



s.r.o.

*Výzkumná, zkušební, inspekční, poradenská a znalecká  
činnost v oboru koroze a protikorozní ochrana*

**170 00 Praha 7 - Holešovice, U Měšťanského  
pivovaru 934/4**

## **VD Štěchovice – generální oprava mostovky**

**Zpráva č. 950/11/2019**

Zadavatel: Povodí Vltavy, státní podnik  
Holečkova 3178/8  
150 00 Praha 5 - Smíchov

Objednávka č. Zn. PVL-56032/2019/710 ze dne 27.8.2019

Zpracoval: Ing. Hana Geiplová  
Ing. Lubomír Mindoš

Počet listů 10  
Počet příloh 3

V Praze dne

Výsledky hodnocení a zkoušek se vztahují pouze ke zkoušenému vzorku (materiálu, výrobku, prostředí, povrchové úpravy, apod.). Bez písemného souhlasu zpracovatele nesmí být zpráva reprodukována jinak než celá.

IČO: 25794787  
DIČ: CZ25794787

KB Praha 7  
č.ú. 3636530297/0100

Telefon  
220801 297, 220809 981

Fax  
220809 981

E-mail  
info@svuom.cz

**Firma je zapsána do obchodního rejstříku vedeného Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 70913**

## Úvod

Na základě objednávky bylo dne 5.9.2019 provedeno hodnocení stavu protikorozi ochrany ocelových konstrukcí mostovky VD Štěchovice. Konstrukce lze rozdělit na dvě patra, z nichž 1. patro prošlo obnovou nátěrového systému v r. 1999 a 2. patro, kde jsou ocelové konstrukce v původním stavu.

## 1 Technické normy

K zpracování zprávy byla využita ustanovení a doporučení technických norem:

- ČSN EN ISO 12944-5 *Nátěrové hmoty - Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 5: Ochranné nátěrové systémy*
- ČSN EN ISO 12944-2 *Nátěrové hmoty - Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí*
- ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*
- stanovení přilnavosti ONS křížovým řezem dle ASTM D 3359

## 2 Vizuální hodnocení

### 2.1 Ocelové konstrukce mostovky – 1. patro

Všechny dostupné plochy byly bez defektů ve formě prasklin, podkorodování, puchýřů apod., viz obrázek 1. Nátěr je tvrdý, bez známek degradace a bez poteklin. Je stejného barevného odstínu a lesku. Byla nalezena místa, zdvojený vertikální nosník tvořený dvěma obrácenými L-profilů, kde nebyl aplikován nátěr, a vyskytovalo se korozní napadení, viz obrázek 2. Tato skutečnost je daná typem nýtované konstrukce z r. 1945 a obdobných, pro nátěry téměř nedostupných míst, je více. Obdobně bylo nalezeno na konstrukci několik míst, kde vytékaly v minimálním množství korozní produkty, viz obrázek 4. Na některých částech konstrukce se vlivem vlhkosti vyskytuje zelená řasa.

Současně s vizuální prohlídkou bylo provedeno měření tloušťky nátěru, které se v průměru pohybovalo na hodnotách 310  $\mu\text{m}$  až 360, s nejnižší tloušťkou 240  $\mu\text{m}$ , viz tabulka 1. Hodnocena byla také přilnavost křížovým řezem, omezeným počtem měření – jedná se destruktivní metodu, kdy bylo velmi obtížné proříznout celý nátěrový systém. Přilnavost je možné hodnotit stupněm 5A, tzn. velmi dobrá, viz obrázek 3.

V nejhorším stavu je kabelová lávka, kde se vyskytuje korozní napadení a tloušťka ochranného nátěru je pouze kolen 50  $\mu\text{m}$ , nicméně na žádném místě se významné korozní napadení.

## 2.2 Ocelové konstrukce mostovky – horní patro

Zcela odlišná je situace u nátěrů na horním patře. I přes to, že jsou konstrukce zakryty, jsou nátěry silně zdegradované, a to nejvíce na místech pod okny a u podlahy, kde se nátěr odlupuje, spodní U-profil je se zcela nefunkční protikorozi ochranou, viz obrázky 6 - 8. Odlupují se však i nátěry na profilech pod střechou. Nicméně v místech, kde je nátěr neporušený je jeho přilnavost dobrá, viz obrázek 9.

## 3 Měření tloušťky

Měření tloušťky stávajícího nátěru bylo provedeno podle ČSN EN ISO 2808. Použitý tloušťkoměr Dualscope MP 40 firmy Fischer (SRN) pro nedestruktivní měření elektromagnetickou metodou se statistickým vyhodnocením naměřených dat a sondou EGABW. Kalibrace byla provedena na hladký povrch etalonu pomocí kalibračních folií. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

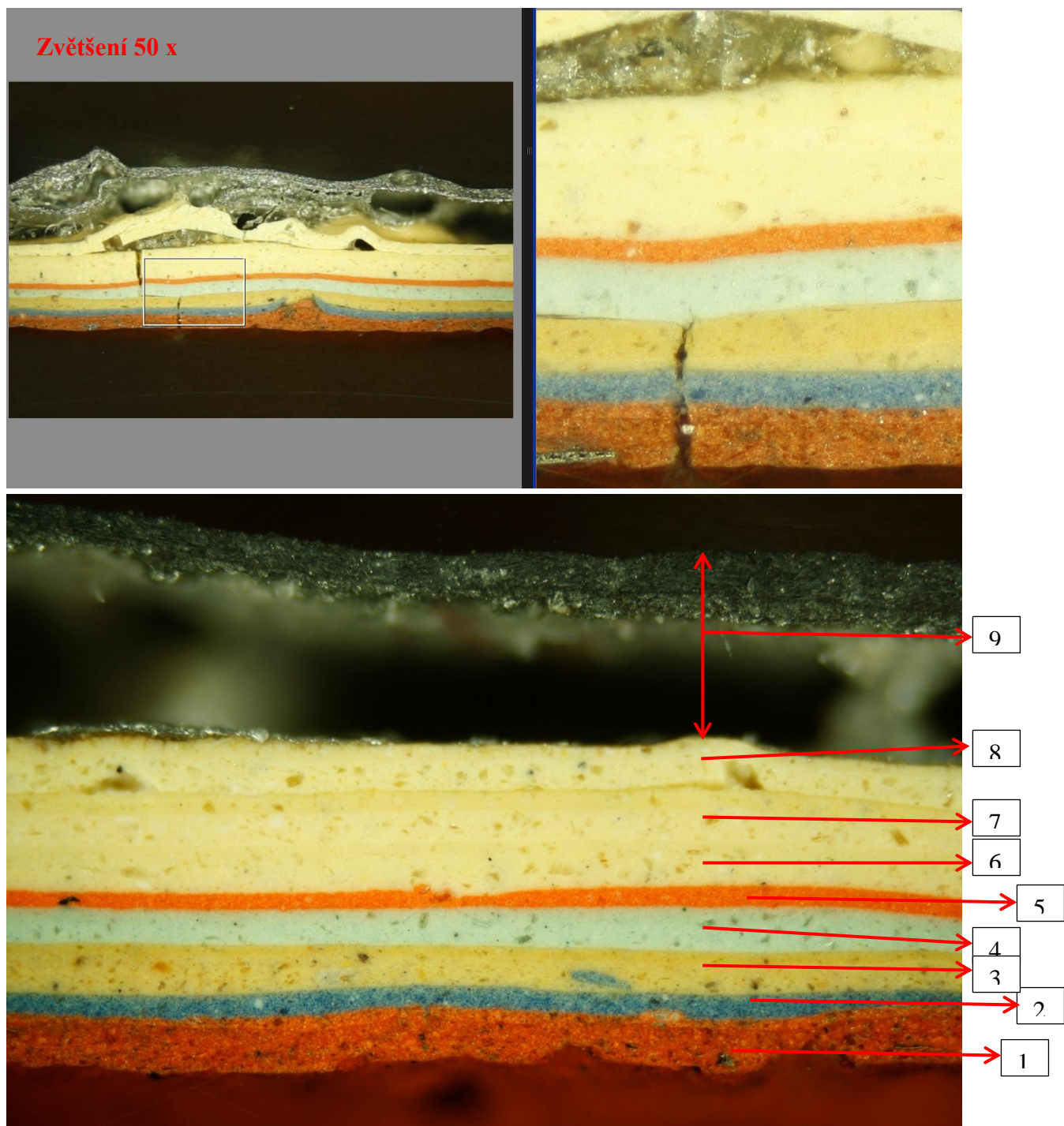
Tabulka 1 Tloušťky stávajícího nátěru

Místo	průměr	min	max	St.odch	n	Pozn.
Spodní patro	363	278	491	56,8	30	
	313	244	397	40,0	30	
kabelový žlab	48,8	25,2	120	30,4	20	
	316	182	549	98,7	14	
Horní patro	266	187	359	68,8	16	Dolní žlab
	366	150	732	189	50	Celkové měření
	282	255	331	34,6	14	Horní nosník

## 4 Mikroskopické hodnocení

Z různých částí konstrukce, z horního profilu a z U profilu u podlahy byly odebrány vzorky pro hodnocení jak složení nátěrového systému, tak k vyhodnocení nebezpečných a zvláště nebezpečných látek, které se vyskytují v nátěrech. Hodnocení složení nátěrového systému bylo provedeno na optickém mikroskopu Zeiss NEOPHOT 32.

Nátěr na horním profilu se liší v počtu vrstev i složení od nátěru spodního U-profilu, viz obrázek A.

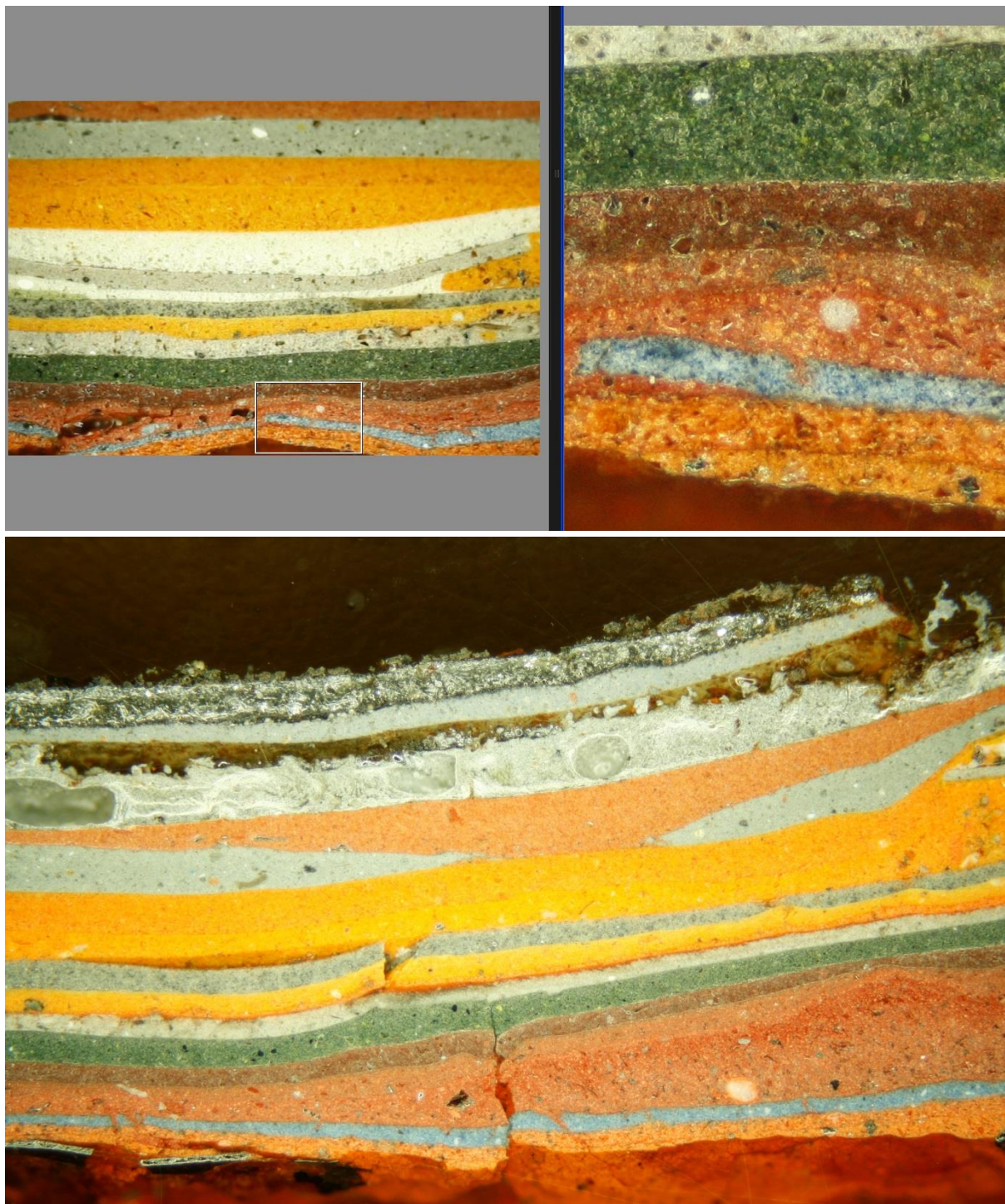


Nosník – strop, zvětšení 100x

Celkem 9 vrstev, přičemž poslední vrstva je s hliníkovými lískovými pigmenty a je roztržená – není kompaktní.



Spodní U-profil





Souvrství je tvořeno až 15 vrstvami různých nátěrů. Tloušťka je místy až 700  $\mu\text{m}$ .

### **Mapování výskytu a množství jednotlivých prvků**

Dále bylo provedeno zobrazení oblasti vrstev nátěrů na skenovacím elektronovém mikroskopu - SEM v modu zpětně odražených elektronů - BSE. Jednotlivé složení a zastoupení prvků v celém souvrství je uvedeno v Příloze 2.

Pro mapování výskytu jednotlivých prvků byly vybrány prvky:

olovo, chrom, zinek a barium.

Výskyt jednotlivých prvků je různý podle složení a odstínů jednotlivých vrstev nátěrového systému. Nicméně výskyt některých z nich nemusí představovat nebezpečí, neboť jsou vázány ve sloučeninách, které nejsou rozpustné nebo jsou rozpustné ve vodě nebo jsou rozpustné velmi omezeně.



## 5 Obsah nebezpečných látek v povlaku nátěrových hmot

### Suroviny používané k výrobě nátěrových hmot, historických i současných:

#### **Polychlorované bifenyly (PCB)**

PCB se vyráběl v letech cca 1959 až 1984 v Chemko Strážské (Slovensko), použití PCB do nátěrových hmot jako zvláčňovadlo bylo realizováno asi od r. 1965 a přidávaly se do určitých druhů nátěrových hmot jako aditiva upravující vlastnosti povlaku a jejich množství se pohybovalo od 5 do 10%. PCB se jako zvláčňovadla používala do nátěrových hmot na bázi chlorkaučukových a polymerátových nátěrových hmot. Oba dva typy nátěrových hmot se vyznačují vysokou chemickou odolností a byly vyvinuty a určeny v té době na ocelové konstrukce, které odolávají chemikáliím, kyselinám apod., tzn. zejména pro chemický průmysl. Chlorkaučukové nátěrové hmoty byly také používány na konstrukce vystavené trvalému ponoru ve vodě, na vodorovné značení vozovek a na trvale vlhké konstrukce. Od roku 1984 jsou receptury nátěrových hmot bez PCB. PCB jsou téměř nerozpustné ve vodě, naproti tomu jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech a tucích.

#### **Stanovení PCB v nátěru horního patra**

Ze spodního U-profilu byl v místě, kde se jevil nátěrový systém celistvý odebrán vzorek celého souvrství. Vzorek nátěrové hmoty s minimem korozních produktů o celkové hmotnosti 7,7048 g byl odebrán z plochy 70x80 mm tj 0,0056 m<sup>2</sup>, viz obrázek 10 (příloha 1). Analýza obsahu PCB byla provedena v akreditované laboratoři ALS, protokol je přílohou 3.

Výsledek  $\Sigma 7$  PCB = 12,9 mg/kg s nejistotou měření  $\pm 30\%$

NM	$\Sigma 7$ PCB (mg/kg)	$\Sigma 7$ PCB (mg/m <sup>2</sup> )
	12,9	17,7
-30%	9,0	12,4
+30%	16,8	23,1

Lze předpokládat, že pokud by byl nátěrový systém celistvý, obdobně jako z místa odběru, na 1 m<sup>2</sup> plochy by připadlo cca 1,36 kg nátěrové hmoty s průměrným obsahem 9,5 mg PCB.

Z 1000 m<sup>2</sup> plochy by vzniklo 1360 kg odpadu nátěrového povlaku, bez případných suchých abraziv, a v tomto odpadu bude průměrně 17,7 g PCB.

Při inspekčním šetření bylo zjištěno, že se nátěry na různých místech konstrukce liší a na některých místech jsou odkorodovány a je ocelový povrch již bez nátěru nebo byl opravován. Pokud byl nátěr proveden v letech pozdějších, než je r. 1984, byly použity nátěrové hmoty bez PCB a z toho vyplývá, že celkový obsah PCB by měl být nižší.

#### **Limity pro odpady s výskytem PCB**

V odpadech jsou limity pro PCB stanoveny pro sumu 6 indikátorových kongenerů (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) v Příloze č. 6 k vyhlášce č. 383/2001 Sb. Limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které je zakázáno ukládat na skládky všech skupin je pro PCB rovna 50 mg/kg sušiny.

Limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad je pro PCB 10 mg/kg sušiny. Na skládky skupiny S – ostatní odpad nelze na základě obsahu škodlivin ukládat odpady, který obsahuje více než 20 mg PCB/kg sušiny.

Z uvedeného vyplývá, že odpad, i bez přídavku případného abraziva bude možné skládkovat na skládkách skupiny S – ostatní odpad, v případě obsahu PCB.

### **Další složky nátěrových hmot**

Mezi další prvky, které se hodnotí, jako nebezpečné patří olovo, chrom, kadmium, barium, zinek. To jsou prvky, které stanovila vodohospodářská laboratoř Povodí Vltavy. Všechny prvky jsou součástí pigmentů a plniv, které se používají při výrobě nátěrových hmot.

#### **Síran barnatý = zdroj barya**

Jedná se o bílý krystalický prášek nerozpustný ve vodě a jiných tradičních rozpouštědlech, je však rozpustný v koncentrované kyselině sírové. Nerost baryt je složen především ze síranu barnatého. Směsi se síranem barnatým se používají jako bílý pigment. V olejových barvách je téměř průhledný a používá se jako plnivo nebo k úpravě konzistence. Samotný síran barnatý se nazývá blanc fixe (označuje se též jako barytová běloba). Kombinace síranu barnatého a sulfidu zinečnatého (ZnS) se nazývá litopon a používá se jako plnivo.

#### **ZINKOVÁ BĚLOBA – ZnO = zdroj zinku**

Jako pigment se oxid zinečnatý průmyslově vyrábí od roku 1844. Je to čistě bílý pigment absorbující UV záření. Na světle je stálý, je snadno rozpustný v kyselinách i zásadách, reaguje se sírou beze změny barvy a je dokonale mísitelný s ostatními pigmenty. Není toxický.

#### **MINIUM – Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> = zdroj olova**

Jako pigment se oxid olovnato-olovičitý (minium, starší český název suřík) používal už před naším letopočtem. Má dobrou adhezi ke kovům. Na světle tmavne, reaguje i se sírou a zředěnými kyselinami a je mírně toxický. Hojně se využívá pro základní nátěry na ocel, kde se uplatňují jeho antikorozní inhibiční a pasivující účinky.

#### **CHROMOVÁ ŽLUŤ – PbCrO<sub>4</sub> s příměsí PbSO<sub>4</sub> = zdroj olova**

Jako pigment se chroman olovnatý používá od počátku 19. století. Na světle velmi pomalu tmavne, reaguje s kyselinami i zásadami. V současné době se nepoužívá.

#### **CHROMOVÉ ZELENĚ – PbCrO<sub>4</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2 H<sub>2</sub>O = zdroj chromu, olova**

Nejběžnější chroman olovnatý (žlutý) se využívá ve směsi s hexakvanoželeznatanem železitým (modrý), není ale stálý v kyselém ani zásaditém prostředí a ani na světle. Oxid chromitý je oproti tomu velmi stabilní, odolný vůči kyselinám i zásadám a vysokým teplotám. Ještě výhodnější vlastnosti má dihydrát oxidu chromitého. Pigmenty na bázi oxidu chromitého se využívají na ocelové výrobky, v automobilovém průmyslu a v emulzních barvách na fasády budov.

#### **KADMIOVÁ ŽLUŤ – CdS = zdroj kadmia**

Jako pigment se sulfid kademnatý připravuje od počátku 19. století. Je vysoce kryvý. Na světle velmi pomalu tmavne, reaguje se sírou a se silnými kyselinami i zásadami. Není toxický. Často se používá s kadmiovou červení - CdSe - jejich smísením lze získat paletu oranžových odstínů. Hojně byl využíván jako pigment do plastů, kde je ale z ekologických důvodů nahrazován organickými pigmenty. Stále je nenahraditelný v keramických glazurách.

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že téměř všechny sloučeniny jsou rozpustné v kyselinách, a tudíž musely být stanoveny.



Definice nebezpečných vlastností odpadů, podle Vyhlášky č. 94/2016 Sb., limitní hodnoty a kritéria, na jejichž základě se jednotlivé nebezpečné vlastnosti odpadu hodnotí, jsou stanoveny v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů, v Katalogu odpadů a v příloze č. 1 k uvedené vyhlášce, pokud jde o nebezpečné vlastnosti uvedené v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů pod označením kódem HP 15.

Pro hodnocení se z odebraných vzorků připravuje vodný výluh podle ČSN EN 12457-4 Charakterizace odpadů - Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů - Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním).

Vyhláška následně obsahuje tabulky, s povolenými hodnotami jednotlivých prvků, pro kategorizaci a hodnocení odpadů. Tato stanovení nebyla prováděna, protože to bude relevantní až v době, kdy bude rozhodnuto, jaká technologie bude použita pro obnovu protikorozi ochrany ocelové konstrukce. Obecně lze požadovat likvidaci odpadu jako nebezpečného.

## 6 Doporučená technologie obnovy protikorozi ochrany

Protikorozi ochranu ocelové konstrukce mostovky VD Štěchovice je možné rozdělit na 2 kroky.

### 1) *Oprava nátěrů 1.patry*

Protikorozi ochrana ve velmi dobrém stavu, v dostatečných tloušťkách a bez defektů. V tomto patře je nutné obnovit protikorozi ochranu pouze kabelových lávek a případné drobné oděrky nebo mechanické poškození.

Vzhledem ke stavu, tloušťce a přilnavosti, kterou nátěr vykazoval, by odstranění vyžadovala velké náklady a čas.

Pokud byly nátěry prováděny systémem uvedeným v nabídce, je vhodné použít shodný nátěrový systém k opravě. Všechny nátěrové hmoty (Primastic, Penguard Stayer a Hardtop AS) se vyrábí a jsou dostupné u firmy Atryx.

### 2) *Celková obnova nátěrů 2. Patry*

Obnova musí být realizována úplným odstraněním původních vrstev nátěrového systému a aplikací nového. Nejdůležitější a nejvíce komplikované bude odstranění původního nátěru a příprava povrchu pro aplikaci nového nátěrového systému.

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem, by v úvahu přicházely dvě metody:

**A** - odstranění původního nátěru abrazivním suchým tryskáním se zachycením všech zbytků povlaků a abraziva. Jako abrazivo by měla být použita struska. Tímto postupem bude vznikat velký objem odpadů.

**B** – odstranění původního nátěru pomocí vodního paprsku o velmi vysokém tlaku, který volen až do rozsahu 2500 bar, podle vzniklé situace. Použitá voda s odstraněným nátěrem svedena do kontejneru a dále likvidována tak, aby nedošlo ke znečištění okolí nebezpečnými látkami a zbytky nátěrů.

Příprava povrchu následně může být provedena otryskáním abrazivem na požadovanou drsnost zvoleným nátěrovým systémem. Tento krok nemusí být proveden, pokud bude volen vhodný nátěrový systém tolerantní k nižšímu stupni přípravy povrchu.

***Nátěrový systém:***

1 x epoxidový nátěr pigmentovaný hliníkem	110 µm
1 x epoxidový nátěr	110 µm
1 x vrchní nátěr PUR odolný UV záření	60 µm
Celková tloušťka nátěrového systému	280 µm

Epoxidové nátěry pigmentované hliníkem jsou dobrou volbou pro obnovu protikorozní ochrany a jsou tolerantní k méně očištěnému podkladu. Další vrstvy poskytnou bariérovou ochranu a vrchní nátěr musí odolávat UV záření, jedná se o pohledové plochy.