

Objednatel:

Vodohospodářské inženýrské služby, a.s.

Křížová 472/47

Praha 5

Stavebně technický průzkum vodojemu Klášter - Hradiště



Zpracoval:

Miroslav Gottwald
hlavní technik diagnostiky staveb

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

Schválil:

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

[Signature]
Doc. Ing. JIRÍ DOHNÁLEK, CSc.
inženýr pro zkoušení a diagnostiku staveb
ČKAIT - 0003854

Praha, květen 2019

1. Obsah

1. Obsah	2
2. Úvod.....	3
3. Stručný popis posuzovaného vodojemu.....	4
4. Metodika provedených zkoušek a jejich výsledky	4
4.1 Akumulační nádrž.....	7
Vizuální prohlídka.....	7
Vyhodnocení výsledků zkoušek.....	7
4.2 Armaturní prostor	10
Vizuální prohlídka.....	10
Vyhodnocení výsledků zkoušek.....	11
4.3 Nadzemní objekt	12
Vizuální prohlídka.....	12
Vyhodnocení výsledků zkoušek.....	13
5. Celkové zhodnocení výsledků zkoušek a doporučení nápravných opatření.....	15
5.1 Akumulace	15
Doporučený sanační zásah pro akumulaci nádrží	16
5.2 Armaturní prostor.....	16
Doporučený sanační zásah armaturního prostoru.....	17
5.3 Nadzemní objekt	18
Doporučený sanační zásah nadzemního objektu	20

2. Úvod

Na základě objednávky firmy Vodohospodářských a inženýrských služeb, a.s. byl proveden dne 27. 3. 2019 stavebně technický průzkum vodojemu Klášter - Hradiště.

Stavebně technický průzkum byl koncipován tak, aby bylo možné předložit poznatky o kvalitě zkoumaných betonových konstrukcí jako celku a současně definovat rozsahy poškození posuzovaných konstrukcí.

Stavebně technický průzkum byl tak proveden v tomto znění:

- vizuální prohlídka jednotlivých konstrukcí vodojemu, včetně akustického trasování povrchu, korozní úbytky ocelových prvků,
- odběr jádrových vývrtů z povrchu jednotlivých konstrukčních prvků o průměru 70 mm (stěny a dno v akumulční nádrži),
- stanovení pevnosti betonu v tlaku destruktivně na vynesných jádrových vývrtech, včetně objemové hmotnosti betonu,
- podrobná prohlídka a popis pláště jádrových vývrtů s ohledem na možné degradace uvnitř konstrukce, fotodokumentace,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně metodou Maškova špičáku u všech rozhodujících konstrukčních prvků,
- stanovení korozního stavu výztuže uvnitř konstrukcí na základě porovnání souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu,
- ověření přítomnosti alkalické reakce kameniva v betonu uranylacetátovým testem,
- hodnotící zpráva, včetně doporučení pro sanaci objektu a odhadu životnosti sanované konstrukce.

Cílem stavebně technického průzkumu je především popsat co nejpřesněji aktuální stav, kvalitu a rozsah poškození jednotlivých konstrukčních prvků zkoumaného vodojemu a na základě získaných informací doporučit taková nápravná opatření, která povedou ke stabilizaci objektu jako celku.

Předkládaná zpráva tak v tomto směru neřeší pouze formální charakterizaci kvality betonu či jeho korozního stavu výztuže, ale celkové koncepční zbytkové zhodnocení životnosti

objektu a navržení takových opatření, která by projektantovi poskytla zřetelné vodítko při rozhodování o typu potřebného sanačního zásahu.

3. Stručný popis posuzovaného vodojemu

Předmětem stavebně technického průzkumu byl objekt vodojem, který se nachází v oboře Klokočka. Počátek obory je datován do 11. století a její rozloha je 826 ha (8,26 km²). S ohledem na skutečnost, že se v oboře chovají daňci, tak je pro veřejnost nepřístupná.

Dvoukomorový vodojem byl vystavěn v roce 1934. Jedná se o dvě kruhové nádrže s mezilehlým objektem, který tvoří jednak manipulační komoru (nadmenní část) a současně armaturní prostor. Ten je situován pod úrovní terénu.

V době provádění stavebně technického průzkumu byla vypuštěna pouze levá nádrž. Průměr nádrže je cca 7 m a její výška ke spodnímu líci konstrukce (klenutá klenba) je cca 3,8 m. Nádrže jsou ve vrcholu klenby zakončeny tubusem (lucernou). Výška k nejvyššímu místu je cca 5 m. Nádrž je zbudována z monolitického železobetonu.

Samotné akumulční nádrže jsou přesypány zemním valem, který je v čelní části objektu zajištěn opěrnými křídly navazujícími na nadzemní objekt. Zmiňovaná křídla, zajišťující zemní val, jsou vytvořena z monolitického železobetonu.

Nadmenní část objektu je téměř čtvercového půdorysu. Rozměry jsou 3,175 x 3,193 m. Výška na spodním líci stropní desky je cca 2,7 m. Objekt jako celek je postaven z železobetonu a opatřen nátěrem bílé barvy. Objekt má stanovou střechu, která je přístupná z nadzemní části. Výška v nejvyšším místě je 1,94 m.

Armaturní prostor se nachází v suterénní části nadzemního objektu. Půdorys kopíruje nadzemní část, liší se pouze výškou. Ta je v armaturním prostoru cca 2,193 m. Stropní deska je uložena na dvou průvlacích, které jsou vetknuty do obvodových stěn. I tato část byla zbudována z monolitického železobetonu.

4. Metodika provedených zkoušek a jejich výsledky

V rámci celého vodojemu byla provedena nejprve celoplošná vizuální prohlídka, doplněná akustickým trasováním. Jednalo se o prostor levé akumulční nádrže, která byla

v průběhu stavebně technického průzkumu vypuštěna. Dále se vizuální prohlídka soustředila na armaturní prostor a nadzemní objekt. Na závěr byla věnována pozornost i venkovní části vodojemu. Při provádění prohlídky výše uvedených vnitřních prostorů byly ověřeny základní rozměry posuzovaných konstrukcí.

Akustická trasovací metoda umožňuje odhalit dutiny v podpovrchových oblastech a skrytě probíhající korozi výztuže. Ta je zjišťována sunutím ocelové kuličky, fixované na tyči po zkoumaném povrchu. Změnou ozvuku je tak identifikována delaminovaná oblast, tedy oddělené krycí vrstvy betonu nad výztuží.

Na vodojemu Klášter - Hradiště byly celkem odebrány čtyři jádrové vývrty o průměru cca 70 mm. Všechny jádrové vývrty byly vyjmuty v akumulární nádrži. Vývrty byly po odběru fotograficky zdokumentovány a prohlédnuty tak, aby mohla být zhodnocena skladba betonu. Poté byly vývrty rozřezány na válcová zkušební tělesa, která byla využita ke stanovení pevnosti betonu v tlaku. Čela válcových těles byla před zkouškou okoncována speciální sírovou směsí podle ČSN 73 1329. Následně byla tělesa odzkoušena v elektronicky řízeném hydraulickém tlakovém zkušebním stroji EDT 1600.

Nedestruktivně byla pevnost povrchových vrstev betonu jednotlivých konstrukčních prvků stanovena 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.

V přístupných povrchových oblastech bylo provedeno stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží. Ke stanovení byl použit magnetický indikátor výztuže Profometr 5 (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 indikována 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 i v oblastech, které nejsou dosud vizuálně poškozeny oddělením krycích vrstev.

Posouzení přítomnosti alkalické reakce kameniva v betonu bylo provedeno jednoúčelovou fluorescenční metodou dle AASHTO-T-299-93. Test se provádí na odebraných vzorcích z konstrukce, a to tak, aby vznikla čerstvá lomová plocha zkoumaného vzorku. Tento je opláchnut vodou a na něj je nanesen roztok octanu uranylu, kterým je možné detekovat reakční produkty alkalické reakce kameniva, tj. reakční gely. Roztok se nechá reagovat po dobu 3 až 5 minut. Potom je opláchnut vodou a následně je vzorek ve tmě nasvícen UV lampou se světlem vlnové délky 254 nm. Přítomnost ASR gelu se projeví žlutozelenou fluorescencí. Tělesa, podrobená zkoušce, byla fotograficky zdokumentována.

Provedené zkoušky probíhaly v souladu s českými normami, popřípadě 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 Akumulační nádrž

Vizuální prohlídka

Vstup do akumulací nádrže je umožněn z nadzemního objektu pomocí vertikálního ocelového žebříku, který je fixován do obvodové stěny. Povrchy stěn a dna jsou vybaveny hutnou cementovou stěrkou, jejíž tloušťka je na úrovni od 18 do 25 mm.

Vizuální prohlídka jednotlivých konstrukčních prvků nezaznamenala žádné významnější defekty. Pouze povrchové vrstvy vykazují mírnou degradaci. To samé platí i pro stropní konstrukci. Výjimku tvoří pouze oblast tubusu (lucerny), kde byly zaznamenány výluhy. Jedná se o cca 0,5 m².

Za nejslabší článek akumulací nádrže lze označit přístupový ocelový žebřík, který vykazuje korozní napadení. Při případné revitalizaci objektu doporučujeme jeho výměnu.

V oblasti vstupu do akumulací nádrže se nachází trhlina, jejíž šíře nepřesahuje 0,3 mm a délka je cca 1 m. Jedná se o trhlinu, která se propisuje pouze ve stěrce, nikoliv v podkladním betonu.

Vyhodnocení výsledků zkoušek

V rámci provedeného stavebně technického průzkumu byly z povrchu vnitřního líce obvodové stěny a dna celkem odebrány čtyři jádrové vývrty.

Řezáním pak byla z relevantních jádrových vývrtů zhotovena na okružní diamantové pile zkušební válcová tělesa. Ta byla následně podrobena zkoušce pevnosti betonu v tlaku v elektronicky řízeném hydraulickém zkušebním stroji ELE-ADR 250/25, a to na pevnost betonu v tlaku. Výsledky zkoušek byly hodnoceny pro pevnost betonu v tlaku v konstrukci dle ČSN EN 13 791, postupu B. Zařazení do pevnostních tříd pak probíhalo dle normy ČSN EN 206.

Struktura všech čtyř odebraných jádrových vývrtů je obdobná. Jádrové vývrty jsou tvořeny říčním kamenivem s podíly lomového drceného kameniva. Maltový tmel je hutný a spolehlivě obaluje veškerá zrna kameniva.

Na povrchu se nachází hutná cementová stěrka, jejíž tloušťka se pohybuje od 18 mm do 25 mm, a to v případě stěny i dna.

Uvedené výsledky zkoušek jsou pevnosti válcové, tedy pevnosti stanovené na válci o průměru 150 mm a výšce 300 mm.

Současně byly povrchové vrstvy všech zkoumaných konstrukčních prvků uvnitř akumulární nádrže podrobeny nedestruktivním zkouškám s cílem zachytit jejich aktuální kvalitu i homogenitu. Výsledky všech zkoušek jsou uvedeny níže v tabulce.

Konstrukce - povrch	Nedestruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu	Destruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu	Objemová hmotnost
	[MPa]		[MPa]		[kg/m ³]
Vnitřní líc obvodové stěny	41,9	C 30/37	25,44	C 20/25	2309
Dno	35,9	C 25/30	19,92	C 16/20	2243
Spodní líc klenuté klenby	38,1	C 25/30	Nehodnoceno	-	-

Z dlouhodobých zkušeností víme, že průměry menších jádrových vývrtů bývají v případě zkoušek mírně podhodnocovány – v řádu cca 15 %. Je to dáno především kumulací zrn v některých oblastech vývrtů, které vedou ke zlepšení kvality, resp. ke zpevnění konstrukce. V rámci provedeného souboru zkoušek jsou tyto výsledky kalibrovány a upraveny tak, aby jejich statistické jištění bylo bezpečné.

Na základě výše uvedených výsledků zkoušek lze konstatovat, že povrchové vrstvy vykazují vyhovující hodnoty. To samé platí i pro pevnost betonu v tlaku stanovených na jádrových vývrtech. Z hlediska pevnosti betonu v tlaku jsou zkoumané konstrukce vyhovující.

Všechny zkoumané konstrukční prvky byly dále podrobeny nedestruktivním zkouškám s cílem zachytit aktuální korozní stav výztuže uvnitř konstrukce. To je prováděno porovnáním souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu, což umožňuje v nepoškozených oblastech prognózovat vývoj koroze výztuže uvnitř konstrukčních prvků, a to v delším časovém horizontu.

Konstrukce - povrch	Veličina	min	max	Průměrná hodnota	Stav ochrany výztuže alkalitou betonu
		[mm]	[mm]	[mm]	
Vnitřní líc obvodové stěny	krytí	33	35	34	výztuž chráněna
	karbonatace	3	5	3,5	
Dno	krytí	105	110	108,3	výztuž chráněna
	karbonatace	3	4	3,3	
Spodní líc klenuté klenby	krytí	17	54	38,6	výztuž není chráněna
	karbonatace	10	12	10,8	

Z výše uvedených výsledků zkoušek jednoznačně vyplývá, že výztuž u vnitřního líce obvodové stěny a dna se prozatím nachází v alkalickém betonu, jehož alkalitou je pasivována a chráněna před rozběhem koroze výztuže. V tomto směru je konstrukce stabilní.

Nepatrně odlišná situace je v případě spodního líce stropní klenby. Zde sice vizuální prohlídka nezaznamenala žádnou odhalenou korozi výztuže, přesto krajní hodnoty měření ukazují, že v lokálních oblastech klenby dochází ke korozi výztuže, která probíhá skrytě uvnitř konstrukce. Expanzní tlaky korozních zplodin nejsou na takové úrovni, aby způsobily oddělení krycích vrstev betonu nad výztuží.

Dále byla z odebraných jádrových vývrtů zhotovena zkušební tělesa, pro ověření možné kontaminace betonu alkalicko-křemičitými gely, a to jednoúčelovou fluorescenční metodou. Žádné z těles nevykazuje navázání reakčních gelů. Je tedy zcela zřejmé, že konstrukce není zasažena alkalickou reakcí kameniva. Případný sanační zásah tak může být prováděn standardním způsobem, kotvením k podkladu adhezí.

4.2 Armaturní prostor

Vizuální prohlídka

Přístup do armaturního prostoru je v nadzemní části objektu zajištěn pomocí ocelového žebříku, který je fixován do příslušné obvodové stěny. Armaturní prostor je tak situován pod úroveň terénu. V místě prostupu byla změřena i tloušťka stropní desky, respektive podlahy, která je na úrovni 140 mm. Současně se v této oblasti nachází odhalená výztuž s korozními úbytky do 3 mm. Délka odhalené výztuže je cca 0,5 m.

Vizuální prohlídka obvodových stěn nezaznamenala korozi výztuže ani žádné delaminované povrchové vrstvy. Přesto se na stěnách, respektive v napojení stěny a stropu nachází uhličitánové výluhy, a to v rozsahu cca 5 m². Uhličitánové výluhy se nachází i na spodním líci stropní konstrukce. Zde je rozsah na ploše 0,5 m². Výskyt výluhů vychází ze skutečnosti, že do konstrukce dlouhodobě zatéká. Může se jednat o srážkovou vodu, které stéká po valu (přesyp akumulace) a v místě poruch či absence hydroizolačních vrstev je transportována do konstrukce objektu. Na spodním líci stropní desky armaturního prostoru tak může docházet k vytváření vlhkosti vlivem rozdílných teplotních spádů (zeminy a konstrukce).

Obecně je ve zkoumaném prostoru vysoká relativní vlhkost nad úroveň 70%. Při revitalizaci objektu bude nutné na tuto skutečnost brát dostatečný zřetel.

Současně byla na spodním líci stropní konstrukce zachycena trhlina. Její šíře se pohybuje v intervalu od 0,1 mm do 0,2 mm a délka nepřesahuje 1 m. Při pohledu směrem k akumulacím nádrží se v pravém rohu armaturního prostoru nachází trhlina, která se táhne po celou výšku armaturního prostoru a propisuje se i v nadzemní části. Tato trhlina je také doprovázena výluhy, její rozsah byl zahrnut již ve výše uvedené výměře.

Vizuální prohlídka podlahy nezaznamenala žádné významnější defekty. Akustické trasování povrchu neprokázalo výskyt dutin.

Vyhodnocení výsledků zkoušek

V armaturním prostoru byly provedeny pouze nedestruktivní zkoušky s cílem zjistit aktuální kvalitu a homogenitu povrchových vrstev jednotlivých konstrukčních prvků. Výsledky všech zkoušek jsou uvedeny níže v tabulce.

Konstrukce - povrch	Nedestruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu
	[MPa]	
Vnitřní líc obvodových stěn	45,3	C 30/37
Spodní líc stropní desky	43,5	C 30/37
Trám	44,4	C 30/37

Na základě výše uvedených výsledků zkoušek lze konstatovat, že povrchové vrstvy všech zkoumaných konstrukcí vykazují i přes svoje stáří vyhovující hodnoty. Konstrukce jsou v tomto směru nadále spolehlivě využitelné.

Nedestruktivní zkoušky s cílem zachytit aktuální korozní stav výztuže uvnitř konstrukce, byly provedeny porovnáním souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu. Toto porovnání umožňuje prognózovat vývoj koroze výztuže uvnitř konstrukčních prvků, a to v delším časovém horizontu.

Konstrukce - povrch	Veličina	min	max	Průměrná hodnota	Stav ochrany výztuže alkalitou betonu
		[mm]	[mm]	[mm]	
Spodní líc stropní desky	krytí	25	62	39	výztuž chráněna
	karbonatace	3	4	3,3	
Trám	krytí	26	33	29,8	výztuž chráněna
	karbonatace	3	5	4	

Zjištěná průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy betonu nad výztuží je u vnitřního líce obvodových stěn 3,5 mm. Výztuž se nachází zřejmě mimo rozsah měřicího přístroje, a to ve větší hloubce. Magnetický indikátor výztuže je omezen na zachycení hloubky uložení výztuže maximálně do 100 mm.

Z výše uvedených výsledků zkoušek jednoznačně vyplývá, že se výztuž u obou zkoumaných prvků nachází v alkalickém betonu, jehož alkalitou je pasivována a chráněna před rozběhem koroze výztuže. Konstrukce je korozně stabilní minimálně ve střednědobém časovém horizontu.

4.3 Nadzemní objekt

Vizuální prohlídka

Vnitřní část nadzemního objektu je vybavena nátěrem bílé barvy. S ohledem na to, že uvnitř objektu je vysoká vlhkost, dochází postupně k jeho delaminaci, a to v případě jak vnitřního líce obvodových stěn, tak i spodního líce stropní desky. Rozsah delaminace nátěru je v případě vnitřního líce obvodových stěn na úrovni 70 % celkového povrchu. Vysoká vlhkost se projevuje také výskytem plísní, a to v rozsahu 1,5 m². Hodnota relativní vlhkosti uvnitř prostoru je cca 73%. V rámci revitalizace objektu bude nutné tyto hodnoty snížit.

V případě spodního líce stropní desky je degradace nátěru doprovázena i výskytem dutin. Akustická trasovací metoda spodního líce stropní desky zaznamenala delaminaci povrchových vrstev na úrovni 0,5 m². Dále vizuální prohlídka vnitřního líce obvodových stěn zaznamenala trhliny. Jejich šíře se pohybuje v intervalu od 0,2 do 0,4 mm. Rozsah trhlín je na úrovni 4 m. Jak již bylo uvedeno, v armaturním prostoru u pravé akumulční nádrže se nachází vertikální trhlina, jejíž šíře je lokálně na úrovni 1,2 mm. Trhlina probíhá celou výškou nadzemní části objektu.

Podlaha uvnitř prostoru nevykazuje žádné významnější defekty. Akustická trasovací metoda neodhalila výskyt dutin.

Z nadzemní části objektu je přístupný střešní plášť objektu ve tvaru jehlanu. Jedná se o poměrně subtilní skořepinu, jejíž tloušťka byla zjištěna na úrovni cca 100 mm. V místě vstupu

ke spodnímu líci jehlanové střechy byla zachycena trhлина, jejíž šíře se pohybuje v intervalu od 0,1 mm do 0,4 mm. Délka trhliny je cca 0,4 m.

Spodní líc střešního pláště dále vykazuje na 50 % povrchu korozi výztuže. Korozní úbytky jsou na úrovni od 2 mm do 3 mm. Z vizuální prohlídky spodního líce této konstrukce je patrná technologická nekázeň při výstavbě objektu. Nebylo dodrženo dostatečné krytí výztuže (absence distanční výztuže), neboť samotná výztuž byla uložena na dno bednění. Dále vizuální prohlídka zaznamenala degradaci povrchových vrstev betonu, a to lokálně až do hloubky 30 mm.

Vstupní schod do nadzemní části objektu téměř neexistuje. Došlo k jeho úplnému rozpadu, a to zřejmě vlivem mrazové degradace.

Opěrná křídla, která zajišťují zemní val, vykazují nepatrné defekty. Horní líc opěrných křídel vykazuje delaminaci nátěru a pod ním je patrné, že povrchové vrstvy jsou zdegradovány do hloubky cca 5 mm. Z vizuální prohlídky je patrné, že se jedná o mrazovou degradaci. Současně horní líc je zanesen mechovými úsady. Čela opěrných křídel nevykazují žádné významnější defekty. Lokálně byla zaznamenána pouze trhлина do 0,3 mm a rozsah na úrovni 0,5 mm. V zadní části objektu vizuální prohlídka zaznamenala delaminaci nátěru a odhalení zrn kameniva. Hloubka degradace povrchových vrstev betonu je na úrovni 10 mm a plošně se jedná o 3 m².

Střešní plášť nevykazuje známky jakéhokoliv poškození. Za zmínku také stojí skutečnost, že se v okolí akumulčních nádrží nachází vzrostlé stromy. Jejich kořenový systém však nijak neovlivňuje stav akumulční nádrže.

Vyhodnocení výsledků zkoušek

V rámci nadzemního objektu byly provedeny pouze nedestruktivní zkoušky s cílem zjistit aktuální kvalitu a homogenitu povrchových vrstev jednotlivých konstrukčních prvků. Výsledky všech zkoušek jsou uvedeny níže v tabulce.

Konstrukce - povrch	Nedestruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu
	[MPa]	
Vnitřní líc obvodových stěn	40	C 25/30
Spodní líc stropní desky	38,1	C 25/30
Spodní líc stanové střechy	20,3	C 12/15
Opěrné křídlo	36,2	C 25/30

Na základě výše uvedených výsledků zkoušek lze konstatovat, že povrchové vrstvy zkoumaných betonů vykazují s ohledem na stáří vodojemu vyhovující hodnoty. Výjimkou je spodní líc jehlanového střešního pláště. Zde je patrné snížení mechanických vlastností betonu. Přesto jsou zkoumané konstrukce nadále spolehlivě využitelné.

Nedestruktivní zkoušky s cílem zachytit aktuální korozní stav výztuže uvnitř konstrukce, byly provedeny porovnáním souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu. Toto porovnání umožňuje prognózovat vývoj koroze výztuže uvnitř konstrukčních prvků, a to v delším časovém horizontu.

Konstrukce - povrch	Veličina	min	max	Průměrná hodnota	Stav ochrany výztuže alkalitou betonu
		[mm]	[mm]	[mm]	
Spodní líc stropní desky	krytí	33	64	44	výztuž chráněna
	karbonatace	10	15	12,8	
Spodní líc stanové střechy	krytí	3	39	18,3	výztuž není chráněna
	karbonatace	16	19	17,5	

Zjištěná průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy betonu nad výztuží je u vnitřního líce obvodových stěn 5 mm a v případě opěrného křídla pak 3,7 mm. V obou případech se výztuž nachází zřejmě mimo rozsah měřicího přístroje. Magnetický indikátor výztuže je omezen na zachycení hloubky uložení výztuže maximálně do 100 mm.

Z výše uvedených výsledků zkoušek jednoznačně vyplývá, že výztuž u spodního líce obvodové stěny se prozatím nachází v alkalickém betonu, jehož alkalitou je pasivována a chráněna před rozběhem koroze výztuže.

Zcela odlišná situace je v případě spodního líce jehlanového střešního pláště. Z výsledků měření je patrné, že uvnitř konstrukčního prvku probíhá koroze výztuže. Tuto skutečnost potvrdila i vizuální prohlídka.

5. Celkové zhodnocení výsledků zkoušek a doporučení nápravných opatření

Na základě provedeného stavebně technického průzkumu jsou níže shrnuty výsledky diagnostických prací, včetně doporučení případných sanačních kroků.

5.1 Akumulace

- Na vnitřním líci obvodových stěn a dna je aplikována hutná cementová stěrka, která má aktuální tloušťku od 18 do 25 mm.
- Žádné další defekty na povrchu stěny a dna zaznamenány nebyly.
- V oblasti tubusu se nachází uhličitánové výluhy, a to na ploše 0,5 m².
- U vstupu do akumulární nádrže se nachází trhлина. Její šíře nepřesahuje 0,3 mm a délka je cca 1 m. Jedná se však o trhlínu ve stěrce.
- Stanovená pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech z povrchu vnitřního líce obvodové stěny odpovídá pevnostní třídě betonu C 25/30. Pevnost povrchových vrstev odpovídá betonu třídy C 30/37 podle ČSN EN 206.

- Stanovená pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech z povrchu dna odpovídá pevnostní třídě betonu C 16/20. Pevnost povrchových vrstev odpovídá betonu třídy C 25/30 podle ČSN EN 206.
- Pevnost betonu v tlaku stanovená nedestruktivně, Maškovým špičákem, na povrchu spodního líce klenuté klenby odpovídá betonu třídy C 25/30 podle ČSN EN 206.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží vnitřního líce obvodových stěn je 34 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 3,5 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží dno je 108,3 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 3,3 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží spodního líce stropní desky je 38,6 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 10,8 mm.

Doporučený sanační zásah pro akumulční nádrž

Na základě výše uvedených poznatků ze stavebně technického průzkumu lze konstatovat, že u jednotlivých konstrukčních prvků (stěna, dno i strop) není nutný sanační zásah. Konstrukční prvky nevykazují žádné defekty a z hlediska mechanických vlastností betonu jsou ve vyhovujícím stavu.

U stropní konstrukce doporučujeme provést demolici tubusu ve vrcholu klenby, díky kterému do akumulční nádrže zatéká. Dotčenou oblast bude nezbytné dobetonovat.

5.2 Armaturní prostor

- V místě prostupu do armaturního prostoru se nachází odhalená výztuž, 0,5 m. Korozní úbytky jsou zde do 3 mm.
- V oblasti napojení stěn a stropní desky se vyskytují uhličitánové výluhy. Jejich rozsah je na úrovni 5 m². Na spodním líci stropní konstrukce se také vyskytují uhličitánové výluhy. Rozsah je v tomto případě na úrovni 0,5 m².

- Dále se na spodním líci nachází trhlina o šíři od 0,1 do 0,2 mm a délce 1m.
- V pravém rohu (při pohledu na akumulární nádrže) se nachází trhlina, která se propisuje do nadzemní části. Tato trhlina je doprovázena výluhy.
- Podlaha nevykazuje žádné defekty.
- Současně se na stěně nachází vertikální trhliny. K jejich propisování je ve stěrci. Délka trhliny je 3,5 m.
- Pevnost povrchových vrstev vnitřního líce obvodových stěn odpovídá betonu třídy C 30/37 podle ČSN EN 206.
- Pevnost povrchových vrstev spodního líce stropní desky, stanovená nedestruktivně, odpovídá betonu třídy C 30/37 podle ČSN EN 206.
- Pevnost povrchových vrstev trámu, stanovená nedestruktivně, odpovídá betonu třídy C 30/37 podle ČSN EN 206.
- Zjištěná průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy je u vnitřního líce obvodové stěny 3,5 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží spodního líce stropní desky je 39 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 3,3 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží trámu je 29,8 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 4 mm.

Doporučený sanační zásah armaturního prostoru

Prvním a zcela zásadním krokem by v armaturním prostoru mělo být snížení relativní vlhkosti pod 60 %. To lze učinit přirozeným či nuceným větráním, nebo lze použít vysoušeče. To ovlivní i samotné vnímání úspěšnosti sanačního zásahu.

Nezbytným krokem sanačního zásahu by mělo být dotěsnění trhliny v pravém rohu u pravé akumulární nádrže, a to nejlépe tlakovou PUR injektáží. Po utěsnění

trhliny by následoval standardní sanační zásah, jak v případě stěn tak i spodního líce stropní desky.

Celoplošnou předúpravu povrchu doporučuje provést vysokotlakým vodním paprskem na úrovni cca 600 až 800 barů. Doporučujeme účinnost preparace povrchu vodním paprskem nejprve ověřit na referenčních plochách (otevření struktury betonu), poté celoplošně.

Následně doporučujeme celoplošnou sanaci vnitřního líce obvodových stěn a stropní konstrukce, a to správkovou maltou – mikrobetonem. Doporučuje se využít materiály pouze na cementové bázi, nikoliv na bázi polymercementů. Minimální tloušťka nově zbudované povrchové vrstvy by měla být cca 8 mm.

S ohledem na výskyt výluhů, který je známkou dlouhodobého zatékání do konstrukce, bude nutné provést obnovu hydroizolačních vrstev a odvodnění samotné konstrukce, tak aby do ní nevnikala další vlhkost.

5.3 Nadzemní objekt

- Na vnitřním líci obvodových stěn i stropní desce dochází k delaminaci nátěru. Rozsah delaminace je na úrovni 70 % povrchu.
- Současně se na stěnách vyskytuje plíseň. Plošně se jedná o 1,5 m².
- Akustická trasovací metoda odhalila na spodním líci dutiny v rozsahu 0,5 m².
- Dalším defektem jsou trhliny. Na vnitřním líci obvodových stěn jsou trhliny od 0,2 mm do 0,4 mm. Délka je na úrovni 4 m. Trhlina z armaturního prostoru má v jistém úseku šíři 1,2 mm.
- Podlaha je bez defektů.
- Oblast vstupu do prostoru stanové střechy je zasažena trhlinou. Trhlina se pohybuje v intervalu od 0,2 do 0,4 mm. Délka je pouhých 0,2 m.
- Vizuální prohlídka stanové střechy zaznamenala korozi výztuže v rozsahu 50 % celkového povrchu. Korozní úbytky jsou do 3 mm. Povrchové vrstvy jsou zasaženy degradací do hloubky 30 mm.

- Opěrná křídla nevykazují žádné významnější defekty. Na horním líci byla zaznamenána degradace povrchových vrstev do hloubky 5 mm.
- Lokálně byla zaznamenána trhлина na opěrném křídle. Trhлина je na úrovni 0,5 m a šíře je do 0,3 mm.
- V zadní části objektu vizuální prohlídka zaznamenala delaminaci nátěru a odhalení zrn kameniva do hloubky 10 mm a plošně jde o 0,3 m².
- Pevnost povrchových vrstev vnitřního líce obvodových stěn odpovídá betonu třídy C 25/30 podle ČSN EN 206.
- Pevnost povrchových vrstev spodního líce stropní desky, stanovená nedestruktivně, odpovídá betonu třídy C 25/30 podle ČSN EN 206.
- Pevnost povrchových vrstev spodního líce stanové střechy, stanovená nedestruktivně, odpovídá betonu třídy C 12/15 podle ČSN EN 206.
- Pevnost povrchových vrstev opěrné křídlo, stanovená nedestruktivně, odpovídá betonu třídy C 25/30 podle ČSN EN 206.
- Zjištěná průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy je u vnitřního líce obvodové stěny 5 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží spodního líce stropní desky je 44 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 12,8 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží spodního líce stanové střechy je 18,3 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 17,5 mm.
- Zjištěná průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy je u vnitřního líce obvodové stěny 3,7 mm.

Doporučený sanační zásah nadzemního objektu

Za zcela zásadní považujeme docílit snížení relativní vlhkosti uvnitř objektu. To lze učinit pomocí přirozeného či nuceného větrání, nebo pomocí vysoušečů. Cílem by mělo být snížení relativní vlhkosti pod 60 %.

Na vnitřním líci obvodových stěn byly zaznamenány trhliny. Před jakýmkoliv zásahem musí být provedeno zapravení trhlin, jejich stabilizace. Doporučuje se provedení dotěsnění trhlin tlakovou PUR injektáží.

V případě vnitřního líce obvodové stěny doporučujeme odstranění stávající povrchové úpravy. Poté bude nezbytným krokem předúprava povrchu a otevření struktury betonu. Následně by pak byla na vnitřní líc obvodových stěn aplikována vhodná povrchová úprava.

Zcela odlišný přístup je u spodního líce jehlanové střechy. Rozsah koroze výztuže a dalších doprovodných defektů, je na takové úrovni, že jakýkoliv sanační zásah by nebyl z hlediska finančních nákladů a současně životnosti přínosný. Z toho důvodu by stálo, za zvážení snesení stávajícího střešního pláště a provést novou výstavbu této konstrukce dle dnešních normativních i materiálových standardů.

Poslední úpravou u nadzemního objektu by byla lokální oprava v zadní části objektu. Zde došlo k oddělení povrchových vrstev betonu. Případnou novou vrstvu doporučujeme kotvit mechanicky.

Nátěr situovaný na vnějším líci stávajícího nadzemního objektu má nízkou difuzní propustnost, proto dochází v lokálních oblastech k jeho delaminaci. Poruchy se tak budou nadále prohlubovat.