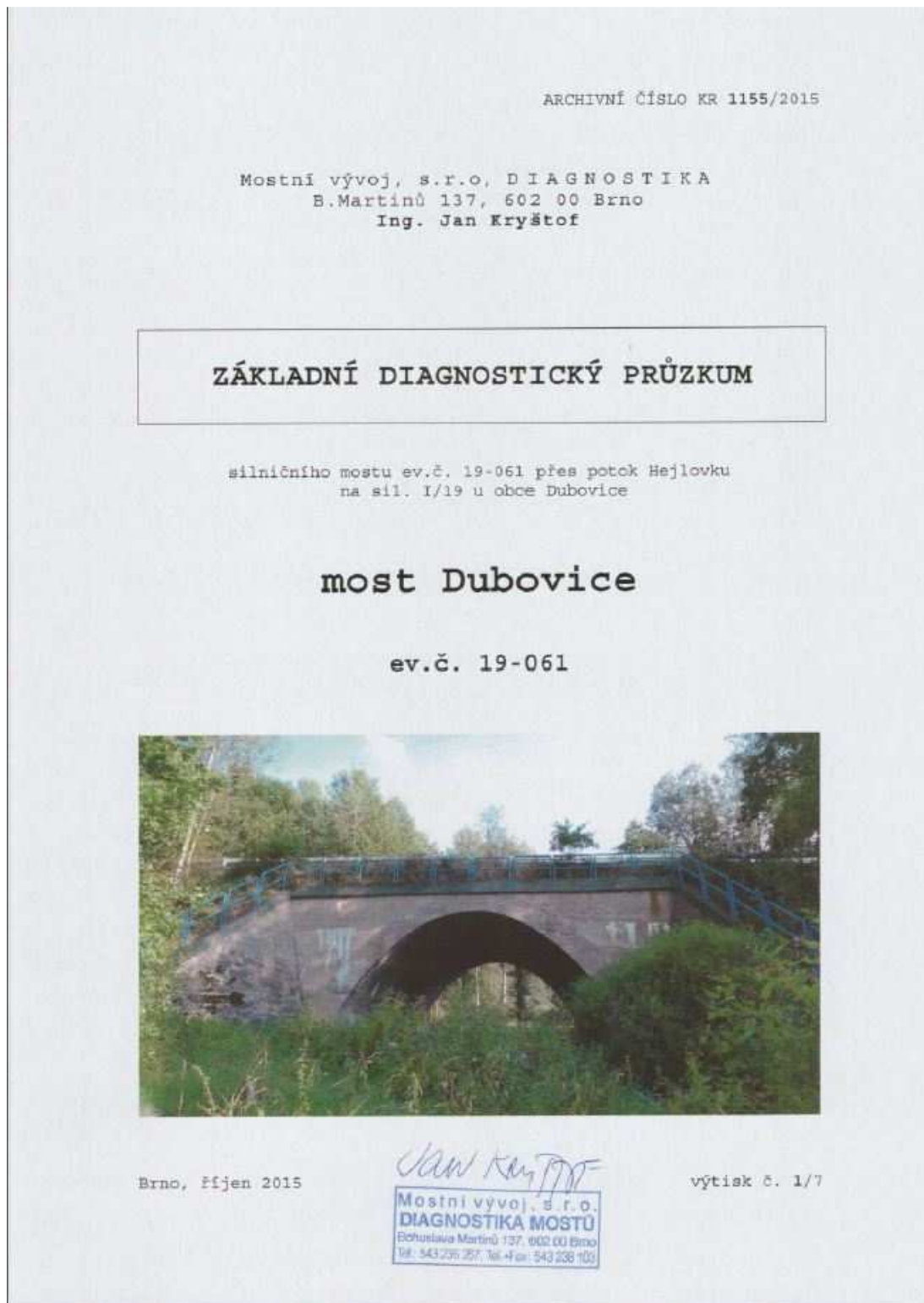
I/19 Dubovice, most ev.č. 19-061  
Studie proveditelnosti a ekonomické výhodnosti

### Odhad stavebních nákladů

Pol.	Popis položky	mj.	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		
			počet mj.	cena za pol.	počet mj.	cena za pol.	počet mj.	cena za pol.	
	Odstavení stávající vozovky kompletní vč. odvozu na skládku 1 a poplatku za uložení	m <sup>2</sup>	306	1 000	488	1 000	306	1 000	306 000
	Vrstvy z humného škrtopísku vč získání a dovozu	m <sup>3</sup>	75	750	174	750	75	750	56 250
	izolace z folie včetně ochrany a 3 podkladní vrstvy	m <sup>2</sup>	125	450	116	450	125	450	56 250
	4 geotextilie	m <sup>2</sup>		650	393	650		650	-
	Drenáž kompletní vč. obšypu a 5 přírodního hroubení	m	28	250	67	250	28	250	7 000
	6 přírodního hroubení	m <sup>2</sup>	507	5 000	507	5 000		5 000	-
	Zásyp z nakupovaného materiálu humný jako přechodová oblast mostu + stěny objem výkop s uložením na skládku a dopravou.	m <sup>3</sup>		950	5024	650		650	5 344 876
	7 u var. 3 ten násyp	m <sup>3</sup>		9 500	64	9 500		9 500	610 238
	8 Beton NK - skotepina	m <sup>3</sup>		25 000	63	25 000		25 000	170 562
	9 Vytužte ze síti KAAR	t	3,2	79 916					
	Všepení vyztuže pro kotvení 10 včetně vrty a vyztuže	ks	4059	250	9981	250		250	1746 200
	Zásyp se ztuhlejším z vykopané zeminy + stěny objem výkop s 11 uložení na skládku a dopravou.	m <sup>3</sup>	67	650	160,8	650		650	104 520
	12 Injektáž třtin těsnění	m	120	1 600	120	1 600		1 600	192 000
	13 Injektáž třtin slove spojovací	m	300	2 600	300	2 600		2 600	780 000
	Flexibilní ocelová konstrukce obvod 37m, kompletní včetně 14 montáže, podsýpu, PKO a dopravy	m		180 000		180 000		180 000	6 060 000
	Dřezba z lomového kamene 16 včetně podkladu ukotvení apod.	m <sup>2</sup>		1 800		1 800		1 800	1 638 000
	17 Poddlaží beton	m <sup>3</sup>		2 200	33	2 200		2 200	683 760
	18 Vypalňový beton	m <sup>3</sup>		3 500	262	3 500		3 500	1 022 560
	19 Injektáž určeliku	m <sup>3</sup>		16 000		16 000		16 000	160 000
	Nova vozovka vč. úpravy krajnic 20 apod.	m <sup>2</sup>	306	1 500	488	1 500	306	1 500	459 000
	21 Svodičta	m	80	1 500	100	1 500	80	1 500	120 000
	Řemesy kompletní včetně vyztuže 22 a kovění	m <sup>3</sup>	59	15 000	56	15 000		15 000	891 000
	23 Zábzdání	m	66	1 000	66	1 000		1 000	66 000
	24 Ostatní náklady výše nezahrnuté	%	20	6 628 268	20	14 333 035	20	11 818 445	2 363 889
	<b>Celkem stavební náklady bez DPH</b>			<b>7 953 919</b>		<b>17 139 642</b>		<b>14 182 134</b>	
	DPH 21%			1 670 323		3 611 925		2 976 248	
	<b>Celkem stavební náklady včetně DPH</b>			<b>9 624 242</b>		<b>20 811 567</b>		<b>17 160 382</b>	
	Orientační náklady na 1m <sup>2</sup> stávajícího mostu			35 463		76 750		63 255	

## 9.2. Příloha č.2

Základní diagnostický průzkum mostu Dubovice.



	<b>OBSAH.....</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>VŠEOBECNÉ ÚDAJE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ZÁKLADNÍ ÚDAJE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA.....</b>	<b>3</b>
3.1	CELKOVÝ POPIS OBJEKTU A ORIENTACE ZÁZNAMU.....	3
3.2	ZÁKLADY OBJEKTU.....	4
3.3	MOSTNÍ PODPĚRY A KŘÍDLA.....	4
3.3.1	Koncové podpěry - opěry.....	4
3.3.2	Mostní křídla.....	4
3.4	HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE.....	4
3.5	SOUČÁSTI NOSNÉ KONSTRUKCE A PŘIDRUŽENÉ DÍLY.....	5
3.5.1	Uložení nosné konstrukce.....	5
3.5.2	Mostní závěry.....	5
3.5.3	Přechodové desky.....	5
3.6	MOSTNÍ SVRŠEK.....	5
3.6.1	Vozovka.....	5
3.6.2	Chodníky/odrazné proušky.....	5
3.6.3	Hydroizolace.....	5
3.6.4	Římsy.....	6
3.7	MOSTNÍ VYBAVENÍ.....	6
3.7.1	Záchytné bezpečnostní zařízení.....	6
3.7.2	Odvodňovací zařízení.....	7
3.7.3	Ochranná zařízení a zábrany.....	7
3.7.4	Dopravní značení a označení mostu.....	7
3.7.5	Osvětlovací zařízení.....	7
3.7.6	Revizní zařízení.....	7
3.8	CIZÍ A ZVLÁŠTNÍ STALÉ (DESTRUKČNÍ) ZAŘÍZENÍ.....	7
3.9	ÚZEMÍ POD MOSTEM A PŘÍSTUPOVÉ CESTY.....	8
<b>4</b>	<b>ZJIŠTĚNÍ ZÁKLADNÍCH MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK.....</b>	<b>8</b>
4.1	ZJIŠTĚNÍ VLASTNOSTÍ BETONU.....	8
4.1.1	Zjištění pevnosti betonu v tlaku.....	8
4.1.2	Zjištění pevnosti povrch. vrstev betonu v tahu.....	9
4.1.3	Zjištění chemického stavu betonu.....	10
4.2	ZJIŠTĚNÍ MNOŽSTVÍ, POLOHY, DRUHU A STAVU VÝZTUŽE.....	11
4.2.1	Betonářská výztuž.....	11
4.2.2	Předpjatá výztuž.....	11
4.3	ZJIŠTĚNÍ TLOUŠŤEK SVISLÝCH KONSTRUKCÍ.....	11
<b>5</b>	<b>VYHODNOCENÍ STAVU MOSTU.....</b>	<b>11</b>
5.1	VÝKON PROHLÍDEK.....	11
5.2	ÚDRŽBOVÉ PRÁCE A OPRAVY.....	12
5.3	KLASIFIKAČNÍ STUPEŇ STAVU.....	12
5.4	PROGNÓZA.....	12
5.5	ZATÍŽITELNOST.....	13
<b>6</b>	<b>NÁVRH NA ODSTRANĚNÍ ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD A PORUCH.....</b>	<b>13</b>
6.1	ZÁSADY, KTERÉ JE NUTNÉ REALIZOVAT.....	14
6.2	ZÁSADY, KTERÉ NENÍ NUTNÉ NEBO HOSPODÁRNĚ REALIZOVAT ...	16
<b>7</b>	<b>POZNÁMKY.....</b>	<b>16</b>
7.1	FOTODOKUMENTACE.....	16
7.2	SHODA MOSTNÍCH DOKLADŮ SE SKUTEČNOSTÍ.....	16
7.3	ARCHIVACE.....	17
<b>PŘÍLOHY</b>		
PŘÍLOHA 1	PROTOKOL O NDT OVĚŘOVÁNÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU	
PŘÍLOHA 2	FOTODOKUMENTACE	
PŘÍLOHA 3	PROTOKOL O HODNOCENÍ BETONŮ Z KONSTRUKCE CHEMICKÝM ROZBOREM (CH-test)	
PŘÍLOHA 4	PŘEHLED PRACÍ, MOSTNÍ LIST A VÝTAH Z PASPORTU SDO	
PŘÍLOHA 5	DOKLADY ZHOTOVITELÉ	



## ZÁKLADNÍ DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

silničního mostu ev.č. 19-061 přes potok Hejlovku  
na sil. I/19 u obce Dubovice

### 1 Všeobecné údaje

- 1.1 **OBJEDNATEL:** Ředitelství silnic a dálnic ČR, Správa Jihlava, Kosovská 10a, 586 01 Jihlava,
- 1.2 **ZHOTOVITEL:** Mostní vývoj, s.r.o., DIAGNOSTIKA, B. Martinů 137, 602 00 Brno, Ing. Jan Kryštof, Ing. Štěpán Stanislav, Marek Kocáb, Martin Hudeček, Doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D., Ing. Petr Daněk, Ph.D.
- 1.3 **DATUM PRACÍ:** 16.09, 12.10., 19.-21.10.2015.  
Teploty v 7:00 h byly -2 °C až +11 °C.  
Prohlídka a foto 07.09.2015.  
Teplota v 7:00 h byla +8 °C.
- 1.4 **KRAJ/OKRES:** Vysočina/Pelhřimov.
- 1.5 **KAT. ÚZEMÍ:** Dubovice.

### 2 Základní údaje

- 2.1 **ČÍSLO KOMUNIKACE :** I/19.
- 2.2 **STANIČENÍ [km]:** provozní (liniově): 138,284,  
na úseku 2314A017 2314A018: 0,230.
- 2.3 **EVIDENČNÍ ČÍSLO MOSTU:** 19-061.
- 2.4 **ROK POSTAVENÍ OBJEKTU:** 1951 (dle ML).
- 2.5 **DOKLADY MOSTNÍHO OBJEKTU:** jsou uloženy v archivu udržovatele, kterým je Ředitelství silnic a dálnic ČR, Správa Jihlava, Kosovská 10a, 586 01 Jihlava. Diagnostik měl k dispozici ML, záznamy z hlavních a běžných prohlídek mostu.
- 2.5.1 **Stavební dokumentace (SD)** nebyla k dispozici.
- 2.5.2 **Mostní list (ML)** byl k dispozici i s náčrtky převzatými ze stavební dokumentace. Jeho autor ani datum vypracování není uveden.
- 2.5.3 **Záznam z poslední hlavní prohlídky (HPM)** byl k dispozici. Je ze srpna 2011 (Ing. Tomáš Mička). Prohlídky běžné (BPM) jsou od roku 2010 organizovány 2x ročně (klasifikační stupeň stavu-IV, uspokojivý).



**2.6. Používané zkratky:**

AB	asfaltový beton	OP	opěra
CB	cementový beton	PD	přechodová deska
CZ	cizí zařízení	SDO	Silniční databanka Ostrava
DDG	doplňková diagnostika	SD	stavební dokumentace
DG	diagnostika či diagnostický průzkum	S, J, Z, V, SZ, SV, JZ, JV	světové strany
DZ	dopravní značka	TSm	typizační směrnice "Vybavení mostov"
EMZ	elastický MZ	TP	typový podklad
F-test	fenolftaleinový test	UP	úložný práh
HPM	hlavní prohlídka mostu	UK	tmělý kámen
C-rozbor	chemický rozbor	VO	veřejné osvětlení
KZ	krycí zeď (zídka)	NK	vodorovná nosná konstrukce
LA	litý asfalt	ZS	zábradelní svodidlo
MP	mezilehlá podpěra	ZBE	záchytné bezpečnostní zařízení
NK	místní komunikace	ZZ	závěrná zeď (zídka)
ML	mostní list	ŽB	železobeton
MZ	mostní závěr	ČÚGK	Český úřad geodetický a kart.

**3 Vizualní prohlídka****3.1 CELKOVÝ POPIS OBJEKTU A ORIENTACE ZÁZNAMU**

Diagnostikovaný jednoplošný mostní objekt o délce přemostění 12 m je proveden jako parabolická klenba z prostého monolitického betonu. Spodní stavba, opěry i křídla jsou též monolitická. Objekt je zbudován jako křižení silnice I/19 s korytem potoka Hejlovky (Želivky) u obce Dubovice v k.ú. Dubovice.

V podélném i příčném směru NK kopíruje vedení komunikace na mostě. Směrově je most v mezipřímé za levotočivým a před pravotočivým obloukem. Niveleta na mostě stoupá ve směru staničení. V příčném směru je NK vodorovná. Přemostěvanou překážkou je koryto potoka Hejlovky, v tomto úseku toku též nazývaného Želivka. Úhel křižení s potokem je 100°, most je kolmý.

Objekt je popisován dle přílohy A, odst. A.1.8, písmeno a), ČSN 73 6220 Evidence mostních objektů pozemních komunikací ve směru číslování mostů (staničení) přecházející komunikace, tj. přibližně od Západu k Východu a zleva doprava, tj. od strany povodni ke straně návodní (podle toku potoka). Konstrukcí mostu tvoří 1 mostní pole a 2 podpěry/paty klenby číslované arabskými čísly.

Účelem rozsáhlejší fotodokumentace stavu mostu je zachytit současný stav pro porovnávání s následujícími úpravami. Na nepodstatná zjištění není reagováno.

V PŘÍLOZE 1 jsou některé odchylky od tohoto popisu a terminologie. Orientační podklady byly získány ze silniční mapy ČR 1:50 000, list 23-14 Pelhřimov, ČÚGK a SDO 2005.

### 3.2 ZÁKLADY OBJEKTU

Základy mostu nejsou přístupné. Jejich průzkum nebyl součástí DG. Nepůsobí mostu škody.

### 3.3 MOSTNÍ PODPĚRY A KŘÍDLA

#### 3.3.1 Koncové podpěry - opěry

Koncové podpěry, opěry, viz obr. C99-05 a C99-06 tvoří paty klenbové NK. Jsou neomítané, betonované do bednění z žeziva. V obou opěrách/patách klenby provedeny čtyři otvory pro odvodnění rubu klenby. Uprostřed délky opěr/pat klenby nepříznivá dilatační spára, jež se projevila trhlinou.

Betonáž opěr/pat klenby nebyla provedena odborně, v důsledku čehož se projeví některé vady. Beton je rozmíslený, vrstevnatý, v některých místech kavernózní, má sklon k větrání a rozpadu.

Ve vodorovných spárách výrazně inkrustované stopy po zatékání, místy jsou uchyceny mikroorganismy. Beton je nestejnoroďý (variační koeficient 21 %) a pevnostně odpovídá třídě (C23/28). Vyhodnocení bylo provedeno jako jeden soubor NK - klenba. Bednění opěr nebylo prvotřídní, ale bez větších chyb.

Tloušťka a složení opěr nebyly ověřovány průvrtem. Zjištění základních materiálových charakteristik betonu, viz odst. 4.1 a PŘÍLOHA 1.

#### 3.3.2 Mostní křídla

Mostní křídla, viz obr. C99-07 až C99-10 jsou šikmá svahová se skloněným licem. Jsou neomítaná. Bednění křidel nebylo prvotřídní, ale bez větších chyb. Betonáž byla prováděna po vrstvách, horizontální pracovní spáry se projevují trhlinami. V jejich okolí inkrustované výluhy a uchycování mečů. Temena a lice křidel jsou chráněna monolitickými ŽB římsami. Povrchy říms jsou chráněny asfaltovanou lepenkou s posypem z kamenné drti. Římsy jsou pro křídla pouze částečnou ochranou, protože ty jsou díky svým skloněným licům neustále vystaveny povětrnostním vlivům a dešti.

Kvalita betonu opěr je obdobná jako kvalita betonu NK - klenby. Pevnostně jsou však křídla horší, jejich beton odpovídá třídě C12/15. Na křídlech nejsou patrné geometrické změny. Okolí povodních křidel je neudřované, křídla jsou obtěžována nízkou vegetací a křovinami.

Tloušťka a složení křidel nebyly ověřovány průvrtem. Zjištění základních materiálových charakteristik betonu, viz odst. 4 a PŘÍLOHA 1.

### 3.4 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

Vodorovnou nosnou konstrukcí, dále jen NK, tvoří přesýpaná jednopólová parabolická klenba z prostého betonu, viz obr. C99-03 a C99-04. Její čela jsou opatřena čelními zdmi, jejichž temena jsou chráněna římsami se stejnou úpravou jako křídla, viz obr. C99-11 až C99-14. Klenba i čelní zdi byly betonovány do bednění z žeziva, po výšce v několika betonážních taktách, klenba navíc po polovinách, viz obr. C99-05 a C99-06.

Tloušťka základu v základové spáře je 2,0 m, tloušťka klenby v její patě 1,1 m a ve vrcholu 0,8 m. Rozpětí klenby činí 12,0 m a světlá výška nad terénem 8,0 m (vše dle náčrtku ML).

Betonáž byla provedena do bednění z železa, nepřilíš odborně. Hutnění betonu bylo nedostatečné a projevilo se vadami na povrchu. Beton je na mnoho místech rozmíslený, kavernózní, se štěrkovými hnízdy a v okolí pracovních spár (svislé i vodorovných) se objevují velmi silné stopy po zatékání, často s inkrustacemi, viz obr. C99-20 až C99-26, C99-28 a C99-31.

V klenbě jsou v obou jejích opěrách/patach provedeny čtyři otvory pro odvodnění jejího rubu. Revize jejich průchodnosti nebyla prováděna.

Beton NK - klenby je třídy (C23/28), beton čelních zdí třídy C16/20.

Vyhodnocení pevnosti betonů nosné konstrukce je v PŘÍLOZE 1. Pevnosti a objemové hmotnosti jsou ve zprávě uvedeny v odstavci 4.1.1.

### 3.5 SOUČÁSTI NOSNÉ KONSTRUKCE A PŘIDRUŽENÉ DÍLY

#### 3.5.1 Uložení nosné konstrukce

Uložení NK (klenby) na opěrách je tzv. přímé. Je bez zjevných vad a poruch.

#### 3.5.2 Mostní závěry

Mostní závěry (MZ) nejsou zřízeny. Vozovka je nová a nevznikly v ní poruchy.

#### 3.5.3 Přechodové desky

Přechodové desky nejsou dle dostupné dokumentace na objektu zřízeny.

### 3.6 MOSTNÍ SVRŠEK

#### 3.6.1 Vozovka

Vozovka je poměrně nová a je ve výborném stavu, viz obr. C99-01 a C99-02. Její niveleta ve směru staničení stoupá. V příčném směru má vozovka střešovitý sklon. Povrch vozovky na mostě není zatím poškozen trhlinami ani hluboce vyjetými koleje.

Kryt vozovky tvoří hutný asfaltový beton střednězrný, s výbornou křivkou zrnitosti a malým procentem štěpinovitých zrn. Podkladní vrstvy jsou tvořeny několika vrstvami předchozích krytů. Vozovka byla v minulosti několikrát nadbytečně zesilována. Tloušťka vozovkových vrstev činí 370 mm. Pod vozovkou přesypávka klenbové NK z drceného kameniva promíseného jílovitou hlinou.

#### 3.6.2 Chodníky/odrazné proužky

Na mostě nejsou zřízeny chodníky ani odrazné proužky.

#### 3.6.3 Hydroizolace

Existence hydroizolace na rubu klenby nebyla ověřena, neboť provedená sonda S7 vozovkou byla ukončena ve vrstvě přesypávky v hloubce 520 mm. Pokud nějaká existuje, je nefunkční, což potvrzuje množství míst na podhledu klenby se stopami po velmi silných průsacích z rubu.



Mostní vývoj Brno

diagnostika mostu 19-061 DUBOVICE

Tloušťka a složení mostní vozovky byly ověřeny průvrtem:



Obr.C99-100 Sonda č. S7. Dvojitý svislý průvrt vozovkou a částí přesypávky ø 50 mm při jejím levém okraji, v polovině rozpětí, 6600 mm před lícem 2. podpěry, pelhřimovské opěry a 5400 mm od líce levostranné (povodní) římsy. Sonda ukončena ve směsi kamení a hlíny v hloubce 520 mm.

Skladba vrtu zaokrouhlena na 5 mm, kvalita a pevnost materiálu odhadována. Složení vozovky shora dolů:

- kryt ABS hutný, kamenivo drcené do ø8 mm, křivka zrnitosti výborná, štěp. zrna do 5%	55 mm
- podkladní ABH hutný, dvouvrstvý (55+65 mm), kamenivo drcené do ø14 mm, křivka zrn. výborná, štěp. zrna do 5%	120 mm
- makadam penetrační dehtový, kamenivo drcené do ø63 mm, rozpadavý	130 mm
- makadam vsypný, porézní ale nerozpadavý, kamenivo drcené do ø63 mm, nahoře s uzavíracím nátěrem zadržovaným kamenivem ø2 mm, póry do ø10 mm	65 mm
<b>Celkem tloušťka vozovky</b>	<b>370 mm</b>
- kamenivo drcené do ø63 mm promísené jílovitou hlínou	150 mm
<b>Celkem délka vývrtu</b>	<b>520 mm</b>

### 3.6.4 Římsy

Římsy jsou na mostě provedeny na obou stranách nad NK, čelními zdmi i křídly jako monolitické železobetonové. Jejich povrchy jsou chráněny pásy z asfaltované lepenky s minerálním posypem. Římsy mají většinou řádný a funkční okapový nos. Ostatní plochy kvůli pásům lepenky nelze kontrolovat. Shora římsy zarůstají travinami. Do jejich horních ploch je nad NK, čelními zdmi i římsami kotveno ocelové dvoumadlové zábradlí bez další výplně. Vyhodnocení pevnosti betonů říms nebylo součástí diagnostiky.

## 3.7 MOSTNÍ VYBAVENÍ

### 3.7.1 Záchytné bezpečnostní zařízení

Záchytné bezpečnostní zařízení (ZBE) tvoří na koruně silničního tělesa na obou stranách silniční svodidlo, viz obr. C99-17 a C99-

18 a na římsách (nad NK, čelními zdmi a křídly) ocelové dvoumadlové zábradlí bez svislé výplně, viz obr. C99-03 a C99-04.

Silniční svodidla jsou tvořena sloupky zavibroványi do nezpevněné krajnice a přímo k nim (bez distančních spojek) připevněnými svodnicemi. Svodidla jsou nová, osazená pravděpodobně zároveň s výměnou vozovky. Svodnice, sloupky i spojovací prvky jsou chráněny pokovením a nejsou korodovány.

Pod svahem přesypávky, na římsách nad NK, čelními zdmi i římsami je na obou stranách mostu osazeno zábradlí. Skládá se ze samostatných polí přibližné délky 2000 mm, mezi nimiž jsou mezery 100 až 150 mm. Zábradlí je svařeno z ocelových trubkových profilů, každé pole se skládá ze dvou koncových sloupků, horního madla a mezimadla. Svislá výplň není provedena. Zábradlí nekoroduje, je konzervováno modrým ochranným nátěrem. Není poškozeno, ale svým provedením nespĺňuje bezpečnostní požadavky ČSN 73 6201.

### 3.7.2 Odvodňovací zařízení

Odvodňovací zařízení není na mostě zřízeno. Voda odtéká za pomoci podélného a příčného sklonu vozovky na svahy silničního tělesa. Skluzy podél svahových křidel nejsou zřízeny.

### 3.7.3 Ochranná zařízení a zábrany

Ochranné zařízení ani zábrany nejsou na mostě zřízeny.

### 3.7.4 Dopravní značení a označení mostu

Tabulka s evidenčním číslem mostu je osazena pro oba směry vřdy na samostatném sloupku vpravo před (respektive vlevo za) mostem. Evidenční číslo mostu však není na tabulkách uvedeno ve správném tvaru. Místo správného 19-061, jsou uvedeny v nesprávném tvaru 19-060b, viz obr. C99-17 a C99-18. Na stejných sloupcích je osazeno též DZ týkající se zatížitelnosti mostu:

DZ B13 "Zákaz vjezdu vozidel, jejichž okamžitá hmotnost přesahuje vyznačenou mez 25t",  
DZ E13 "Text - Jediné vozidlo 64t".

### 3.7.5 Osvětlovací zařízení

Osvětlovací zařízení není na mostě instalováno.

### 3.7.6 Revizní zařízení

Revizní zařízení není na mostě zřízeno.

## 3.8 CIZÍ A ZVLÁŠTNÍ STÁLÉ (DESTRUKČNÍ) ZAŘÍZENÍ

### 3.8.1 Cizí zařízení

Za cizí zařízení na mostě lze považovat elektrický ohradník vedený po levém břehu potoka, díky němuž je usměrňováno stádo byků chovaných na statku vlevo od mostu při jeho pohybu na pastvu na pozemcích vpravo od mostu. Tímto je ztížena možnost prohlídky a zkoušky na psychická odolnost prohlídkáře, neboť chované kusy dobytka jsou zjevně dobře krmeny a pohled z očí do očí již na větší vzdálenost vyvolává minimálně respekt.

**3.8.2 Zvláštní stálé (destrukční) zařízení**

Na objektu nebylo zjištěno stálé (destrukční) zařízení.

**3.9 ÚZEMÍ POD MOSTEM A PŘÍSTUPOVÉ CESTY****3.9.1 Území pod mostem**

Území pod mostem tvoří v mostním otvoru koryto potoka Hejlovky (Želivky). Koryto zabírá dle pozorování přibližně pětinu šířky MO (dle náčrtku ML třetinu). Je regulované, na březích částečně zpevněné kamenným záhozem. Dno je mírně zaneseno bahnem. Blízké okolí mostu je hustě zarostlé středně vysokou vegetací a několika vzrostlými dřevinami, viz obr. C99-03 a C99-04.

**3.9.2 Přístupové cesty**

Přístupové cesty pod most podél křídel nejsou zřízeny a jsou postrádány. Z důvodu vysokých a strmých násypů, vegetace a vzrostlých dřevin je pohyb podél nich značně ztížen. Pro přístup do mostního otvoru na pravý břeh potoka lze využít poněkud delší pěšinky lesním porostem, začínající v místě konce levostranného silničního svodidla za mostem.

**4 Zjištění základních materiálových charakteristik****4.1 ZJIŠTĚNÍ VLASTNOSTÍ BETONU****4.1.1 Zjištění pevnosti betonu v tlaku**

Pevnost betonů konstrukce mostu byla zjištěna sklerometrickou metodou dle ČSN EN 12504-2 a ČSN 73 1373  $f_{m,cs}$  a upřesněna u všech souborů zjištěním pevnosti na jádrových vývrtech dle ČSN ISO 13822, čl. NA.2.6, tab. NC.1, čl. NC.2, tab.V 2.1. Zkušební postupy vycházely dále z platných ČSN 73 0038 a 73 2011. Popis zkušebních metod a míst, odebraných vzorků, zkoušek a vyhodnocení pevnosti betonu je předmětem PŘÍLOHY 1. Místa, ve kterých byly prováděny sklerometrické zkoušky a odebrány jádrové vývrty nevykazovala poruchy. Zkušební místa NDT byla označována průběžnými čísly většinou bez dodatkových písmen SCH.

Pro výpočet upřesněných pevností byl použit koeficient upřesnění z destruktivních zkoušek. Pro zjištění pevnosti betonu byly na konstrukci provedeny diagnostické práce uvedené v tabulce 1:

Zkoušeny byly 3 části objektu. Každá zkoušená část objektu byla pojata jako samostatný soubor, tedy:

- NK - klenba (č.1),
- křídla (č.2),
- čelní zdi (č.3).

Pro výpočet upřesněné pevnosti souborů byl použit koeficient upřesnění z destruktivních zkoušek.

Pro zjištění pevnosti betonu byly na konstrukci provedeny následující diagnostické práce:

druh konstrukce	jádrové vývrty ks, prům. v mm	tvrdoměrné zkoušky	
		čísla míst n	celkem ks
NK - klenba	3ø100, V1, V2, V3	1 + 16	16
křídla	2ø100, V4, V5	17 + 32	16
čelní zdi	1ø50, V6	33 + 56	24
celkem	1 ø50, 5 ø100	1+56	56

Tab.1 Přehled zkoušek pevnosti betonů

Orientace popisu míst odebraných vzorků je ve shodě s odstavcem 3.1. Objemová hmotnost byla zjištěna u betonů všech souborů. Na základě provedeného vyhodnocení, viz PŘÍLOHA 1, lze posuzovaným betonům přisoudit vlastnosti dle následující tabulky:

druh konstrukce, zkušební soubor	upřesn. pevn. $f_{ck}$ MPa	pevnostní tř. a zn. dle ČSN			obj. hmot- nost kg/m <sup>3</sup>	stejno- rodost [%]
		73 1205	73 2001	EN 206-1		
NK - klenba	28,4	B25	zn.330	(C23/28)	2320	ne 21%
křídla	16,2	B15	zn.170	C12/15	2200	ne 21%
čelní zdi	20,2	B20	zn.250	C16/20	2040	ano 12%

Tab.2 Zařídění bet. podle char. pevn. v tlaku se zaručenou přesností

#### 4.1.2 Zjištění pevnosti povrch. vrstev betonu v tahu (přidržnost)

Pevnost povrchových vrstev betonu v tahu dle ČSN 73 2577 je u odtrhových zkoušek v dalším uváděna též jako přidržnost.

V rámci diagnostiky byly provedeny zkoušky na třech částech objektu. Každá zkoušená část byla pojata jako samostatný soubor, tedy:

- NK - klenba (č.1),
- křídlo (č.2),
- čelní zeď (č.3).

U souboru č.1 byly zkoušky provedeny na 2 místech, u souborů č.2 a č.3 vždy na jednom místě (1 místo = 3 odtrhové terče, celkem tedy 4 x 3 = 12 terčů), viz tab.3 níže.

Pod povolenou minimální hranici 1,5 MPa klesla průměrná pevnost povrchových vrstev betonu v tahu u zkušebních míst č.2 a č.3. Vyhověla NK - klenba (soubor č.1). Sanaci povrchů konstrukcí, které nevyhověly, z tohoto důvodu doporučujeme provést na všech plochách z kvalitních materiálů a s kotvením! Fotografie zkušebních terčů po provedení odtrhových zkoušek jsou níže na obr. C99-110 až C99-113.

část konstrukce	zkuš. místo	č. schmidt	č. ter- če	pevnost [Mpa]	rozsah pev- nosti [Mpa]	průměr [Mpa]
NK - KLENBA	1	-	58	1,35	1,35 - 4,35	2,94
		-	59	2,20		
		-	60	2,20		
	2	-	61	4,00		
		-	62	3,55		
		-	63	4,35		
KŘÍDLO	3	-	67	1,30	0,75 - 1,65	1,23!
		-	68	0,75		
		-	69	1,65		
ČELNÍ ZEDĚ	4	-	64	0,25	0,25 - 0,55	0,40!
		-	65	0,55		
		-	66	0,40		

Tab.3 Přehled výsledků zkoušek pevnosti povrchových vrstev betonu v tahu (přidržnost)





Obr.C99-110 Zkušební terče číslo 58, 59, 60 (zkušební místo 1) po provedení odtrhu.



Obr.C99-111 Zkušební terče číslo 61, 62, 63 (zkušební místo 2) po provedení odtrhu.



Obr.C99-112 Zkušební terče číslo 67, 68, 69 (zkušební místo 3) po provedení odtrhu.



Obr.C99-113 Zkušební terče číslo 64, 65, 66 (zkušební místo 4) po provedení odtrhu.

#### 4.1.3 Zjištění chemického stavu betonu

##### 4.1.3.1 Hodnocení stavu betonu fenolftaleinovým testem

Orientační hodnocení schopnosti betonu chránit výztuž proti korozi, fenolftaleinový test (F-test), bylo provedeno na závrttech do NK - klenby, křidel a čelních zdí. Celkem na 10 místech. Výsledné hodnoty v mm v tabulce 3 ukazují hloubky, ve kterých již beton díky svému nižšímu pH nechrání výztuž proti korozi.



čís. nat.	lokalizace testovaného místa	stráta pasivace v mm
	<b>Úložné prahy koncových podpěr, opěr</b>	
F1	líc klenby na levé straně poblíž 2. podpěry	10 ÷ 20
F2	líc klenby uprostřed poblíž 2. podpěry	2 ÷ 3
F3	líc klenby uprostřed poblíž 2. podpěry	5 ÷ 20
F4	líc klenby na pravé straně poblíž 2. podpěry	5 ÷ 10
	<b>Křídla</b>	
F5	levé křídlo 2. podpěry	10 ÷ 20
F6	levé křídlo 2. podpěry	5 ÷ 10
F7	pravé křídlo 2. podpěry	10 ÷ 30
F8	pravé křídlo 2. podpěry	10 ÷ 15
	<b>Čelní zdi</b>	
F9	čelní zeď na levé straně nad 2. podpěrrou	15 ÷ 20
F10	čelní zeď na pravé straně nad 2. podpěrrou	>30

Tab. 4 Hodnocení chemického stavu betonu fenolftaleinovým testem

4.1.3.2 Hodnocení stavu betonu chemickým rozbořem

Přesné zjištění vlastností betonu, který již nechrání výztuž před korozi pomocí chemického rozboru, bylo součástí diagnostiky a je předmětem samostatného protokolu viz PŘÍLOHA 3.

4.2 **ZJIŠTĚNÍ MNOŽSTVÍ, POLOHY, DRUHU A STAVU VÝZTUŽE**4.2.1 **Betonářská výztuž**

Kontrola betonářské výztuže byla součástí průzkumu. Kontrolou bylo zjištěno, že klenba i křídla jsou z prostého betonu nebo je velikost krytí taková, že dostupnými prostředky nebyla výztuž nalezena. Kontrola vyztužení čelních zdí nebyla součástí průzkumu.

4.2.2 **Předpjatá výztuž**

Konstrukce neobsahuje předpjatou výztuž.

4.3 **ZJIŠTĚNÍ TLOUŠŤEK SVISLÝCH KONSTRUKCÍ**

Zjištění tloušťek opěr ani křídel nebylo součástí diagnostiky

**5 Vyhodnocení stavu mostu**5.1 **VÝKON PROHLÍDEK**

Výkon běžných prohlídek (BPM) je dle existující dokumentace v souladu s ČSN 73 6221 o názvu Prohlídka mostů pozemních komunikací a v souladu s dosavadním klasifikačním stupněm stavu realizován 2x ročně (klasifikační stupeň stavu uspokojivý - IV). Hlavní prohlídka (HPM) byla na objektu naposled provedena 21.08.2011 Ing. Tomáš Mička, předtím 03.09.2007 Ing. Jaromír Rušar.

### 5.2 ÚDRŽBOVÉ PRÁCE A OPRAVY

Na objektu jsou od doby jeho postavení prokazatelně patrné následující údržbové práce a opravy:

- výměna krytu vozovky na celém mostě, obnova vodorovného dopravního značení a osazení nových silničních svodidel,
- osazení DE s hodnotami ve výši snížené zátížitelnosti dle poslední HPM z roku 2011,
- provedení ochranné izolace povrchů říms z pásů asfaltované lepenky a zřízení zábradlí na římsách.

### 5.3 KLASIFIKAČNÍ STUPEŇ STAVU

Klasifikační stupeň stavu objektu je hodnocen dle odst. 4.6.1 ČSN 73 6221 o názvu Prohlídky mostů pozemních komunikací odděleně pro spodní stavbu a NK a podle odst. 4.6.2 výše uvedené normy sedmibodovou stupnicí.

#### 5.3.1 Stav spodní stavby

Spodní stavba netrpí zásadními poruchami, které by měly okamžitý nepříznivý vliv na její funkci nebo životnost. Jedná se o závady, které jsou zatím hospodárně opravitelné, viz odst. 3.3.

Spodní stavba je provedena neodborně a z nekvalitních betonů, trpí zatékáním a průsaky vody a v klimaticky nepříznivých obdobích roku dochází k jejímu poškozování.

Stav spodní stavby je možné vzhledem k těmto skutečnostem hodnotit jen klasifikačním stupněm stavu **V-špatný stav**. Povinný koeficient stavebního stavu  $\alpha = 0,6$ .

#### 5.3.2 Stav nosné konstrukce

Na NK byly zaznamenány poruchy, které by mohly v budoucnu snižovat zátížitelnost nebo životnost. Vady souvisejí s výstavbou, neboť klenba byla betnována po polovinách a po výšce v několika betonážních taktech. Obsahuje tedy množství pracovních spár. Ty se projevily trhlinami a prosekují jimi ve velké míře voda. Stopy po průsacích jsou často velmi silné a inkrustované.

Nosnou konstrukci je z těchto důvodů možné hodnotit jen klasifikačním stupněm stavu **V-špatný stav**. Povinný koeficient stavebního stavu  $\alpha = 0,6$ .

#### 5.3.3 Celkový stav mostu

Celkový stav mostu je nutné hodnotit klasifikačním stupněm stavu **V-špatný stav**.

### 5.4 PROGNOZA

Na některých částech objektu jsou zjevné závady a poruchy odstranitelné jen pomocí velké opravy. Zatím nemají nepříznivý vliv na bezpečnost a únosnost a jsou všechny ještě hospodárně opravitelné.

Nosná konstrukce i spodní stavba jsou z materiálového hlediska schopny plnit svůj úkol dlouhodobě, i když kvalita použitého betonu a zejména jeho hutnění a ošetřování v průběhu betonáže nebyly na vysoké úrovni. Pevnostně jsou ale uspokojivé. Povrchové vrstvy

podhledu klenby dokonce i z hlediska pevnosti v tahu (kvůli správné přidržitosti sanaci). Čelní zdi a nejvíce šikmá svahová křídla jsou zamáčeny bočním deštěm a na všech konstrukcích včetně NK jsou patrné velmi silné stopy po průsacích. Spodní stavba je stabilní. Po správné aplikaci vhodně zvolených sanaci z kvalitních materiálů bude možné NK i spodní stavbu nadále využívat.

Pro zamezení vzniku dalších škod je nutné připravit velkou opravu chyb, vad a poruch podle odst. 6.1. Rozvoj současných závad jinak v nejbližší době může ovlivnit stav objektu tak, že bude nutné oprávněných částí nehospodárně rozšířit.

V nejbližší době mohou doznat rozvoje tyto vážnější skutečnosti:

**5.4.1 Zhoršování stavu betonů NK i spodní stavby, jejich větrání a rozpad, jako důsledek opakovaných průsaků pracovními spárami.**

## 5.5 ZATIŽITELNOST

Zažítelnost uvedená v pasportu Silniční databanky Ostrava (SDO) podle výpočtu V-CZEN (Zažítelnost stanovená podrobným statickým výpočtem z roku 2002, SDO) byla do současnosti dvakrát upravována. V roce 2007 byly sníženy SDO hodnoty původní zažítelnosti koeficientem  $\alpha=0,8$ . Původní zažítelnost však byla nadhodnocena, neboť byla stanovena podle v té době ještě neplatící normy ČSN 73 6222. Proto byly hodnoty zažítelnosti změněny v roce 2011 (Ing. Tomáš Mička). Výchozí hodnoty byly stanoveny nižší dle předchozí normy, platné do dubna 2009 a při stejném klasifikačním stupni stavu IV - uspokojivý, byly opět sníženy koeficientem  $\alpha=0,8$ .

Do opravy mostu a přepočtu jeho zažítelnosti bychom rádi doporučili ponechat zažítelnost v posledně uváděné výši, pokud se tak stane nejpozději do roku 2017, kdy by měla proběhnout další řádná HPM. S ohledem na ustanovení ČSN 736220/2011 však musíme zažítelnost upravit koeficientem  $\alpha=0,6$ . Jako výchozí hodnoty upřednostňujeme nižší, dle starší normy, tedy  $V_0 = 32t$ ,  $V_1 = 80t$ ,  $V_2 = 196t$  a  $f_0 = 24t$ .

Prohlídka	Způsob zjištění	$V_0$ (t)	$V_1$ (t)	$V_2$ (t)	Nápravný tlak (t)
8.3.2002 "Databanka Ostrava"	N(způsob stanovení zažítelnosti neznámý)	50	130	420	-
18.10.2007 "Databanka Ostrava, Ing. Vladislav Vodička"	N(způsob stanovení zažítelnosti neznámý)	40	104	336	
21.8.2011 Ing. Tomáš Mička	N(způsob stanovení zažítelnosti neznámý)	25	64	156	18,8
Tato diagnostika, (říjen 2015)	Redukce výchozích hodnot z 21.8.2011 koeficientem $\alpha = 0,6$	R 19	R 48	R 117	14,4

## 6 Návrh na odstranění zjištěných závad a poruch

Mostní objekt převádějící silnici I/19 přes potok Hejlovku (želivku) u obce Dubovice je zatím hospodárně opravitelný.

Menší závažnost závad a poruch může vést ke snaze o odložení oprav, či provést opravy částečné. Týká se to však jen konstrukcí snadno přístupných, jako je například vozovka. Závady a poruchy týkající se absence nebo špatné funkce hydroizolace nelze z povahy věci realizovat z přístupných povrchů. S ohledem na běžné životnosti hydroizolaci na mostech, které málokdy přesahují 15 let, tyto částečné opravy nedoporučujeme, též z hlediska jasnosti záruk za provedené dílo. Opravu doporučujeme neodkládat, aby nedošlo k násobnému navýšení nákladů opravy.

Cílem opravy musí být spolehlivé odvedení srážkové vody mimo mostní objekt. Konkrétní řešení se nechává na projektantovi. Doporučujeme zvážit některou z následujících tří variant:

**VARIANTA A:** Obnažit rub klenby a provést jeho zaizolování buď přímo, nebo po zřízení vyrovnávací betonové vrstvy. V patách klenby/opěr zřídit drenáž a vodu směřovat do stávajících odvodňovacích otvorů. Zajistit jejich průchodnost a vodu odvádět do MO. Provést znovu přesypávku a mostní svršek.

**VARIANTA B:** Obnažit rub klenby a doplnit ji lehčeným betonem nebo jiným vhodným materiálem do tvaru „kvádrů“. Teprve tuto konstrukci následně izolovat. Na ni provést mostní svršek. Touto variantou dochází k odlehčení konstrukce, neboť objemová hmotnost lehčeného betonu je nižší, než zeminy.

**VARIANTA C:** Odstranit mostní svršek a v přesypávce klenby provést přibližně v hloubce 0,5 až 1,0 m střešovitě vypádanou betonovou desku s nejvyšším místem ve vrcholu klenby. Tuto izolovat. Nevýhodou varianty je, že na okrajích konstrukce vzniknou nechráněná místa ve svazích přesypávky. Zde bude nadále docházet k průsakům.

Z důvodů konstrukčních a pravděpodobně i ekonomických se přikláníme k variantě A. V dalším je tedy uveden návrh na velkou opravu dle této varianty. Posloupanost zásahů je dána logikou stavebních postupů. Opravu doporučujeme provést za zcela uzavřeného provozu nejednou (v žádném případě ne po polovinách) podle projektu zpracovaného u odborné firmy a podobnou firmou opravu realizovat.

#### 6.1 ZÁSAHY, KTERÉ JE NUTNÉ REALIZOVAT

- 6.1.1 **Provést velkou opravu mostu** podle projektu zpracovaného u odborné firmy a podobnou firmou opravu realizovat.
- 6.1.2 **Přikročit k přípravě velké opravy** vypracováním jejího projektu. Předpokládané práce jsou uvedeny v odst. 6.1.3 až 6.1.16. Při opravě bude nutné odstranit dnešní mostní svršek včetně přesypávky klenby až na nosnou konstrukci.
- 6.1.3 **Instalovat dopravní značení** vyplývající ze změny zatížitelnosti objektu, viz odst. 5.5. DŽ B13 s hodnotou 23 t.
- 6.1.4 **Okamžité zásahy** je potřebný jediný. Instalovat DŽ vyplývající ze změny zatížitelnosti objektu dle této diagnostiky a osadit tabulky s ev.č. mostu ve správném tvaru 19-061.



- 6.1.5 Odstranit mostní vybavení a mostní svršek až na povrch NK, tedy silniční svodidla, vozovku s izolačním systémem, mostní zábradlí na římsách, přesypávku a římsy.
- 6.1.6 Obnažit rub klenby až k základové spáře. Při odtěžování zeminy respektovat statické chování klenbové konstrukce a dbát na bezpečnost práce.
- 6.1.7 Proříznout shora podélnou pracovní spáru v polovině klenby, vyčistit ji a vhodným způsobem v ní provést primitivní podélný mostní závěr.
- 6.1.8 Očistit rub klenby a ruby čelních zdí vodou o vysokém tlaku a připravit jejich povrchy pro sanační úpravy. Sanaci vyrovnat povrch a ten následně celoplošně zaizolovat vhodnou hydroizolací. Dbát při tom na odvodnění povrchu izolace, penetraci podkladu a ochranu izolace jemným asfaltovým kobercem nebo slabě vyztuženou ochrannou vrstvou z cementového betonu. Pokud budou odhalovány ruby křídel, izolovat též je.
- 6.1.9 Provést drenáž v úrovni stávajících otvorů pro odvodnění rubu klenby. Zajistit jejich průchodnost a odvodnění jimi vyvést do MO.
- 6.1.10 Provést zásyp klenby rovnoměrně po vrstvách. Zeminu dobře hutnit.
- 6.1.11 Připravit povrchy čel klenby, liců čelních zdí a křídel k sanaci. Povrchy otryskat a očistit obdobně jako NK. Sanace těchto povrchů musí být vzhledem k nízkým pevnostem povrchových vrstev v tahu kotvena, viz odst. 4.1.2 zprávy. Provést sanaci těchto povrchů zednickým způsobem.
- 6.1.12 Připravit povrch podhledu klenby k sanaci. Povrchy otryskat a očistit, viz 6.1.8. Sanace nemusí být vzhledem k vyhovujícím pevnostem povrchových vrstev v tahu kotvena, viz odst. 4.1.2 zprávy. Provést sanaci těchto povrchů zednickým způsobem.
- 6.1.13 Zřídít mostní římsy na obou stranách vcelku jako nepřerušený monolit. Římsy provést na obou stranách s řádným okapovýmnosem a přesahem, aby byly níže ležící konstrukce chráněny před přímým zamáčením.
- 6.1.14 Zřídít nové mostní zábradlí na římsách. Stávající znovu nepoužívat, neboť nespĺňuje bezpečnostní požadavky dle ČSN 73 6201.
- 6.1.15 Provést vozovku z kvalitních asfaltových betonů z modifikovaných asfaltů, viz odst. 3.6.1. Vozovku na kvalitním podkladu zřídít i na obou nájezdech mostu.
- 6.1.16 Obnovit na obou stranách silniční svodidla a vodorovné DZ na vozovce.

6.1.17 Pravidelně čistit vozovku a žlomy a udržovat vegetaci na svazích silniční koruny, v MO a v okolí mostu. Odstraňovat dřeviny v bezprostředním okolí mostní konstrukce a to i s kořeny.

6.1.18 Nejbližší Hlavní prohlídka mostu je nutné provést v roce 2017 potom v roce 2019, pokud nebude do té doby provedena velká oprava mostu.

6.1.19 V souvislosti s opravou objektu pořídit nejnutnější, ale co nejúplnější dokumentaci objektu, viz odst. 2.5.

## 6.2 ZÁSAHY, KTERÉ NENÍ NUTNÉ NEHO HOSPODÁRNĚ REALIZOVAT

6.2.1 Nahradit objekt objektem novým, neboť jeho podstatné části si zachovaly svoji funkci, viz odst. 3.3 a 3.4.

## 7 Poznámky

### 7.1 FOTODOKUMENTACE

Fotodokumentace byla pořízena přístrojem NIKON D5100 s objektivem SIGMA DC 17-70 mm, 1:3,5 - 4. Záběry pod nosnou konstrukcí jsou pořízeny s bleskem NIKON SB-800 o směrném čísle 53 při  $f = 35$  mm, ISO = 200 a 20°C, všechny bez stativu.

Fotodokumentace je číslována dle systému archivace zhotovitele, nikoliv dle logiky textu této zprávy a je připojena jako PŘÍLOHA 2.

### 7.2 SHODA MOSTNÍCH DOKLADŮ SE SKUTEČNOSTÍ

#### 7.2.1 Shoda mostního listu se skutečností

##### TEXT ML:

- Povrch vozovky: živice. Správně: asfaltový beton.

##### Náčrtek ML:

Náčrtek je dostatečně podrobný, převzatý z projektové dokumentace. Je dostatečně čitelný. Jeho autor ani datum vypracování nejsou uvedeni.

#### 7.2.2 Porovnání SD se skutečností

Skutečnost se stavební dokumentací nelze porovnat, neboť tato se nedochovala.

Mostní vývoj Brno

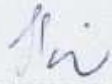
diagnostika mostu 19-061 DUBOVICE

### 7.3 ARCHIVACE


Vzorky odebrané z konstrukce, nebo jejich částí, které zbyly po destruktivních zkouškách, jsou uloženy u zhotovitele po dobu 1 roku. Po této době budou ekologicky zlikvidovány, pokud o ně neprojeví zájem objednatel nebo jím pověřená osoba.

Negativy fotodokumentace a texty zpráv zůstávají u zhotovitele uloženy po dobu nejméně 10 let.

Brno, říjen 2015

  
Ing. Štěpán Stanislav  
Mostní vývoj, DIAGNOSTIKA

Mostní vývoj, s.r.o.  
**DIAGNOSTIKA MOSTŮ**  
Dobruška Martinů 137, 602 00 Brno  
Tel: 543 236 257, Tel.-fax 543 236 103

  
Ing. Jan Kryštof  
Mostní vývoj, DIAGNOSTIKA

- držitel Oprávnění k **průzkumným a diagnostickým pracem** reg. č. 265/2011, Ministerstvo dopravy a spojů, OPKaŮP,
- držitel Oprávnění k výkonu **hlavních a mimořádných prohlídek** mostů č. 007/98 Ministerstvo dopravy a spojů, OPK.
- **certifikovaná osoba** pro činnost **NDT** č.reg.201-053/N2S.

## Použité zdroje

- [1] BENEŠ, Filip. Přednáška *Koroze ŽB konstrukcí* [online]. 2014 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://kecek.cz/wp-content/uploads/2015/03/Koroze-zelebet-konstrukci.pdf>
- [2] BILČÍK, Juraj; DOHNÁLEK, Jiří. *Sanace betonových konstrukcí* Bratislava: JAGA 2003, ISBN 80-88905-24-9
- [3] BROŽOVSKÝ, Jan. *Nedestruktivní zkušební metody – nástroj pro hodnocení pevností stavebních materiálů a výrobků*. Brno: VUTIUM, 2005, ISBN 80-214-3056-7
- [4] CIKRLE, Petr. Přednáška: *Nedestruktivní zkoušení betonu v konstrukcích* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupný z: <http://slideplayer.cz/slide/2705812/#>
- [5] DIAMANTOVÉ VRTÁNÍ DO BETONU, *Diamantové vrtání do betonu - produkt* [online]. [cit. 2016-04-24]
- [6] DOHNÁLEK, Jiří; PUMPR, Václav. *Technologické podmínky pro sanace betonových konstrukcí – TP SSBK I* [online]. 1996 [cit. 2016-05-15] Dostupný z: [http://www.betonconsult.cz/kurzy/data/sanace/technicke\\_podminky\\_sanace.pdf](http://www.betonconsult.cz/kurzy/data/sanace/technicke_podminky_sanace.pdf)
- [7] DROCHYTKA, R. *Trvanlivost stavebních materiálů* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2007
- [8] HOBST, Leonard; ADÁMEK, Jiří. *Úvodní přednáška – přehled zkušebních metod* [online]. 2010 [cit. 2016-04-24] Dostupný z: <http://slideplayer.cz/slide/2913372/>
- [9] HOBST, Leonard; ADÁMEK, Jiří; CIKRLE, Petr; SCHMID, Pavel. *Diagnostika stavebních konstrukcí* [online]. 2005 [cit. 2016-04-24] Dostupný z: [http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI52-Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci/diagnostika\\_stavebnich\\_konstrukc\\_-\\_diagnostika\\_stavebnich\\_konstrukci.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI52-Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci/diagnostika_stavebnich_konstrukc_-_diagnostika_stavebnich_konstrukci.pdf)
- [10] HOŠEK, Stanislav. *Sanace trhlin v betonových konstrukcích* [online]. 2013 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/beton/sanace-trhlin-v-betonovych-konstrukcich>
- [11] HROMÁDKO, Jan. *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, TKP 31, Opravy betonových konstrukcí* [online]. 2009 [cit. 2016-04-24]. Dostupný z: [http://pjpgk.cz/TKP\\_31.pdf](http://pjpgk.cz/TKP_31.pdf)
- [12] CHROMKOVÁ, Ivana. *Zrychlená zkouška mrazuvzdornosti a možnosti jejího využití* [online]. 2015 [cit. 2016-05-02]. Dostupný z: <http://stavba.tzb->



info.cz/beton-malty-omitky/12350-zrychlena-zkouska-mrazuvzdornosti-a-moznosti-jejeho-vyuziti

- [13] KOLEKTIV, Pontex spol. s r.o. *Technické podmínky ministerstva dopravy, TP 72, Diagnostický průzkum postů PK* [online]. 2008 [cit. 2016-04-24] Dostupný z: <http://www.pjpk.cz/TP%2072.pdf>
- [14] KUČERA, Václav. *Posouzení stavu nosných konstrukcí po požáru Veletržního paláce* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://stavba.tzb-info.cz/historicke-stavby/13897-posouzeni-stavu-nosnych-konstrukci-po-pozaru-veletrznihopalace>
- [15] LÖFFELMANNOVÁ, Ivana. *Beton a jeho ochrana* [online]. 2003 [cit. 2016-05-15]. Dostupný z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/beton-a-jeho-ochrana/>
- [16] MALÁČ, Roman. *Statické poruchy, to nejsou jen trhliny* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://www.perlikprojekce.cz/2016/03/trhliny-kdy-volat-statika/>
- [17] MUREXIN. *Sanace železobetonové konstrukce* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupný z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/sanace-zelezobetonove-konstrukce>
- [18] PATA, Vladimír. *Učíme v prostoru: Zkoušky mechanických vlastností materiálů* [online]. [cit. 2016-04-24] Dostupný z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2076](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2076)
- [19] PROINEX, *Schmidtovo kladívko - produkt* [online]. [cit. 2016-04-24]
- [20] SUZA, Igor. *Technické podmínky ministerstva dopravy, TP 43, Sanace trhlin v betonových spodních stavbách mostů injektáží netradičními materiály* [online]. 1990 [cit. 2016-04-24] Dostupný z: <http://www.pjpk.cz/TP%2043.pdf>
- [21] SVOBODA, Luboš; a kolektiv. *Stavební hmoty Bratislava: JAGA 2007, ISBN 978-80-5076-057-1*
- [22] ŠRAM, Vlastimil. *Prasklá stropní deska po vylití* [online]. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://forum.tzb-info.cz/132311-praskla-stropni-stresni-deska-po-vyliti>
- [23] TERMO+, zateplovací systémy. *Technologický předpis sanace betonových konstrukcí StoCrete* [online]. 2007 [2016-05-15] Dostupný z: [http://www.termoholding.cz/wp-content/uploads/2015/11/TechnPredpis\\_StoCrete\\_sanace\\_0701.pdf](http://www.termoholding.cz/wp-content/uploads/2015/11/TechnPredpis_StoCrete_sanace_0701.pdf)
- [24] TŮMA, Petr. *Typické příklady reklamovaných poruch průmyslových podlah z nedávné doby* [online]. 2012 [cit. 2016-05-08]. Dostupný z: <http://stavba.tzb->

info.cz/podlahy/9301-typicke-priklady-reklamovanych-poruch-prumyslovych-podlah-z-nedavne-doby

- [25] VODIČKA, Vladislav. *Technické podmínky ministerstva doprav, TP120, Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK* [online]. 2000 [cit. 2016-04-24] Dostupný z: <http://www.pjpk.cz/TP%20120.pdf>
- [26] VUT v Brně; Fakulta stavební; Ústav stavebního zkušebnictví, *Zkoušky povrchové přidržitosti, odtrhové zkoušky materiálů* [online]. [cit. 2016-04-28] Dostupný z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/CI57/odtrhove%20zkousky,%20kotveni.pdf>
- [27] ZATLOUKAL, Jan. Přednáška : *Nedestruktivní metody* [online]. [cit. 2016-04-24] Dostupný z: <http://ecentrum.fsv.cvut.cz/download/DPSM/4DPSM.pdf>
- [28] ZOFI FASÁDY. *Těsnící šňůra* - produkt [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupný z: <http://www.zatepleni-fasad.eu/tesnici-pe-provazec-dilatacnich-spar/>
- [29] ŽÍDEK, Libor. *Prezentace: 4. Základy technického měření (rozdělení zkušebních metod)* [online]. 2009 [cit. 2016-04-28]. Dostupný z : [https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4\\_zaklady\\_techickeho\\_mereni\\_rozdeleni\\_zkusebnich\\_metod.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4_zaklady_techickeho_mereni_rozdeleni_zkusebnich_metod.pdf)
- [30] ŽÍDEK, Libor. *Prezentace: 4a. Základy technického měření (měření trhlin)* [online]. 2009 [cit. 2016-04-28]. Dostupný z : [https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4a\\_zaklady\\_techickeho\\_mereni\\_mereni\\_trhlin.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4a_zaklady_techickeho_mereni_mereni_trhlin.pdf)
- [31] ŽÍDEK, Libor. *Prezentace: 6. Diagnostika betonových a železobetonových konstrukcí* [online]. 2009 [cit. 2016-04-28]. Dostupný z : [https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/6\\_diagnostika\\_betonovych\\_a\\_zelezobetonovych\\_konstrukci.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/6_diagnostika_betonovych_a_zelezobetonovych_konstrukci.pdf)

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Odrazový tvrdoměr [19] .....	15
Obrázek 2. Metoda Brinell [18] .....	16
Obrázek 3. Rockwellova zkouška [18] .....	16
Obrázek 4. Špičáková metoda [8] .....	17
Obrázek 5. Odrazová metoda [18] .....	18
Obrázek 6. Druhy dozvučování [4] .....	19
Obrázek 7. Diamantové korunky pro jádrové vrtání [5] .....	20
Obrázek 8. Odtrhová zkouška [26] .....	21
Obrázek 9. Odtrhoměr [26] .....	21
Obrázek 10. Vytahovací zkouška [26] .....	22

Obrázek 11. Přístroj na měření plynopropustnosti [2] .....	25
Obrázek 12. Měření plynopropustnosti přetlakem [2] .....	26
Obrázek 13. Prozařovací zkouška [18] .....	28
Obrázek 14. Smršťovací trhliny [24] .....	30
Obrázek 15. Trhliny nad výztuží [22] .....	30
Obrázek 16. Smršťovací spára [24] .....	30
Obrázek 17. Trhliny způsobené korozí výztuže [1] .....	31
Obrázek 18. Dělicí trhliny ve štíhlých železobetonových prvcích [2] .....	32
Obrázek 19. Ohybové trhliny [2] .....	32
Obrázek 20. Smykové trhliny [2] .....	32
Obrázek 21. Svislé trhliny na tlačném prvku [2] .....	33
Obrázek 22. Šikmé trhliny na tlačném vyztuženém prvku [2] .....	33
Obrázek 23. Vybočení tlačné výztuže [2] .....	33
Obrázek 24. Drcení betonu [2] .....	33
Obrázek 25. Indikátor šířky trhlin [30] .....	35
Obrázek 26. Sádrová značka [16] .....	35
Obrázek 27. Výkvěty betonu – krusta uhličitan vápenatý [1] .....	37
Obrázek 28. Mechanické poškození [1] .....	37
Obrázek 29. Poškození z důsledku požáru [14] .....	38
Obrázek 30. Koroze vlivem průniku kořenů [1] .....	38
Obrázek 31. Koroze betonu biologickými vlivy [1] .....	39
Obrázek 32. Koroze výztuže [1] .....	39
Obrázek 33. Schéma elektrochemické koroze [2] .....	40
Obrázek 34. Výluhy způsobené zatékáním vody do konstrukce .....	44
Obrázek 35. Konstrukce narušena ohybovými trhlinami .....	44
Obrázek 36. Nátěr výztuže [10] .....	48
Obrázek 37. Druhy nátěrů [23] .....	51
Obrázek 38. Těsnicí páska [17] .....	52
Obrázek 39. Příklady uzavření trhlin pomocí předpětí [2] .....	53
Obrázek 40. Tmel dilatační spáry [28] .....	54
Obrázek 41. Těsnicí páska [2] .....	55
Obrázek 42. Bednění pro sanaci otvoru [2] .....	55
Obrázek 43. Varianta 1. – podélný řez .....	63
Obrázek 44. Varianta 2. – podélný řez .....	65
Obrázek 45. Varianta 3. – podélný řez .....	68

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Stupeň vlivu prostředí .....	35
Tabulka 2. Vyhodnocení jednotlivých požadavků .....	70