



Ing. Zdeněk Vávra

autorizovaný inženýr pro
zkoušení a diagnostiku staveb

Poradenská činnost ve stavebnictví

náměstí Přátelství 1518/3, 102 00 Praha 10
IČ: 71276254 DIČ: CZ 7807190424
GSM: +420 602 145 570 e – mail: vavraz01@gmail.com

Ing. Petr Kobza

IMCZ Projektová a konzultační spol. s r.o.

Zahradní 273,

277 51 Nelahozeves

GSM: +420 734 607 456

e-mail: petr.kobza@imcz.cz



Č. zak.: 20170401

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 288 – 006
přes řeku Kamenici u Spálova**

V Praze 4. 4. 2017

Vypracoval: Ing. Zdeněk Vávra

autorizovaný inženýr

Obsah

1.	Úvod	3
2.	Použité normy a podklady	3
3.	Popis konstrukcí	4
4.	Provedené zkoušky	4
4.1.	Vizuální prohlídka	4
4.1.1.	Konstrukce spodní stavby	5
4.1.2.	Nosná konstrukce	5
4.1.3.	Mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, zábradlí	6
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech	6
4.2.1.	Konstrukce opěr	6
4.2.2.	Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska	7
4.3.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru	8
4.4.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku	8
4.5.	Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží	9
4.6.	Stanovení hloubky karbonatace	9
4.7.	Stanovení obsahu chloridových iontů	9
5.	Závěr a návrh opatření	10

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě domluvy s objednatelem (IMCZ s.r.o.) byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 288 – 006 přes řeku Kamenici u Spálova.

Rozsah stavebně technického průzkumu byl přizpůsoben požadavkům objednatele pro možnost odhadu zbytkové životnosti mostní konstrukce a případného návrhu sanace.

Stavebně technický průzkum zahrnoval:

- vizuální prohlídku konstrukcí
- odběr JV a stanovení pevnosti v tlaku na odebraných JV z konstrukcí NK a SS
- nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku konstrukcí SS a NK
- určení hloubky zkarbonatované vrstvy a tloušťky krycí vrstvy a jejich vzájemné porovnání
- stanovení obsahu chloridových iontů na úrovni betonářské výztuže

2. Použité normy a podklady

Mostní list objektu

Hlavní mostní prohlídky objektu mostu

ČSN EN 206 -1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 2400 Provádění a kontrola betonových konstrukcí

ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací

ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování konstrukcí při přestavbách

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

ČSN EN 12390 – 3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení

ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné zkoušení betonu

ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích

ČSN EN 14630 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení hloubky zasažení karbonatů v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody

TP 31 MD ČR Opravy betonových konstrukcí

TP 72 MD ČR Diagnostický průzkum mostů pozemních komunikací

TP SSBK III – Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí

3. Popis konstrukcí

Předmětem stavebně technického průzkumu byla konstrukce mostu evid. č. 288 - 006, který převádí silnici druhé třídy přes řeku Kamenici u obce Spálov.

Komunikace je převáděna šikmo přes koryto řeky. Rozpětí mostu je 59,30 m, celková šířka mostu je 7,30 m. Nosná konstrukce je tvořena spodními ŽB obloukovými pásy š. 2,30 m a min. tl. 0,60 m vetknutými do masivních základových bloků opěr a deskou mostovky, která je podpírána 10 páry ŽB kyvných stojek. Na koncích desky mostovky vybetonovány masivní podporové příčníky. Konstrukce spodní stavby je tvořena propojením prostého betonu a skály.

Nosná konstrukce je opatřena pemrlovanou omítkou (umělým kamenem).

Volná šířka mostu je 6,80 m s oboustranným chodníkem šířky cca 0,90 m. Konstrukce vozovky je tvořena asfaltobetonovým krytem, chodníky jsou tvořeny kamennou dlažbou. Obrubníky jsou kamenné.

Zábradlí mostu je železobetonové se sloupky obdélníkového půdorysu s povrchem z umělého kamene a dvěma madly z železobetonových profilů kruhového průřezu. Odvodnění mostu je realizováno podélným a příčným sklonem. Římsy mostu jsou monolitické opatřené pemrlovanou omítkou. Mostní závěry nejsou, jedná se pouze o napojení mostu na předpolí mostu.

Konstrukce mostu je z roku 1938.

4. Provedené zkoušky

Po dohodě s objednatelem byly provedeny v rámci stavebně technického průzkumu následující zkoušky.

Nejprve byla provedena podrobná vizuální prohlídka. Tou byla vytipována místa, pro provedení jednotlivých zkoušek a byly identifikovány zjevné poruchy na jednotlivých částech konstrukce. Dále byla v laboratoři na odebraných vzorcích destruktivně stanovena pevnost betonu v tlaku. Pevnost betonu v tlaku byla stanovena i nedestruktivně in situ. Součástí zkoušek bylo i vizuální zhodnocení odebraných jádrových vývrtů (JV) a posouzení skladby a kvality betonu. Pro stanovení rizika elektrochemické koroze výztuže, byla měřena tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží a porovnána s tloušťkou zkarbonatované vrstvy. Současně byla na vytipovaných místech stanovena míra kontaminace chloridovými ionty. Při odběru jádrových vývrtů byla ověřena skladba vozovkového souvrství na nosné konstrukci.

4.1. Vizuální prohlídka

Cílem vizuální prohlídky bylo především odhalení a popis zjevných poruch konstrukce, jako jsou trhliny, nadměrné deformace a jiné poruchy konstrukcí, průsaky vody, výkvěty, rozpad materiálu apod. Tento postup je doplněn fotodokumentací.

4.1.1. Konstrukce spodní stavby

Konstrukce spodní stavby je tvořena masivními základovými bloky opřeny do skály břehů přemostěné řeky. Konstrukce bloků jsou na horním líci a částečně na boku mírně narušeny mrazovým působením. Na konstrukcích nejsou patrné žádné trhliny, nebo deformace, které by indikovaly problémy se založením mostu, nebo samotnou spodní stavbou. Na konstrukci opěry 1 (ve směru staničení), která je zapuštěna do skály (skála je opatřena torkretem), je patrný průnik vody betonovou částí konstrukce. Vnikání vody je spojeno s tvorbou výluhů (viz připojená fotodokumentace). Zatékání je patrné i v místě napojení nosné konstrukce na předpolí mostu.

4.1.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena železobetonovými obloukovými pásy, které jsou zakotveny do základových bloků. Do oblouku jsou ukotveny svislé stojky, které podpírají mostovku, železobetonovou desku. Na žádné z uvedených částí nosné konstrukce nejsou patrné poruchy, které by indikovaly statické problémy konstrukce, nebo problémy základových konstrukcí. Na konstrukcích oblouků a desky mostovky dochází pouze k lokální korozi výztuže a s tím spojenému odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží. Poškozeno je méně než 3% plochy spodního líce. Obdobné poškození je patrné na konstrukcích stojek. Nejvíce poškozený je bok konstrukce desky, kde je patrné zatékání vody pod konstrukci římsy a potažmo chodníku. S tím je spojeno poměrně značné poškození konstrukce v důsledku působení mrazu. Vzhledem k tomu, že je poloha konstrukce příznivá pro nižší teploty po celý průběh roku, je konstrukce zatěžována ve větší míře. Vzhledem k míře poškození je patrné, že konstrukce je poškozována i působením CHRL. Povrch konstrukce, který je opatřen pemrlovanou omítkou se v blízkosti míst zatékání odděluje od podkladu. V přístupných místech byla konstrukce podrobena zkoušce akustickým trasováním, při které je po povrchu konstrukce sunuta ocelová kulička a na základě změny zvuku je možné indikovat případná dutá místa (mezi pemrlovanou omítkou a podkladním betonem). Bylo zjištěno, že na konstrukcích stojek a dostupných konstrukcích oblouků se jedná cca o 5 % testované plochy.

Součástí vizuální prohlídky bylo i provedení sond do konstrukce vozovky. Byla odhalena následující skladba v celkové tl. 320 mm:

- | | |
|------------------------------------|--------|
| - asfaltobetonový kryt | 100 mm |
| - žulová dlažba | 50 mm |
| - písek + štěrk frakce do 24 mm | 100 mm |
| - asfaltová izolace – 3 - 4 vrstvy | 20 mm |
| - nosná železobetonová konstrukce | |

4.1.3. Mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, zábradlí

Místa uložení nosné konstrukce (železobetonové desky) na konstrukce úložných prahů opěr jsou bez větších poruch s výjimkou míst, kde dochází k zatékání vody do konstrukce.

Mostní závěry nejsou vzhledem k druhu konstrukce patrné, v místě napojení nosné konstrukce na předpolí mostu jsou patrné příčné poruchy vozovky.

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem a jsou v ní lokální vyspravené poruchy. Jsou zde patrné lokálně vyjeté koleje a podélné a příčné trhliny.

Konstrukce chodníků jsou tvořeny mozaikovou kamennou dlažbou.

Konstrukce monolitických říms jsou poškozeny poměrně značně. Dochází k zatékání do konstrukce z povrchu vozovky a chodníků. Ochranná pemrlovaná omítka, která je na konstrukcích říms aplikována i povrch říms samotných je značně zdegradována a to téměř v celé délce mostu na obou stranách. Na zbylé části římsy jsou vrstvy odděleny od podkladu.

Konstrukce **zábradlí** je rozdělena na sloupky a madla. Konstrukce sloupků jsou opět opatřeny pemrlovanou omítkou s paspartou. Ta je porušena trhlínami a evidentně dochází k jejím oddělení od podkladu v důsledku zatékání vody a potažmo mrazového působení. Madla zábradlí jsou poškozena korozí výztuže, odpadáváním krycí vrstvy a tvorbou trhlin. U obdobných subtilních prvků dochází k obdobné korozi poměrně často. Na několika místech je původní výplň železobetonovou trubkou nahrazena trubkou ocelovou. Lokálně vodorovná výplň zcela chybí.

Poruchy konstrukcí jsou patrné z přiložené fotodokumentace.

4.2. Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech

Z nosné konstrukce a z konstrukcí opěr (úložných prahů) byly odebrány jádrové vývrty (JV) tak, aby bylo možné provést laboratorní zkoušky pro stanovení fyzikálně mechanických vlastností a posouzení mrazuvzdornosti. JV byly vizuálně posouzeny a byly připraveny pro provedení jednotlivých zkoušek. Odběr jádrových vývrťů byl proveden lehkou přenosnou jádrovou vrtačkou, osazenou korunkovým diamantovým vrtákem s vodním výplachem. Průměr odebraných jader je cca 50 mm resp. 100 mm.

4.2.1. Konstrukce opěr

Jádrový vývrt OP1 průměru cca 50 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrty je kompaktní se malým množstvím pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 44 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v menším množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Připravené jádrové vývrty byly zaříznuty v závislosti na délce odebraného tělesa tak, aby štíhlost těles byla přibližně 1,0 - 2,0. Takto vzniklá válcová tělesa byla změřena a zvážena, poté byla okoncována speciální rychletuhnoucí sírovou směsí podle ČSN 73 1329 a odzkoušena na pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 390 – 3 (ČSN 73 1317)

Průměrná pevnost betonu v tlaku na tělesech odebraných z **konstrukce opěr** je **38,38 MPa**, směrodatná odchylka je 18,7 MPa a variační koeficient je 48,79 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zařadit jako min. **C25/30 (dříve B30)**.

4.2.2. Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska

Jádrový vývrt D1 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce desky z blízkosti povodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou vněm patrné kaverny indikující horší zhutnění betonu. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt OB1 průměru cca 50 mm byl odebrán z horního líce oblouku nosné konstrukce z návodní strany mostu. JV je rozdělen na dvě části. První část je tvořena dobetonávkou v u paty oblouku a to v tl. 140 mm. Plášť části JV, který je odebrán přímo z nosné konstrukce, obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm s jednotlivými póry většími než 2 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno, s menším podílem středních frakcí kameniva. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt OB2 průměru cca 50 mm byl odebrán horního líce oblouku nosné konstrukce z návodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 42 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt ST1 průměru cca 50 mm byl odebrán horního líce oblouku nosné konstrukce z návodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 38 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt ST2 průměru cca 50 mm byl odebrán horního líce oblouku nosné konstrukce z návodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 44 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Připravené jádrové vývrtky byly zaříznuty v závislosti na délce odebraného tělesa tak, aby štíhlost těles byla přibližně 1,0 - 2,0. Takto vzniklá válcová tělesa byla změřena a zvážena, poté byla okoncována speciální rychletuhnoucí sírovou směsí podle ČSN 73 1329 a odzkoušena na pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 390 – 3 (ČSN 73 1317)

Průměrná pevnost betonu v tlaku na tělesech odebraných **z nosné konstrukce (železobetonové desky, stojek a oblouku)** je **42,33 MPa**, směrodatná odchylka je 4,4 MPa a variační koeficient je 10,44 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zařadit jako min. **C35/45 (dříve B45)**.

4.3. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru

Metoda Schmidtova tvrdoměru podle ČSN 73 1373 vychází z pružného rázu dvou těles. Pružinovým mechanismem tvrdoměru je proti povrchu zkušebního místa vržen kovový úderník a následně je registrována míra jeho odskoku, která je zároveň měřeným parametrem. Hodnota odskoku se v předstihu koreluje s pevností betonu v tlaku. Obecný kalibrační vztah mezi mírou odskoku a pevností betonu v tlaku je uveden v příslušné normě. Na základě měření Schmidtovým tvrdoměrem lze s přesností ± 20 % stanovit kvalitu betonu. Jedná se tedy o postup, který velmi dobře umožňuje zařadit beton do kvalitových tříd podle ČSN EN 206. Na každém zkušebním místě se provede nejméně sedm dílčích měření. Průměrná hodnota odskoku se pak převede podle obecného kalibračního vztahu na pevnost v tlaku, která se dále případně redukuje s ohledem na stáří a vlhkost betonu. Provedeno bylo celkem 15 ks zkoušek na nosné konstrukci (oblouk a stojky).

Průměrná pevnost betonu v tlaku nosné konstrukce je **34,5 MPa**, směrodatná odchylka je 8,8 MPa a variační koeficient je 25,47 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zařadit jako min. **C25/30** (dříve B30). Výsledky ukazují na nízkou homogenitu betonu v jednotlivých částech konstrukce.

4.4. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku

Metoda Maškova špičáku je zařazována mezi nenormové nedestruktivní metody, i když vede k lokálnímu poškození zkušebního místa. Jejím principem je zarážení ocelového sondovacího dláta pod povrch zkušebního místa dvaceti údery palice o hmotnosti 2 kg. Měřeným parametrem

je hloubka vniku Maškova špičáku. Ten je převáděn pomocí kalibračního vztahu na pevnost betonu v tlaku. Velkou předností této metodiky je, že je jen nepatrně citlivá k povrchovému znečištění zkušebního místa i k jeho případnému povrchovému narušení. Proto bývá s výhodou používána na konstrukčních prvcích, kde jsou testované materiály povrchově poškozeny, nebo jejich povrch neumožňuje potřebnou předúpravu pro základní tvrdoměrné metody.

Na nosné konstrukci desky, která je částečně degradována bylo realizováno 9 ks zkoušek. Průměrná pevnost betonu v tlaku **nosné konstrukce** je **42,6 MPa**, směrodatná odchylka je 3,8 MPa a variační koeficient je 8,9 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zatřídit jako min. **C30/37** (dříve B35).

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.5. Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží

Tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží byla zjišťována jednak elektromagnetickým indikátorem výztuže PROFOMETR (výrobek firmy Proceq, Švýcarsko), a současně přímým měřením. Přístroj pomocí elektromagnetických vln vysílaných sondou dokáže měřit krycí tloušťku betonu nad výztuží a to s přesností 1 mm. Maximální hloubka měření uložení výztuže je 80 mm resp. 160 mm.

Průměrná tloušťka krycí vrstvy nad betonářskou výztuží monolitické **železobetonové nosné konstrukce** je **28,4 mm**, směrodatná odchylka je 7,7 mm a variační koeficient je 27,2 %. Minimální stanovená hodnota je 14,0 mm.

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.6. Stanovení hloubky karbonatace

Tloušťka zkarbonatované vrstvy byla stanovována pomocí kolorimetrického indikátoru fenolftaleinu, který reaguje v oblasti pH = 9,6 přechodem na temně fialovou barvu. Metoda se aplikovala tak, že fenolftaleinové činidlo bylo sprejem nanášeno na prach, vynášený vrtákem při příklepovém vrtání do jednotlivých konstrukčních prvků a současně bylo aplikováno na povrch jednotlivých jádrových vývrtů.

Na monolitické **železobetonové nosné konstrukci** byla zjištěna průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy **18,6 mm**, směrodatná odchylka 4,0 mm a variační koeficient 21,7 %. Maximální stanovená hodnota je 26,0 mm.

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.7. Stanovení obsahu chloridových iontů

Betonové konstrukce, které jsou vystaveny vedle vlivů okolního prostředí také vlivům chemických solí, které usnadňují zimní údržbu na přilehlých, nebo převáděných komunikacích, je

nutné podrobit zkouškám, které ověří přítomnost a množství chloridových iontů v jednotlivých úrovních krycí vrstvy nad výztuží. Specializovaná chemická laboratoř stanoví množství chloridových iontů v sušině dodaného vzorku. Tato hodnota je následně přepočítána k hmotnosti cementu v betonu dané konstrukce a porovnána s hodnotou udanou v ČSN EN 206 – 1 pro daný typ konstrukce.

Testována byla konstrukce monolitické železobetonové desky, která je nejvíce poškozena.

U vzorku č. 1 odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **330 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,25 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku č. 2 odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **332 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,26 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **konstrukce římsy** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **343 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,27 %** z hmotnosti cementu.

Vzhledem k tomu, že vzorky byly odebírány z železobetonových prvků, je kritériem pro pasivovanou výztuž, hodnota obsahu chloridových iontů na úrovni 0,4 % z hmotnosti cementu (ČSN EN 206 -1). Vzorky byly odebírány z konstrukce na úrovni betonářské výztuže.

5. Závěr a návrh opatření

Na základě provedených zkoušek byly zjištěny o konstrukci následující skutečnosti.

Základním problémem nosné konstrukce i konstrukcí spodní stavby je působení vody. Vzhledem k tomu, že je konstrukce spodní stavby zakomponována do okolního terénu, je vliv vody na konstrukci menší. Pouze dochází k protékání vody nástřikem na skále opěry 1. Samotná nosná konstrukce přemostňuje s rezervou řeku Kamenici a spodní stavba tedy není v přímém styku s vodou.

Nosná konstrukce mostu je poškozena zejména pouze lokálně korozí výztuže a to na spodním líci desky, oblouku a lokálně i na konstrukcích stojek. Výraznější poškození je na boku konstrukce desky a na konstrukci římsy. Poškození je způsobeno zejména vnikáním vody do konstrukce chodníků a zatékáním pod římsu. Tím dochází k nasycení betonu a následně poškození v důsledku cyklického působení mrazu. Částečně dochází k poškození i v důsledku působení

vzdušného CO₂ (karbonatace). K tomu dochází pouze v místech zatékání a delaminace povrchové úpravy nosné konstrukce (pemrlované omítky). Riziko koroze výztuže je v ploše nízké, vyplývá to z porovnání tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží a hloubky zkarbonatované vrstvy. Pozitivní vliv má i právě použitá pemrlovaná omítka. Korodující výztuž je zejména výztuží distanční, která byla v době výstavby používána pro vymezení krycí vrstvy betonu nad nosnou (podélnou) výztuží.

Pevnostní charakteristiky nosné konstrukce i konstrukce spodní stavby odpovídají obdobným konstrukcím z daného období. Pevnost v tlaku nosné konstrukce odpovídá pevnostní třídě minimálně C25/30 (dříve B30).

Z nosné konstrukce a z konstrukcí říms, které jsou vyztužené a současně jsou vystavené působení vody pronikající do konstrukce z povrchu mostu, byly odebrány vzorky, u kterých byl stanoven obsah chloridových iontů. Ten byl následně porovnán s limity určenými ČSN EN 206 pro železobetonové konstrukce. V místech, kde dochází k viditelnému přímému zatékání do daných konstrukcí (u římsy a na spodním líci nosné konstrukce u kraje mostu) je obsah chloridových iontů zvýšený, ale nepřesahuje povolené limity. Jednotlivé konstrukční prvky mostu tedy nejsou přímo ohroženy elektrochemickou korozí výztuže.

V konstrukci vozovky jsou poruchy, které vytvářejí podmínky vhodné pro zatékání vody z povrchu komunikace k nosné konstrukci. Korozní procesy v betonu jsou spojeny s přítomností vody, je tedy nezbytně nutné zajistit minimalizaci vnikání vody do konstrukce.

Pro prodloužení životnosti mostu je nutné provést následující. **Bezpodmínečně nutná je obnova hydroizolačních vrstev v celé ploše mostu a to včetně chodníků** (říms). Právě chodníky, které přecházejí v konstrukce říms, jsou poškozeny natolik, že bude nutné provést jejich výměnu. Nosná konstrukce bude muset být opravena na boku desky a lokálně v místech koroze výztuže tak, aby bylo dosaženo dostatečné krycí vrstvy betonu nad výztuží a to včetně distanční výztuže. Prvním krokem bude odstranění nesoudržných částí konstrukce a korozních zplodin výztuže. Dále bude výztuž ošetřena ochranným alkalickým nátěrem. Následně bude provedeno plošné převrstvení konstrukce. V místech, kde byla realizována původní pemrlovaná omítka (umělý kámen) je možné ji obnovit pomocí prefabrikovaných suchých maltových směsí. Nosná konstrukce v místech, kde došlo k mrazovému porušení, je nutné provést reprofilaci za pomoci mechanického přikotvení reprofilačních vrstev. Tzn., že je nutné na takto degradovaném podkladu odstranit veškerý nesoudržný a poškozený materiál. Dále do podkladu nakotvit na chemickou kotvu kotvy, nebo nastřelovací trny. Na ty bude přivázána výztužná síť, jejíž funkcí bude pouze zajistit přídržnost opravných malt k podkladu. Dále budou aplikovány reprofilační malty s potřebnými parametry.

Povrch konstrukce bude nově opatřen maltou, kterou je možné následně upravit jako pemrlovanou omítku. K zajištění přídržnosti této vrstvy je potřeba použít poolymercementový, nebo epoxidový adhezní můstek a to v závislosti na kvalitě předpřipraveného podkladu. Následně dojde

k opracování omítky způsobem, který bude odpovídat stávajícímu vzhledu. V úvahu přichází ruční pemrlování, pemrlování pomocí lehké mechanizace, nebo pískování za sucha, nebo za mokra. Doporučuji provést referenční plochy, které budou všemi zúčastněnými stranami zhodnoceny a bude vybrána vhodná metoda.

Konstrukce zábradlí nevyhovují stávajícím požadavkům. Výplň zábradlí (vodorovná železobetonová madla) nejsou funkční, lokálně chybí a jsou poškozeny korozí a celkovou degradací.

Konstrukce spodní stavby, zejména opěra 1 (směr Železný Brod) je potřeba lokálně opravit a případně zajistit odvodnění terénu za opěrou tak, aby nedocházelo k průniku vody skrz konstrukci. Alternativně je možné průnik vody přiznat a zajistit jeho odvod mimo nosnou konstrukci.

Vzhledem k výše popsanému poměrně rozsáhlému postupu, který zahrnuje i výměnu souvrství vozovky a chodníků, je vhodné zvážit i sanaci předpolí mostu a mezi prostoru s mostem 288 – 006. Současně je nutné odstranit dřeviny, které mají negativní vliv na jednotlivé prvky konstrukce.

I. Tabulky provedených zkoušek

Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných JV



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

nosná konstrukce mostu 288 - 006 ve Spálově

opěra
24.3.2017
21°C
53,6%

označení vzorku	průměr	výška	výška po koncování	l		hmotnost	objemová hmotnost	pevnost v tlaku		poznámka
	d	h	h _k	h _k / d	K _l	m	m / V	F	f _{cyl}	
	[mm]	[mm]	[mm]			[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	
OP1/1	45,10	85,80	87,80	1,947	1,004	316,90	2312	67,75	51,62	-
OP1/2	45,30	73,60	75,50	1,667	1,033	266,10	2243	34,25	25,14	-
				[MPa]			2278		38,38	
				[MPa]			48,6		18,7	
							2,13%		48,79%	

$$f_{cyl} = \frac{F}{A \times K_d \times K_\lambda}$$

A - průřezová plocha zkušebních těles
F - síla při porušení
K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu
K_l - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu
f_{cyl} - válcová pevnost na tělese s průměrem 150 mm a štíhlostí l = 2,0



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

nosná konstrukce mostu 288 - 006 ve Spálově

železobetonová deska, stojky, oblouk

24.3.2017

21°C

53,6%

označení vzorku	průměr	výška	výška po koncování	l		hmotnost	objemová hmotnost	pevnost v tlaku		poznámka
	d	h	h _k	h _k / d	K _l	m	m / V	F	f _{cyl}	
	[mm]	[mm]	[mm]			[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	
OB1/1	45,10	77,90	80,20	1,778	1,018	278,60	2239	61,00	44,94	-
OB1/2	45,20	71,70	74,40	1,646	1,037	258,60	2248	51,75	37,27	-
OB2/1	45,10	65,30	67,40	1,494	1,061	233,90	2242	63,30	44,75	-
OB2/2	45,10	66,60	70,00	1,552	1,052	243,00	2284	50,50	36,01	-
ST1	45,10	83,50	87,40	1,938	1,005	312,50	2343	60,50	45,14	-
ST2	45,10	93,50	95,30	2,113	0,997	363,00	2430	63,30	47,63	-
D1	94,00	99,70	103,80	1,104	1,131	1589,00	2297	266,00	40,60	-
				[MPa]			2297		42,33	
				[MPa]			69,3		4,4	
							3,02%		10,44%	

$$f_{cyl} = \frac{F}{A \times K_d \times K_\lambda}$$

A - průřezová plocha zkušebních těles

F - síla při porušení

K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu

K_l - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu

f_{cyl} - válcová pevnost na tělese s průměrem 150 mm a štíhlostí l = 2,0

Stanovení pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 006**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **nosná konstrukce**

druh přístroje: **Schmidt N - energie 2,25 J**

Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku

zkušební místo	popis zkušebního místa	f'_{be} [MPa]	f_{be} [MPa]
1	stojka	40	36
2	stojka	29	26
3	stojka	34	31
4	stojka	31	28
5	stojka	38	34
6	stojka	34	31
7	oblouk	52	47
8	oblouk	63	57
9	oblouk	54	49
10	oblouk	37	33
11	oblouk	29	26
12	oblouk	31	28
13	oblouk	31	28
14	oblouk	36	32
15	oblouk	36	32
Průměr		[MPa]	34,5
Směrodatná odchylka		[MPa]	8,8
Variační koeficient		-	25,47%
k_n		-	1,74
f_{ck}		[MPa]	19

- ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- ČSN EN 12504 - 2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- ČSN EN 12390 - 3 (Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení
- ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

**strana 2**

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **nosná konstrukce**

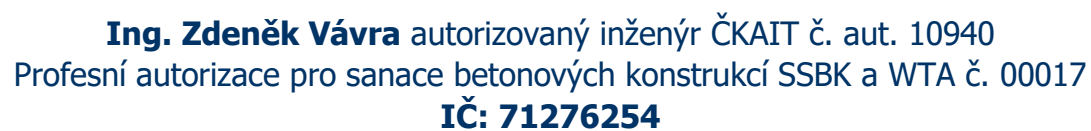
druh přístroje: **Schmidt N - energie 2,25 J**

Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku

	1	stojka				směr úderu:		vodorovně	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	38	38	39	44	46	40	46	40	39
$f_{be,i}$	37	37	39	48	52	41	52	41	39
$f_{be,m}$					42,89				
meze		34,31						51,47	
$f_{be,i}$	37	37	39	48	X	41	X	41	39
$f_{be,m}$					40,29				
R'_{be}	40 MPa								

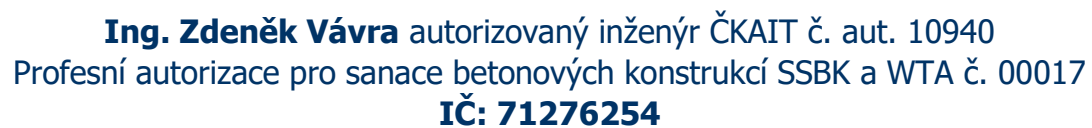
	2		stojka		směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	36	36	34	33	28	32	33	34	33
$f_{be,i}$	33	33	30	28	21	27	28	30	28
$f_{be,m}$					28,67				
meze		22,93						34,40	
$f_{be,i}$	33	33	30	28	X	27	28	30	28
$f_{be,m}$					29,63				
R'_{be}	29 MPa								

3		stojka			směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	34	36	38	36	36	38	35	38	38
$f_{be,i}$	30	33	37	33	33	37	32	37	37
$f_{be,m}$					34,33				
meze		27,47						41,20	
$f_{be,i}$	30	33	37	33	33	37	32	37	37
$f_{be,m}$					34,33				
R'_{be}	34 MPa								



4 **stojka** směr úderu: **vodorovně**

6	stojka				směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	28	36	31	33	35	38	38	38	38
$f_{be,i}$	21	33	25	28	32	37	37	37	37
$f_{be,m}$					31,89				
meze		25,51						38,27	
$f_{be,i}$	X	33	X	28	32	37	37	37	37
$f_{be,m}$					34,43				
R'_{be}	34 MPa								



	7	oblouk				směr úderu:		dolů	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	46	43	44	42	44	45	46	44	44
$f_{be,i}$	56	51	52	49	52	54	56	52	52
$f_{be,m}$					52,67				
meze		42,13						63,20	
$f_{be,i}$	56	51	52	49	52	54	56	52	52
$f_{be,m}$					52,67				
R'_{be}	52 MPa								

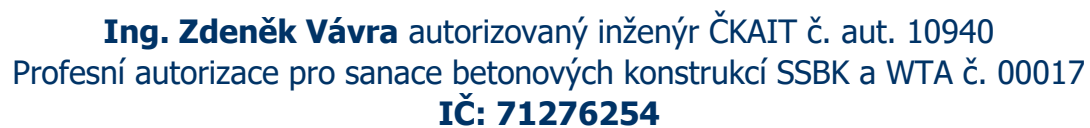
	8	oblouk				směr úderu:		dolů	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	48	49	50	50	50	50	51	50	49
$f_{be,i}$	60	62	64	64	64	64	64	64	62
$f_{be,m}$					63,11				
meze		50,49						75,73	
$f_{be,i}$	60	62	64	64	64	64	64	64	62
$f_{be,m}$					63,11				
R'_{be}	63 MPa								

	9	oblouk				směr úderu:		dolů	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	48	48	44	44	44	44	46	46	45
$f_{be,i}$	60	60	52	52	52	52	56	56	54
$f_{be,m}$					54,89				
meze		43,91						65,87	
$f_{be,i}$	60	60	52	52	52	52	56	56	54
$f_{be,m}$					54,89				
R'_{be}	54 MPa								



10 **oblouk** směr úderu: **vodorovně**

	12				oblouk		směr úderu:		vodorovně	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
α	35	33	35	35	34	35	35	35	35	
$f_{be,i}$	32	28	32	32	30	32	32	32	32	
$f_{be,m}$					31,33					
meze		25,07						37,60		
$f_{be,i}$	32	28	32	32	30	32	32	32	32	
$f_{be,m}$					31,33					
R'_{be}	31 MPa									



13 **oblouk** směr úderu: **nahoru**

	15		oblouk		směr úderu:		nahoru		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	42	42	41	41	41	41	42	42	43
$f_{be,i}$	37	37	35	35	35	35	37	37	39
$f_{be,m}$					36,33				
meze		29,07						43,60	
$f_{be,i}$	37	37	35	35	35	35	37	37	39
$f_{be,m}$					36,33				
R'_{be}	36 MPa								



16 **stojka** směr úderu: **nahoru**

18	stojka				směr úderu:		nahoru		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α									
$f_{be,i}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$f_{be,m}$					#####				
meze		#####						#####	
$f_{be,i}$	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
$f_{be,m}$					#####				
R'_{be}	#DĚLENÍ_NULO!								

Stanovení pevnosti betonu v tlaku Maškovým špičákem



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce:	most evid.č. 288 - 006 Spálov
Konstrukce:	deska mostu
Datum zkoušky:	19.3.2017
Teplota vzduchu:	9,0°C
Vlhkost vzduchu:	68,0%
Typ zkušebního přístroje:	Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R _{be} [MPa]
1	deska	11	38,0
2	deska	10	41,1
3	deska	9	44,3
4	deska	9	44,3
5	deska	11	38,0
6	deska	8	47,8
7	deska	9	44,3
8	deska	11	38,0
9	deska	8	47,8
Průměr	[MPa]	42,6	
Sm. odchylka	[MPa]	3,8	
Variační koef.	-	8,9%	
k _n	-	1,83	
R_{bg}	[MPa]	35,7	

Stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 006 Spálov**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68,0%**

druh konstrukce: **deska, oblouk, stojka**

druh přístroje: **Profometr 4 - Proceq**

Zkoušená oblast	Tloušťka krycí vrstvy [mm]						
nosná konstrukce	39	40	37	36	32	31	25
	24	25	21	32	24	27	22
	30	35	30	32	33	32	32
	20	29	24	30	15	31	30
	20	21	21	14	32	15	50
	50	37	28	27	35	24	27
	20	20	26	25	23		
Statistické vyhodnocení:	průměr = 28,4 mm				směrodatná odchylka = 7,7 mm		
	počet zkušebních míst = 47				variační koeficient = 27,2%		
	minimální stanovená hodnota = 14 mm						

Použité normy

ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení

ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

Stanovení hloubky karbonátace



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 006 Spálov**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68,0%**

druh konstrukce: **deska, oblouk, stojka**

druh přístroje: **roztok fenolftaleinu v alkoholu**

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
nosná konstrukce	23	15	16	20	26	15	15
	15	14	14	22	24	21	21
Statistické vyhodnocení:	průměr = 18,6 mm				směrodatná odchylka = 4,0 mm		
	počet zkušebních míst = 14				variační koeficient = 21,7%		
	maximální stanovená hodnota = 26 mm						

Použité normy

ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení

ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

II. Fotodokumentace



01 pohled na most proti směru staničení



02 předpolí mostu



03 povodní strana mostu



04 pohled na opěru 1



05 poškození římsy a desky u opěry 1



06 pohled na základový blok



07 pohled na povodní stranu mostu



08 detail vrcholu oblouku a poškozené desky a žimsky - povodní strana



09 poškození desky na povodní straně mostu



10 poškození desky na povodní straně mostu



11 detail poškození na povodní straně mostu



12 detail uložení desky na opěře 1



13 spodní líc oblouků mostu



14 stékání vody po povrchu konstrukce - deska, stojka



15 pohled na návodní stranu mostu



16 mrazové poškození horního líce základového bloku



17 mrazově poškozený horní líc oblouku



18 lokální koroze výztuže na spodním líci desky



19 stékání vody po povrchu konstrukce oblouku a stojky



20 zatékání na opěru 1



21 průnik vody doprovázený výluhy - opěra 1



22 průnik vody doprovázený výluhy - opěra 1



23 trhlina v torkretu opěry 1



24 poškození mrazem v místě rozhraní mostu a předpolí mostu



25 poškození mrazem v místě rozhraní mostu a předpolí mostu



26 detail mrazového poškození desky



27 celkový pohled na most - povodní strana



28 pohled na vrchol oblouku mostu - poruchy římsy, zábradlí a desky NK



29 poruchy římsy na povodní straně mostu



30 uložení konstrukce opěra 1 - povodní strana mostu



31 celkový pohled na most - návodní strana



32 celkový pohled na most - návodní strana



33 vrchol oblouku - zatékání a poruchy římsy - návodní strana



34 opěra 2 - návodní strana mostu



35 poruchy mostu - návodní strana



36 detail základového bloku u opěry 2



37 detaily poruchy na návodní straně mostu



38 lokální poruchy na spodním líci oblouku



39 detailní pohled na základový blok



40 detail poruchy římsy a desky u opěry 2



41 detail opěry 2



42 úložný blok u opěry 2



43 celkový pohled na spodní líc mostu



44 detail poruchy stojky u opěry 2 - malé zhutnění betonu



45 detail poruch u opěry 2 - povodní strana mostu



46 lokální poruchy opěra 2



47 detail poruchy římsy a desky mostu u opěry 2



48 poškození pemrlované omítky na desce a stojce NK



49 detaily poruch římsy a desky



50 koroze výztuže



52 poruchy zábradlí



53 poruchy zábradlí



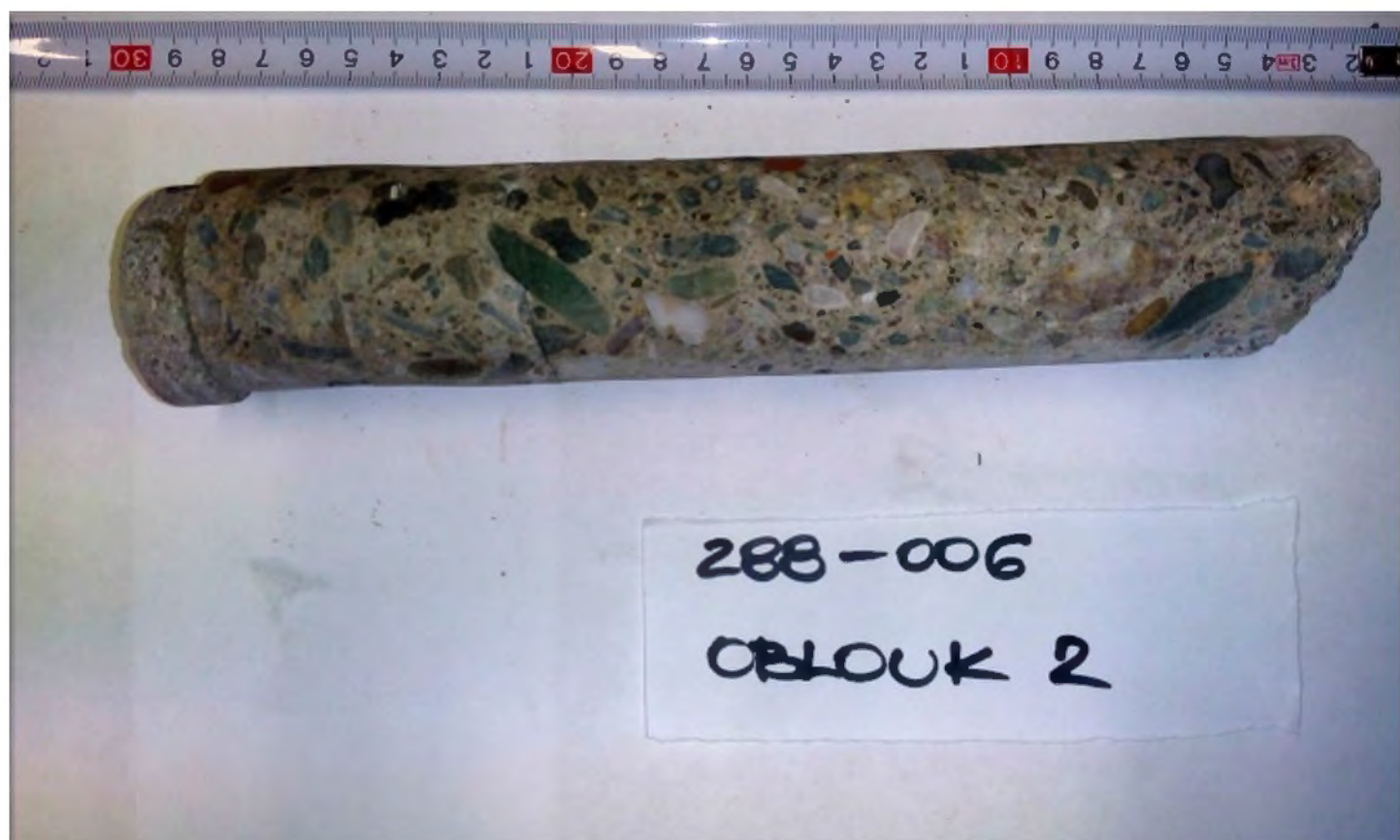
53 sonda do vozovky



54 sonda do vozovky



55_JV_oblounk



56_JV_oblounk



288-006
OPERA

57_JV_opěra_1



288-006
STOJKA

58_JV_stojka