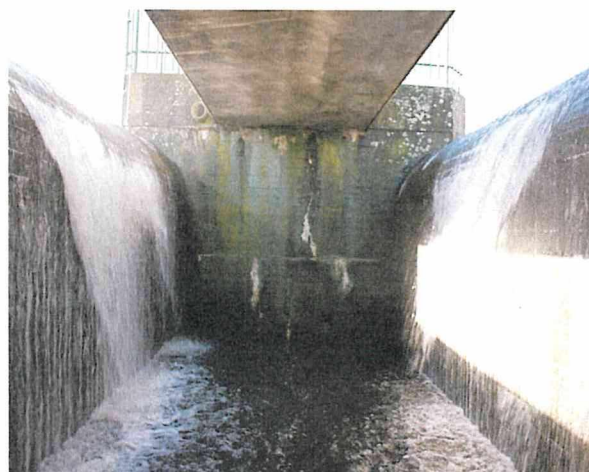


Objednatel:

HG PARTNER, s.r.o.

Stavebně technický průzkum odpadních chodem spodních výpustí a bezpečnostního přelivu na vodním díle Zaječice



Zpracoval:

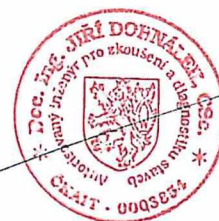
Miroslav Gottwald
diagnostiky staveb, sanace konstrukcí

BETONCONSULT s.r.o.
140 00 Praha 4, V Rovínách 123
602 432 423, www.betonconsult.cz
DIČ: CZ27366774

Schválil:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
autorizovaný inženýr a soudní
znalec

Dohnálek



Praha, březen 2022

Číslo zprávy: 05/22

1. Obsah

1. Obsah	2
2. Úvod	3
3. Stručný popis posuzovaných konstrukcí	4
4. Metodika provedených zkoušek stavebně technického průzkumu	5
4.1 Vizuální hodnocení stavu konstrukcí	6
4.2 Vyhodnocení výsledků zkoušek	9
5. Závěr a doporučení sanačního zásahu	10
Doporučení sanačního zásahu	11

2. Úvod

Na základě objednávky č. H21/062 mezi firmou HG PARTNER, s.r.o. a firmou BETONCONSTULT, s.r.o. byl proveden stavebně technický průzkum odpadní chodby spodních výpustí a současně odpadní chodby bezpečnostního přelivu na vodním díle Zaječice. Průzkumné práce proběhly dne 20. 2. 2022. Cílem prací bylo popsat aktuální technický stav konstrukce a navrhnout taková opatření, která by vedla ke zvýšení její celkové odolnosti a stability.

Stavebně technický průzkum byl proveden na základě vizuálního hodnocení a ověření základních mechanických vlastností železobetonových prvků nedestruktivními zkouškami. Průzkum se tak skládal z těchto činností:

- podrobná vizuální prohlídka ostění a návazných konstrukcí v odpadní chodbě spodních výpustí a odpadní chodbě bezpečnostního přelivu, fotodokumentace,
- akustické trasování povrchu a kvantifikace rozsahu defektů, tabelární záznam poruch,
- nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku u rozhodujících konstrukčních prvků metodou Maškova špičáku (ověření aktuální kvality povrchové vrstvy),
- predikce koroze výztuže (nedestruktivně porovnáním souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu),
- rozbor vody, stanovení obsahu organických látek, agresivita,
- hodnotící zpráva o stavu konstrukce a aktuální životnosti konstrukčních prvků, doporučení vhodného typu sanačního zásahu.

Stavebně technický průzkum odpadních chodeb na vodním díle byl zaměřen na ověření technického stavu konstrukce a především predikci koroze výztuže. Na základě získaných informací pak lze doporučit taková nápravná opatření, která povedou ke stabilizaci objektu jako celku.

Předkládaná zpráva tak v tomto směru neřeší pouze formální charakterizaci kvality betonu či jejího korozního stavu výztuže, ale celkové koncepční zhodnocení dílčích částí

vodního díla a navržení takových opatření, která by projektantovi poskytla zřetelné vodítko při rozhodování o vhodném typu sanačního zásahu. V potaz je také brána požadovaná životnost stávajících konstrukčních prvků.

3. Stručný popis posuzovaných konstrukcí

Předmětné odpadní chodby bezpečnostního přelivu a spodních výpustí jsou součástí vodního díla Zaječice. Vodní dílo patří do soustavy náhradních opatření za nádrž Dřínov, mezi něž současně patří i vodní dílo Újezd a vodní dílo Velký Otavický rybník.

Vzdouvací objekt (hráz) vodního díla je zemní sypaný s kótou koruny hráze 291,4 m nad mořem. Délka koruny hráze je cca 830 m s šířkou od 4 do 5 m. Maximální výška hráze nad úrovní terénu je cca 6,8 m.

Výstavby objektu probíhala v období 1973 až 1976. Součástí objektu je předsazený sdružený objekt se spodními výpustěmi a bezpečnostním přelivem. V hodní oblasti se tak nachází oboustranný žlabový bezpečnostní přeliv s odvodem přepadu do odpadní chodby. Teprve pod ní je situována další odpadní chodba spodních výpustí. Průřez spodních výpustí je 2 x DN 600 s kapacitou 2 x 2,4 m³/s.

Zkoumané odpadní chodby jsou monolitické, železobetonové, opatřené třemi dilatačními celky. Výška odpadních chodeb je cca 2,3 m a šířka cca 7 m. Horní chodba bezpečnostního přelivu je vyšší na úrovni cca 3,2 m. Celková délka chodeb je cca 28 m. Dilatační spáry byly v době výstavby těsněny gumovým klínem, vtlučeným do dilatace. Současně byl klín vtlučen do maltového lože a z horního líce dodatečně převrstven cementovým tmelem. Původní dotěsnění bylo dle projektové dokumentace provedeno jemnozrnnou cementovou maltou s nižší pevností. Po vtlačení gumového klínu do dilatační spáry byla oblast opatřena řídkým natíratelným cementovým pačokem a teprve dodatečně bylo provedeno vyplnění spáry hutnějším maltovým tmelem. Opět se jednalo o maltu na bázi cementu. Do této výplně se pak vkládal ocelový těsnicí prvek.

4. Metodika provedených zkoušek stavebně technického průzkumu

Dílčí oblasti předmětného vodního díla byly nejprve podrobeny vizuální prohlídce a akustickému trasování. Cílem vizuálního hodnocení bylo zachytit aktuální stav konstrukcí a kvantifikovat rozsahy defektů, a to tabelární formou.

V případě akustického trasování byly zachyceny na konstrukci dutiny v podpovrchových oblastech, které identifikují skrytě probíhající korozi výztuže. To je zjišťováno sunutím ocelové kuličky, fixované na tyči po zkoumaném povrchu. Změnou ozvuku je tak identifikována delaminovaná oblast, tedy oddělené krycí vrstvy betonu nad výztuží.

Povrchové vrstvy všech zkoumaných konstrukčních prvků byly ověřeny na pevnost betonu v tlaku pouze nedestruktivní zkouškou, stanovenou Maškovým špičákem. Metoda vychází ze zarážení speciálního ocelového sondovacího dláta dvaceti údery pod povrch náhodně vybraného zkušebního místa palicí o hmotnosti 2 kg. Hloubka vniku Maškova špičáku je měřeným parametrem, který se pomocí obecného kalibračního vztahu převádí na pevnost betonu v tlaku. Použitý obecný kalibrační vztah má toleranční meze $\pm 20\%$ a jeho přesnost je srovnatelná s metodou Schmidtova tvrdoměru podle ČSN 73 1373. Výhodou špičákové metody je, že není náchylná k poměrně značné vlhkosti či k mírnému poškození povrchových vrstev, jako je tomu např. u metody Schmidtova tvrdoměru.

V přístupných povrchových oblastech bylo provedeno stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží. Ke stanovení byl použit magnetický indikátor výztuže Profoscope (Proceq, Švýcarsko), který umožňuje stanovit tloušťku krycí vrstvy betonu nad výztuží s přesností ± 1 mm. Tloušťka zkarbonatované vrstvy byla stanovována kolorimetrickým testem tak, že na prach, vynášený při příklepovém vrtání, bylo sprejem aplikováno kolorimetrické činidlo – fenolftalein. Tloušťka zkarbonatované vrstvy je identifikována stavem, kdy dojde k barevnému přechodu vynášeného prachu na temně fialovou. V tomto okamžiku je zastaveno vrtání a hloubka návrtu je považována za tloušťku zkarbonatované vrstvy.

Porovnání souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy umožňuje posoudit, zda se výztuž nachází již ve zkarbonatované oblasti, či je dosud v alkalickém betonu, jehož alkalitou je pasivována a chráněna před rozběhem elektrochemické koroze. Porovnání obou souborů tedy umožňuje posoudit korozní stav výztuže i v oblastech, které dosud nejsou vizuálně poškozeny oddělením krycích vrstev.

Provedené zkoušky probíhaly v souladu s českými normami, popř. s harmonizovanými tzv. Evropskými normami. Některé zkoušky vycházejí z technických podmínek pro sanace železobetonových konstrukcí TP SSBK III s využitím dlouhodobých zkušeností zpracovatelů stavebně technického průzkumu. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příložených tabulkách.

4.1 Vizuální hodnocení stavu konstrukcí

Odpadní chodba spodních výpustí

Předmětné železobetonové monolitické konstrukce odpadní chodby spodních výpustí vykazují především rozsáhlejší korozi výztuže, která je nejvíce zřetelná na spodním líci stropní desky. Již z doby výstavby je zřejmé mělké uložení výztužných prutů, kde tloušťka zkarbonatované vrstvy již přesáhla osnovu výztuže. V praxi toto znamená, že u stropní konstrukce probíhá plošně koroze výztuže i v oblastech, které prozatím nejsou postiženy oddělením krycích vrstev.

Konstrukce		stěny	strop
Rozsah porušení betonu /m ² /	0 - 5 mm	17	30
	5 - 30 mm	16	25
Hůře probetonováno	nad 30 mm	6,5	6
Trhliny	/m/	12,5	-
Šířka trhlin	/mm /	0,1 - 0,4	-
Rozsah koroze výztuže	odhalená výztuž /m/	30	139
Úbytek materiálu	/mm/	2 - 3	3 - 6
Dutiny	/m ² /	7	27
Průsaky	/m ² / Aktivní / Neaktivní	-	A - dilatace 2x
Výluhy	/m ² /	4,5	7
Úsada mechu		65%	-

V rámci vizuálního hodnocení stavu konstrukce je zřejmé, že rozsah koroze výztuže v celkové délce 139 m je způsoben především nedostatečnou hloubkou uložení výztuže, na

kteřé expanzní účinky korozních zplodin prozatím nepoškozují okolní železobetonovou konstrukci nikterak dramaticky. Úbytky materiálu na výztuži se pohybují převážně v intervalu od 3 do 6 mm, v lokálních oblastech až do 8 mm. Důležitým parametrem jsou také oddělené krycí vrstvy betonu nad výztuží v rozsahu 27 m².

Poměrně značné narušení, především průsaky, vykazují těsněné dilatační spáry. Dlouhodobé zatékání do konstrukčního prvku v dané oblasti je zřejmé, neboť je v některých částech doprovázeno výluhy. Lze tedy předpokládat, že funkčnost původních pryžových těsnicích klínů a zálivkové malty včetně ocelových těsnicích prvků je dožitá a prakticky nefunkční.

Současně výše uvedená tabulka dokládá, že železobetonové prvky vyžadují standardní sanační zásah, který by byl zacílen na posílení krycí vrstvy betonu nad výztuží především u stropní konstrukce.

Na stěnách jsou zřejmé také nedostatečně dotěsněné vzniklé pracovní spáry, které jsou převážně doprovázeny uhličitánovými výluhy. Koroze výztuže u stěn je spíše bodového charakteru a jedná se především o rádlovací výztuž.

I v tomto směru je nutné upozornit, že stávající posuzované konstrukční prvky jsou dožité a pro prodloužení životnosti konstrukce bude nezbytné přikročit k sanačnímu zásahu, který by konstrukci dlouhodobě stabilizoval.

Za zmínku také stojí, že v oblasti výpustí je situován dělicí železobetonový monolitický pilíř, který je vybaven ocelovými drážkami pro hradidla. Ocelová konstrukce, byť je ošetřena ochranným nátěrem, vykazuje poměrně rozsáhlé korozní napadení. Prozatím nejsou zřejmé zásadnější úbytky materiálu. Stejně tak samotné spodní výpusti vykazují korozní napadení konstrukce s úbytky materiálu až do 2 mm. Úsady vody v dané oblasti, především v trubním systému vykazují napadení hnilobou.

Odpadní chodba bezpečnostního přelivu

V rámci zkoumaného úseku odpadní chodby bezpečnostního přelivu je součástí vizuální prohlídky konstrukce i spodní líc mostovky ke sdruženému objektu a současně přelivná bezpečnostní pole směrem od odpadní chodby.

Na základě vizuální prohlídky lze jednoznačně konstatovat, že korozní napadení především u stropní konstrukce odpadní chodby bezpečnostního přelivu je výrazně menší.

Odhadovaná délka viditelné koroze výztuže je cca 80 m s úbytky materiálu od 3 do 6 mm. S tím souvisí také lokální poškození betonu v okolí korodující výztuže, které je významně menší. Naopak i zde platí, že průsaky dilatačních spár jak u stropní konstrukce, tak u stěn jsou poměrně značné, a to především v místě styku bezpečnostního přelivu a návazné části stěny chodby. Těsnění dilatačních spár je tak dožité a je nezbytné doporučit jejich vhodnější dotěsnění.

Konstrukce		stěny	strop
Rozsah porušení betonu /m ² /	0 - 5 mm	18	20
	5 - 30 mm	10	15
Hůře probetonováno	nad 30 mm	4	4
Trhliny	/m/	16	-
Šířka trhlin	/mm /	0,1 - 0,4	-
Rozsah koroze výztuže	odhalená výztuž /m/	15 bodová	80
Úbytek materiálu	/mm/	2	3 - 6
Dutiny	/m ² /	5	18
Průsaky	/m ² / Aktivní / Neaktivní	A/4 přeliv	A/2 dilatace
Výluhy	/m ² /	8	3
Úsada mechu		40%	-

Zmiňované dilatační spáry jsou doprovázeny uhličitánovými výluhy, což je propagací dlouhodobého zatékání do konstrukce. Zpětné dotěsnění pracovních spár je poměrně problematické, přesto je nezbytné v rámci sanačního zásahu o tomto kroku uvažovat a provést jej s velkou pečlivostí.

U obvodových stěn je prakticky zřejmá pouze bodová koroze výztuže v celkovém rozsahu cca 15 m, neboť opět se jedná spíše o rádlovací dráty. Akustické trasování v některých oblastech prokázalo lokálně výskyt dutin na ploše odhadované 5 m².

V rámci řešení přelivných polí bezpečnostního přelivu do odpadní chodby je zřejmé v některých oblastech lokální mrazové narušení s hloubkou poškození až 30 mm v daných oblastech. Jedná se především o nedotěsněné, resp. nefunkční dilatační spáry. Zřejmé je také v některých oblastech horší probetonování konstrukce, pocházející z doby ukládky betonu do bednění.

Cílem sanačních prací bude tedy vhodná volba technologického zpracování a materiálu pro dotěsnění pracovních spár a dilatací. To bude pro vnímání úspěšnosti sanačního zásahu poměrně klíčové.

4.2 Vyhodnocení výsledků zkoušek

V rámci provedeného průzkumu odpadních chodeb bezpečnostního přelivu a spodních výpustí byla ověřena pouze pevnost betonu v tlaku nedestruktivně na povrchu konstrukce špičákovou metodou. To umožňuje ověřit homogenitu a kvalitu povrchové vrstvy, resp. její způsobilost pro sanační zásah.

Na vnitřním líci obvodových stěn zkoumaných chodeb byla zjištěna průměrná pevnost betonu v tlaku nedestruktivně 41,1 MPa, což odpovídá přepočtené charakteristické pevnosti betonu v tlaku 36,1 MPa. Na základě dostatečného statistického jištění lze uvedené výsledky zařadit do pevnostní třídy C 25/30 podle platné ČSN EN 206.

Spodní líc stropní desky vykazuje průměrnou hodnotu pevnosti betonu v tlaku, stanovenou nedestruktivně na povrchu konstrukce, 38,7 MPa, což odpovídá přepočtené charakteristické pevnosti betonu v tlaku 31,0 MPa. Uvedené hodnoty lze na základě dostatečného statistického jištění zařadit spolehlivě do pevnostní třídy C 25/30 podle platné ČSN EN 206.

Na základě výše uvedených výsledků zkoušek lze jednoznačně konstatovat, že povrchové vrstvy zkoumaných konstrukcí nevykazují zásadnější snížení mechanických vlastností betonu a lze je nadále považovat za zcela vyhovující.

V rámci souboru provedených zkoušek byly předmětné stěny a stropní desky odpadních chodeb dále podrobeny nedestruktivním zkouškám s cílem zachytit aktuální korozní stav výztuže uvnitř konstrukce. To je provedeno na základě porovnání souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy, což umožňuje v nepoškozených oblastech prognózovat vývoj koroze výztuže v delším časovém horizontu.

Konstrukce - povrch	Veličina	min [mm]	max [mm]	Průměrná hodnota [mm]	Stav ochrany výztuže alka- litou betonu
Obvodové stěny odpadních chodeb	krytí	13	52	37,5	Výztuž není chráněna
	karbonatace	22	30	25,6	
Spodní líc stropních desek (odpadní chodby)	krytí	5	30	16,6	Výztuž není chráněna
	karbonatace	24	37	30,2	

Z výše uvedených výsledků zkoušek jednoznačně vyplývá, že prakticky veškerá výztuž v konstrukci již je situována ve zkarbonatované oblasti betonu. Ztráta pasivační schopnosti betonu je dána hloubkou zkarbonatované vrstvy, kde pokles alkality je poměrně výrazný, což se projevuje rozběhem koroze výztuže. Přesto je zřejmé, že expanzní účinky korozních zplodin na výztuži nejsou natolik účinné, aby docházelo k zásadnějšímu poškození výztuže, resp. betonu v jejím okolí.

Tomuto stavu také odpovídá vizuální hodnocení konstrukce, kde s ohledem na prostředí jsou sice viditelné degradační procesy a koroze výztuže, avšak nejedná se o výraznější poškození, které by neumožnilo provést cílený sanační zásah s tendencí posílit krycí vrstvy betonu nad výztuží a pokusit se o jejich realkalizaci.

5. Závěr a doporučení sanačního zásahu

Na základě provedeného stavebně technického průzkumu odpadních chodeb spodních výpustí a bezpečnostního přelivu na vodním díle Zaječice jsou níže formulovány výsledky provedených zkoušek a současně doporučení vhodného typu sanačního zásahu pro oba zkoumané objekty.

- Na základě vizuálního hodnocení stavu objektu je možné jednoznačně konstatovat, že především konstrukční prvky stropních desek obou zkoumaných objektů jsou postiženy korozí výztuže a především jejich mělkou hloubkou uložení.
- Současně byly na konstrukcích zaznamenány nefunkční dilatační spáry, které v rámci konfigurace objektu vzájemně protékají a poškozují stávající beton v jejich okolí. Některé oblasti jsou také postiženy nedotěsněnými pracovními spárami.

- Oblasti, které jsou situovány v nadzemní části, tedy v místě bezpečnostních přelivů, jsou na svém povrchu v některých oblastech lokálně zasaženy degradací, způsobenou mrazovými cykly. I když nebyla mrazuvzdornost betonu ověřována, je možné se domnívat, že konstrukční prvky jsou vystavěny z nemrazuvzdorného betonu a při plánování sanačního zásahu je nezbytné na tyto okolnosti brát dostatečný zřetel. Zmiňované dilatační spáry či nedotěsněné pracovní spáry z doby ukládky betonu do bednění vykazují doprovodné jevy v podobě uhličitánových výluhů, což znamená, že do konstrukčních prvků v daných oblastech dlouhodobě zatéká a dochází k vyluhování hydraulického pojiva z cementové matrice betonu.
- Prakticky nejsou defekty na stěnách zásadnějšího charakteru a i zastižené trhliny jsou v případě stěn či stropu dobře sanovatelné. Stejně tak hůře probetonované oblasti v místě stěn či právě zmiňovaných horizontálních pracovních spár.
- Z hlediska pevnosti betonu v tlaku jsou zkoumané konstrukční prvky nadále spolehlivě využitelné, neboť výsledky zkoušek potvrdily jejich zařazení do pevnostních tříd na úrovni C 25/30 podle platné ČSN EN 206. Homogenita povrchových vrstev je v některých oblastech výrazně snížena až na úroveň třídy cca C 16/20, avšak jedná se pouze o povrchové degradace, které budou odstraněny v rámci předúpravy povrchu.
- Nepříznivý je stav predikce koroze výztuže, neboť většina výztužných prutů již se nachází ve zkarbonatované oblasti, kde ztráta pasivační schopnosti alkality betonu na výztuži je již zcela ztracena, což v praxi znamená, že uvnitř konstrukčního prvku probíhá ve většině případů skrytě koroze výztuže. Podstatou sanačního zásahu tedy bude omezení dalšího rozvoje koroze výztuže a současně posílení krycích vrstev.

Doporučení sanačního zásahu

Podstatou všech prováděných sanačních prací by mělo být odstranění příčin zatékání do konstrukčního prvku. Avšak velmi důležité je provést citlivou a velmi pečlivou předúpravu povrchu, jejímž cílem je otevření struktury betonu tak, aby byla zajištěna spolehlivá adheze

nově zbudovaných povrchových vrstev k podkladnímu betonu. Tento krok se doporučuje ověřit na referenční ploše, tedy s ohledem na účinnost tryskacích tlaků a pokud vyhoví, je možné provést předúpravu celoplošně.

Oblasti, zasažené korozí výztuže, bude nezbytné mechanicky osekát a korodující výztuž po obou stranách odhalit tak, aby bylo možné na jejím povrchu odstranit stávající korozní zplodiny. To se doporučuje provést buď pomocí vysokotlakého vodního paprsku, nebo pískováním. Na očištěnou výztuž doporučujeme aplikovat shodný adhezni můstek nebo ochranný antikoroziní nátěr s inhibitory koroze. Teprve poté je možné provést lokální opravu v dané oblasti do původního tvaru konstrukce.

Dalším podstatným krokem bude dotěsnění pracovních spár a trhlin. V případě trhlin se doporučuje provést dotěsnění pomocí rychletuhnoucích těsnicích tmelů s krystalizační přísadou (např. Xypex Admix nebo Xypex Patch'n Plug). V oblasti trhliny se vyseká pomocí sekáče na minimální šířku 5 mm žlábek, který se po vysátí provlhčí a vyplní pomocí zmiňovaného materiálu (např. Xypex Patch'n Plug) v konzistenci odpovídající tmelu – Dry pack. V místě kotvení ocelových prvků nebo v místě nebezpečí pohybu spáry, resp. trhliny se doporučuje provést převrstvení dané oblasti pomocí materiálu na bázi MS polymeru v tloušťce 1 mm.

Samotné těsnění dilatačních spár je výrazně problematické a lze k němu v podstatě přistoupit dvěma způsoby. U menších dilatačních spár, jako jsou např. spáry v oblasti přelivných polí bezpečnostního přelivu směrem do odpadní chodby, se doporučuje použít polyetylenové těsnicí provazce s uzavřenými buňkami, kde se do předem vysekaného žlábků vkládá těsnicí provazec o průměru o cca 20 % větším než je šíře spáry. Poměr šířky spáry a hloubky vyplnění tmelem by neměl překročit 2:1. Vyplnění spáry se provádí pomocí trvale pružného tmelu v konzistenci dle místa aplikace (v případě spáry širší než 50 mm je potřeba spáru vyplnit nejprve na okrajích a následně doplnit tmel na úroveň spáry do obecných zásad pro tmelení), a to na bázi tmelu z MS polymerů (např. Wodaflex LQ nebo Wodaflex TH nebo Wodaflex Tmel). Danou oblast se doporučuje převrstvit hydroizolačním tmelem na bázi MS polymerů, a to cca 30 cm na každou stranu v místě aplikace těsnění.

Objektové dilatace, probíhající napříč odpadních chodeb, které v současnosti výrazně protékají, se doporučuje těsnit odlišným způsobem, a to EPDM pásů Sikadur – Combiflex SD-20 M. Jedná se o pružný hydroizolační pás na bázi pružného polyelfínu s pokročilými adhezními vlastnostmi. Jedná se o systémové řešení, které je třeba k povrchu mechanicky

přikotvit a tímto způsobem danou oblast dotěsnit. Pásky se vkládají do pružného epoxidového tmelu. V rámci produktových listů stávajícího výrobku bývají také podrobně popsány technologické postupy pro aplikaci.

Teprve po ukončení všech těchto procesů je možné na předupravený povrch plošně aplikovat především u stropní konstrukce migrující inhibitory koroze. Ty umožní vytvořit izolant na povrchu výztuže a zabránit tak dalšímu průběhu koroze či jejímu vývoji. Rozsah koroze výztuže již nelze zcela neodvratně zastavit, avšak vhodným sanačním zásahem jej lze výrazně zpomalit. Cílem sanačního zásahu by mělo být prodloužit životnost stávajících železobetonových prvků vodního díla v řádu více než 20 let.

Migrující inhibitory koroze jsou chemická činidla, která brání vytváření anodických oblastí na výztuži. Princip použití inhibitoru, spočívá v nanášení roztoku na konstrukci, který v sobě obsahuje inhibitory koroze, rozpuštěné v polyalkoholech na povrchu betonu. Tyto látky mají obrovskou schopnost penetrace a migrace k výztuži. Toho je využito také kapilární elevací pórového systému betonu.

Povrchově nanášený inhibitor penetruje do betonu v kapalně a později plynné fázi. Na výztuži vytvoří 100 až 1000 angströmů silnou chemickou vrstvu, která nahrazuje hydroxylové skupiny a chloridové ionty na povrchu výztuže. Tímto omezuje přístup kyslíku na katodě a rozpuštění železa na anodě. Většina inhibitorů má dvojí efekt. Je to anodický i katodický inhibitor při relativně malé koncentraci. Účinnost inhibitoru koroze se projevuje v horizontu tří až pěti let.

Je velmi důležité si uvědomit, že povrchově nanášené migrující inhibitory koroze nejsou zázrakem, co zastavuje korozi výztuže, ale umožňují ji výrazně zpomalit. Vzhledem k výše uvedeným poznatkům a zjištěním na výztuži uvnitř zkoumané konstrukce lze kombinací inhibitorů koroze včetně plošného sanačního zásahu, tedy reprofilačních vrstev, zajistit spolehlivou životnost v požadovaném časovém horizontu.

Po aplikaci inhibitoru koroze na spodní líc stropní desky se doporučuje celoplošná sanace uvnitř prostoru odpadních chodeb, kde na spodním líci stropní desky se doporučuje minimální tloušťka reprofilačních vrstev na úrovni 20 mm. U stěn lze uvažovat tloušťku 8 mm. Doporučují se pro plošné aplikace materiály s omezeným obsahem polymerů, které mají negativní dopad na prodyšnost konstrukce. Opět i v tomto případě platí, že součástí technologické a materiálové koncepce pro sanační zásahy musí být využito takových materiálů, které mají velký difúzní odpor a jejich prodyšnost není výrazněji omezena.

Uzavření vlhkosti uvnitř konstrukčního prvku je tedy z hlediska požadované další životnosti a funkčnosti konstrukce nežádoucí, neboť předpokládáme, že konstrukce je vystavěna z nemrazuvzdorného betonu. Pokud by byly materiály vysoce neprodyšné, uzavřením vlhkosti bude podpovrchová oblast promrzat a dojde k oddělení dodatečně aplikovaných oblastí od podkladu a k jejich následnému rozpadu.

Nedoporučuje se v žádném případě na povrch konstrukce aplikovat ochranné nátěry.

6. Rozsah sanačních prací

V rámci hodnocení stavu konstrukcí je nutné také konstatovat, jaké jsou požadavky, resp. potřeby zkoumaných konstrukčních prvků pro jednotlivé kroky sanačního zásahu. V podstatě je zcela nezbytné vnímat, že spodní líc stropních konstrukcí obou odpadních chodeb jak spodních výpustí, tak i bezpečnostního přelivu musí být sanovány celoplošně. Probíhající koroze výztuže na spodním líci stropních konstrukcí je poměrně rozsáhlá a při aktuálním stavu konstrukce je odhadovaná životnost stávajících prvků na úrovni 15 let bez sanačního zásahu. Je však nezbytné předpokládat, že bude docházet k prohlubování poškození konstrukce. Cíleným sanačním zásahem je možné prodloužit životnost stávajících konstrukčních prvků o dalších 20 let, tedy na úroveň cca 35 let životnosti. Lokální opravy v daných oblastech však toto neumožňují a zkracují životnost v řádu 10 let.

Je tedy nezbytné vnímat skutečnost takovou, že spodní líc stropních konstrukcí obou odpadních chodeb je nezbytné sanovat dle výše uvedených postupů celoplošně v minimální tloušťce 15 mm tak, aby byla posílena krycí vrstva betonu nad výztuží.

Dalším podstatným krokem který je třeba v daném případě opravdu vyřešit, je dotěsnění stávajících dilatačních spár, kde původně vtloukané gumové klíny a jejich převrstvení jsou prakticky dožité a nefunkční. Dle výše uvedených postupů tedy doporučujeme, aby dilatační spáry byly dodatečně dotěsněny a vyplněny speciálními maltovinami dle výše uvedených postupů. **Tento krok považujeme za zcela zásadní, který bez jeho provedení či většího odkládání výrazně zkracuje životnost konstrukce. I v tomto případě je důležité si uvědomit, že pokud tento krok není realizován, je aktuální životnost konstrukce na úrovni 15 let bez sanačního zásahu, ovšem s předpokladem, že dojde k výraznějšímu poškození konstrukce, kde nejspíše nebude možné garantovat**

požadovanou životnost konstrukce. Při větším poškození dilatačních spár je pak dodatečné dotěsnění ještě více problematické.

U obvodových stěn je možné uvažovat dvěma směry, a to celoplošným sanačním zásahem nebo lokálními opravami. **U výše zmiňovaných konstrukcí stropu a dilatačních spár toto zjednodušení sanačních postupů nelze připustit.**

Lokální opravy stěn by se týkaly v daných oblastech především hůře probetonovaných partií konstrukce, nebo oblastí s trhlinami či degradací. Opět lze uvažovat, že aktuální životnost konstrukcí bez sanačního zásahu je na úrovni 15 let. S lokálními opravami lze uvažovat s prodloužením životnosti v řádu 8 až 10 let. Při celoplošné sanaci konstrukce je nárůst životnosti v řádu dalších cca 20 let.

Je tedy nezbytné vnímat tyto kroky jak z hlediska finanční zatížitelnosti plánovaných sanačních zásahů, tak i jejich efektivitu a současně možnosti, které budou garantovat požadovanou životnost.

Nejlepším krokem pro stabilizaci a dlouhodobou funkčnost stávajících konstrukčních prvků je provedení celoplošných sanací, avšak s ohledem na finanční zátěž v tomto případě lze připustit i provedení pouze lokálních oprav.

Cílem všech sanačních zásahů by mělo být zpomalení chátrání povrchových vrstev, které jsou výrazně namáhány klimatickými jevy a v zimním období především mrazovými cykly. V aktuálním stavu je další životnost konstrukce bez sanačního zásahu na úrovni 15 let, avšak je nezbytné vnímat, že se jedná již o dožití konstrukčních prvků, které v podstatě sanační zásah z dlouhodobého hlediska potřebují.

**Vyhodnocení výsledků zkoušek tabelárně
VD Zaječice**

Přehled výsledků zkoušek - VD Zaječice

Parametr / Konstrukční prvek	Odpadní chodba spodních výpustí	
	obvodové stěny	spodní líc stropní desky
Průměrná pevnost betonu v tlaku /MPa/ - nedestruktivně	41,1	38,7
Charakteristická pevnost betonu v tlaku /MPa/ - nedestruktivně	36,1	31,0
Třída betonu	C 25/30	C 25/30
Tloušťka krycí vrstvy /mm/	37,5 (13 - 52)	16,6 (5 - 30)
Tloušťka zkarbonatované vrstvy /mm/	25,6 (22 - 30)	30,2 (24 - 37)

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce: **VD Zaječice**
Konstrukce: Odpadní chodba spodních výpustí - obvodové stěny
Datum zkoušky: 21.02.2022
Teplota vzduchu: 6,0°C
Vlhkost vzduchu: 70,0%
Typ zkušebního přístroje: Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R_{be} [MPa]
1	obvodové stěny	10	41,1
2	obvodové stěny	9	44,3
3	obvodové stěny	11	38,0
4	obvodové stěny	10	41,1
5	obvodové stěny	11	38,0
6	obvodové stěny	9	44,3
Průměr [MPa]		41,1	
Sm. odchylka [MPa]		2,6	
Variační koef. -		6,2%	
k_n -		1,98	
R_{bg} [MPa]		36,1	
Třída betonu		C 25/30	

Výsledky stanovení tloušťky krycí vrstvy výztuže

Akce:

VD Zaječice

Konstrukce:

Odpadní chodba spodních výpustí - obvodové stěny

Datum zkoušky:

21.02.2022

Teplota vzduchu:

6,0°C

Vlhkost vzduchu:

70,0%

Typ zkušebního přístroje:

Profoscope +

Zkoušená oblast	Tloušťka krycí vrstvy [mm]														
obvodové stěny	23	25	45	41	25	13	15	45	44	46	52	49	50	46	44
Statistické vyhodnocení:	x=37,5mm s=12,9mm n=15 v=34,3%														

Stanovení tloušťky zkarbonatované vrstvy

Akce:

VD Zaječice

Konstrukce:

Odpadní chodba spodních výpustí - obvodové stěny

Datum zkoušky:

21.02.2022

Teplota vzduchu:

6,0°C

Vlhkost vzduchu:

70,0%

Typ zkušebního přístroje:

Fenolftaleinový test

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
obvodové stěny	27	22	30	25	24		
Statistické vyhodnocení:	x=25,6mm			s=2,7mm			
	n=5			v=10,7%			

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce:

VD Zaječice

Konstrukce: Odpadní chodba spodních výpustí - spodní líc stropní desky

Datum zkoušky: 21.02.2022

Teplota vzduchu: 6,0°C

Vlhkost vzduchu: 70,0%

Typ zkušebního přístroje: Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R_{be} [MPa]
1	stropní deska	11	38,0
2	stropní deska	9	44,3
3	stropní deska	10	41,1
4	stropní deska	10	41,1
5	stropní deska	13	32,6
6	stropní deska	12	35,2
Průměr [MPa]		38,7	
Sm. odchylka [MPa]		3,9	
Variační koef.		10,1%	
k_n		1,98	
R_{bg} [MPa]		31,0	
Třída betonu		C 25/30	

Výsledky stanovení tloušťky krycí vrstvy výztuže

Akce:

VD Zaječice

Konstrukce:

Odpadní chodba spodních výpustí - spodní líc stropní desky

Datum zkoušky:

21.02.2022

Teplota vzduchu:

6,0°C

Vlhkost vzduchu:

70,0%

Typ zkušebního přístroje:

Profoscope +

Zkoušená oblast	Tloušťka krycí vrstvy [mm]														
stropní deska	5	7	13	10	20	22	27	19	11	16	30	25	22	27	11
	9	18	10	10	19	22	25	23	16	13	10	9	8	18	24
Statistické vyhodnocení:	x=16,6mm				s=6,9mm										
	n=30				v=41,5%										

Stanovení tloušťky zkarbonatované vrstvy

Akce:

VD Zaječice

Konstrukce:

Odpadní chodba spodních výpustí - spodní líc stropní desky

Datum zkoušky:

21.02.2022

Teplota vzduchu:

6,0°C

Vlhkost vzduchu:

70,0%

Typ zkušebního přístroje:

Fenolftaleinový test

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
stropní deska	24	29	30	37	31		
Statistické vyhodnocení:	x=30,2mm			s=4,2mm			
	n=5			v=13,8%			

Průvodní fotodokumentace průzkumu VD Zaječice

