

Diagnostika vodárenské věže Bohumín-Pudlov z roku 1961

Objednatel:

Stavební a rozvojová s.r.o.
Ing. Vladimír Cigánek
Na Bunčáku 1018/1,
710 00 Slezská Ostrava, Ostrava

Zhotovitel:

VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Ludvíka Podéště 1875/17
708 00 Ostrava – Poruba

Doc. Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D.
Vedoucí katedry stavebních hmot a diagnostiky staveb

Prof. Ing. Martina Peřínková, Ph.D.
Děkanka Fakulty stavební

Červenec 2022

Identifikační údaje

Objednatel:

Stavební a rozvojová s.r.o.

Zastoupen: Ing. Vladimír Cigánek, jednatel

Sídlo: Na Bunčáku 1018/1, 710 00 Slezská Ostrava, Ostrava

IČO: 25852647

DIČ: CZ25852647

Bankovní spojení: KB a.s. OSTRAVA

19-9934690237/0100

ID datové schránky: **yeb4cg8**

Zhotovitel:

Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Zastoupena: Prof. Ing. Martina Peřínková, Ph.D., děkanka

Sídlo: 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba,

IČO: 61989100

DIČ: CZ61989100

Bankovní spojení: ČSOB, a.s., Hollarova 5, 702 00 Ostrava

CZK: 127089559/0300

EUR: 1017371603/0300

ID datové schránky: d3kj88v

Zodpovědný řešitel:

Ing. Filip Khestl, Ph.D.

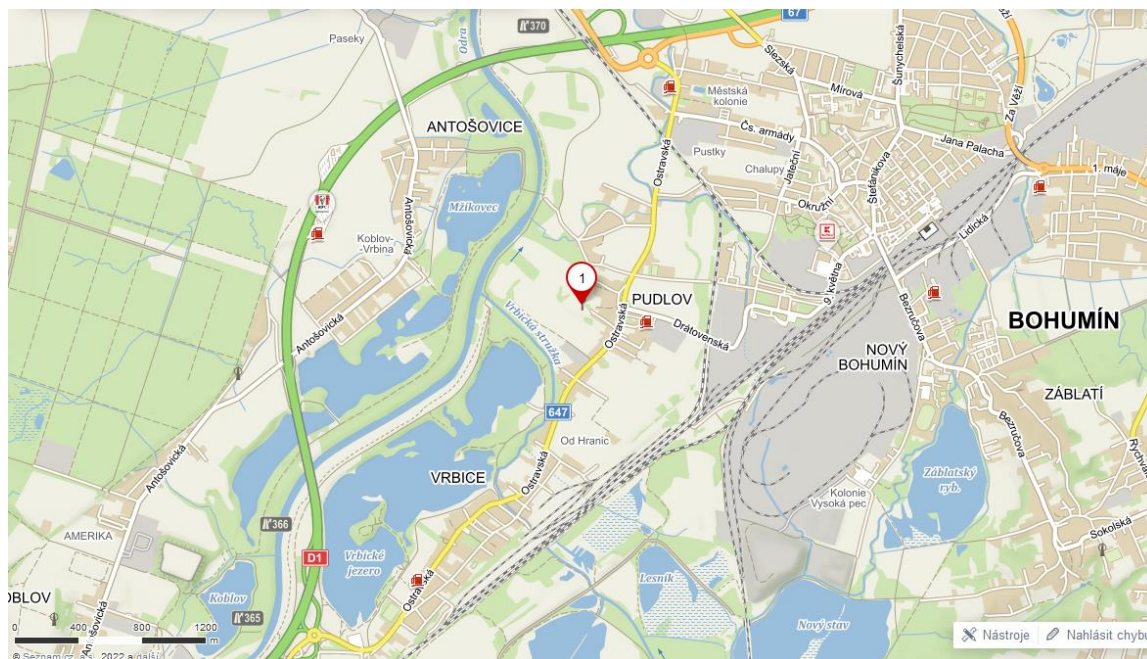
e-mail: filip.khestl@vsb.cz

OBSAH ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY

1. POPIS OBJEKTU	4
2. ZÁKLADNÍ POPIS A VSTUPNÍ INFORMACE KONSTRUKCE VODÁRENSKÉ VĚŽE (VV).....	5
3. PŘEDMĚT A ROZSAH HODNOCENÍ	5
4. POPIS PROVEDENÝCH ZKOUŠEK A PRACÍ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU	6
5. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK - DŘÍK.....	9
6. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK - SKOŘEPINA.....	22
7. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK – KONZOLY	28
8. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK - ŠIKMÁ ČÁST NÁDRŽE	32
9. ZÁVĚR	36
 PŘÍLOHA 1	 38
PŘÍLOHA 2	
PODROBNÝ POPIS VÝVRTŮ	39
PŘÍLOHA 3. A	
PODROBNÉ VÝSLEDKY Z PROVEDENÝCH ZKOUŠEK NA DŘÍKU	48
PŘÍLOHA 3. B	
PODROBNÉ VÝSLEDKY Z PROVEDENÝCH ZKOUŠEK –ŠIKMÁ ČÁST NÁDRŽE	53
PŘÍLOHA 3. C	
PODROBNÉ VÝSLEDKY Z PROVEDENÝCH ZKOUŠEK -SKOŘEPINA	54
PŘÍLOHA 3. D	
PODROBNÉ VÝSLEDKY Z PROVEDENÝCH ZKOUŠEK –KONZOLY	56
PŘÍLOHA 4. A	
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE DŘÍKU	58
PŘÍLOHA 4. B	
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE ŠIKMÉ ČÁSTI NÁDRŽE	70
PŘÍLOHA 4. C	
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE - SKOŘEPINA.....	73
PŘÍLOHA 4. D	
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE - KONZOLE	76
PŘÍLOHA 5	
FOTODOKUMENTACE _elektronicky, USB	

1. Popis objektu

Řešenou konstrukcí je objekt vodárenské věže z roku 1961, nacházející se na konci ulice K Odře ve městě Bohumín-Pudlov (GPS: 49.8966422N, 18.3292333E).



Obr. 1. Lokalizace diagnostikovaného objektu Vodárenské věže (mapy.cz)

Jedná se o železobetonovou monolitickou konstrukci válcového tvaru, kterou dle dostupných informací postavila firma Ingstav, národní podnik, Brno a společně s věžovým vodojemem v Novém Bohumíně (1933) a Starém Bohumíně (1963) byl součástí bohumínského skupinového vodovodu.



Obr. 2. Celkový pohled na vodárenskou věž, JV pohled

2. Základní popis a vstupní informace konstrukce vodárenské věže (VV)

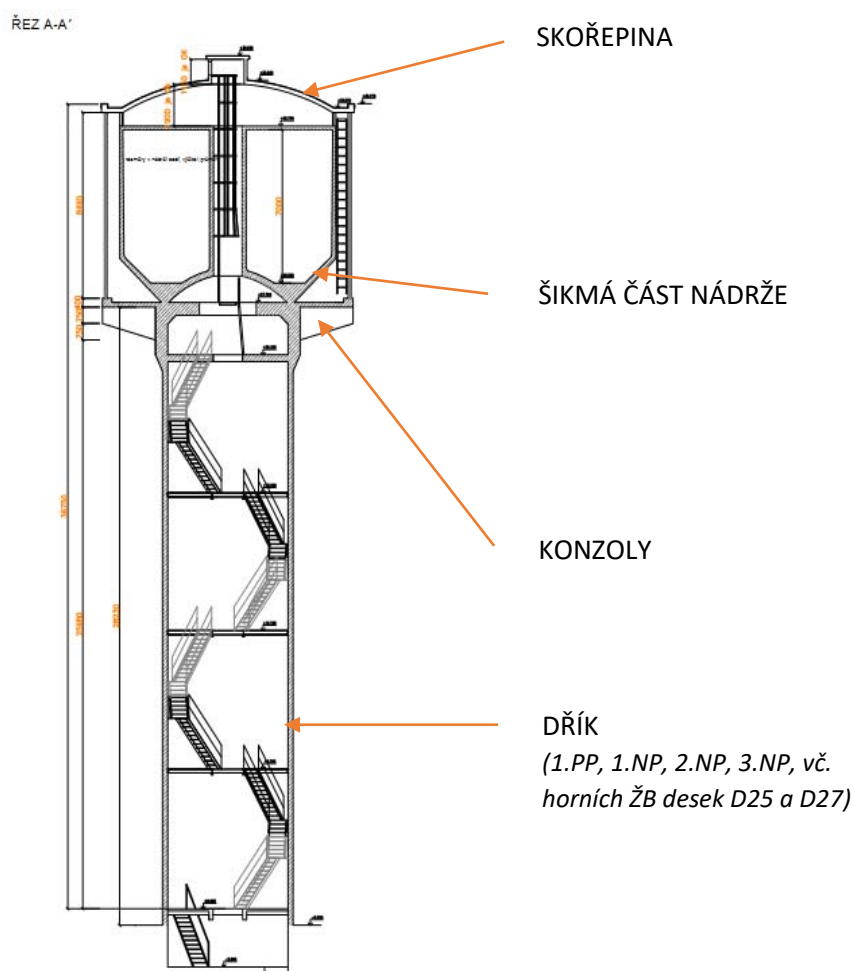
Konstrukce vodárenské věže sestává z nosného železobetonového dříku, na který navazuje samotná železobetonová akumulční nádrž. Konstrukce dříku je kruhového půdorysu o vnitřním průměru 5,9m a vnějším 6,4m a výšce cca 28,6m. Tloušťka stěny je 25cm, od výšky cca 26m je tloušťka dříku rozšířena na 60cm. Akumulační nádrž je chráněna zděnou stěnou z keramických tvarovek, kterou podepírá železobetonová (ŽB) deska na ŽB konzolách. Střešní konstrukce VV je tvořena železobetonovou skořepinou o tloušťce 100mm.

Rozměry jednotlivých částí konstrukce uvedené v této kapitole vychází z výkresové dokumentace dodané objednatelem, která je uvedena v Příloze 1.

3. Předmět a rozsah hodnocení

Předmětem prováděných prací je diagnostika vodárenské věže (VV) Bohumín-Pudlov v rozsahu daném smlouvou s ev. č. S32/22-223-02. Diagnostika VV byla dle zadání rozdělena na 4 dílčí posuzované celky:

1. Diagnostika ŽB dříku vodárenské věže.
2. Diagnostika ŽB skořepiny střechy vodárenské věže.
3. Diagnostika konzolí vodárenské věže.
4. Diagnostika šikmé části nádrže vodárenské věže.



Obr. 3. Rozdělení diagnostiky VV na 4 dílčí části

4. Popis provedených zkoušek a prací diagnostického průzkumu

- Vizuální prohlídka konstrukce
- Odebrání jádrových vývrtů a stanovení pevnosti betonu v tlaku, stanovení modulu pružnosti, objemové hmotnosti a popis betonu na odebraných jádrových vývrtech
- Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivní tvrdoměrnou metodou pomocí schmidtova sklerometru Silverschmidt, typ N
- Stanovení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu (odtrhová zkouška),
- Stanovení hloubky karbonatace betonu,
- Míra vyztužení betonu a ověření druhu, stavu výztuže a krytí výztuže sekanými sondami
- zapravení otvorů po odebraných jádrových vývrtech \varnothing 75 mm a \varnothing 100mm a sekaných sondách
- fotodokumentace.

Prováděné průzkumné práce in-situ a následné laboratorní zkoušky byly prováděny a vyhodnocovány v souladu s následujícími normovými předpisy:

- [1.] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- [2.] ČSN EN 13018 Nedestruktivní zkoušení - Vizuální kontrola - Všeobecné zásady
- [3.] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- [4.] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [5.] ČSN EN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy
- [6.] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.
- [7.] ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
- [8.] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- [9.] ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu
- [10.] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí
- [11.] ČSN ISO 1920-10 Zkoušení betonu - Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku
- [12.] ČSN EN 206 Beton. Vlastnosti, výroba, ukládání a kritéria hodnocení
- [13.] ČSN EN 14630 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení hloubky zasažení karbonatací v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody.
- [14.] ČSN EN 1542 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou
- [15.] ČSN 73 2577 Zkouška přídržnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí k podkladu
- [16.] ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [17.] Výkresová dokumentace dodaná dodavatelem (Příloha 1)

4.1. Vizuální prohlídka

Vizuální prohlídka a akustická trasovací metoda jsou základní a také nejpoužívanější diagnostické metody. Na základě těchto metod se usuzuje o dalším postupu a rozsahu prací při diagnostice konstrukce. Součástí vizuální kontroly je vizuální zhodnocení stavby, popis výskytu viditelných vad a poruch konstrukce, včetně výskytu, umístění a hloubky trhlin. Akustická trasovací metoda se využívá pro určení nesoudržných míst v povrchu konstrukce. Princip spočívá v tažení ocelové koule

po povrchu konstrukce. Na základě akustické odezvy, která může být zvonivá, dunivá nebo křaplavá, se identifikují dutá a nesoudržná místa v konstrukci.

Součástí vizuální prohlídky a akustické trasovací metody je:

- Celkový vizuální popis konstrukce
- Přítomnost a stav povrchových úprav betonu
- Četnost, délka, šířka a orientace trhlin
- Projevy koroze na povrchu betonu
- Výkvěty a výluhy na povrchu betonu

4.2. Stanovení karbonatce betonu

Zjištění hloubky karbonatce betonu bylo provedeno na vybraných místech konstrukce na vývrtech, zavrtáváním vrtáku, na sekaných sondách či na výbrusech.

Mezní hodnota, kdy beton přestává plnit svoji ochrannou protikorozi funkci je na přechodu mezi pH 9 a 10 (exaktně při pH=9.6). Pro měření byl použit 2% roztok fenolftaleinu, který je běžně využíván pro stanovení hloubky karbonatce betonu. Fenolftalein je acidobazický indikátor, který se zabarvuje při pH 9 a výše do fialové barvy, zkarbonatovaný beton se nezbarví.

Hloubka karbonatce je pak vyjádřena vzdáleností od vnějšího povrchu betonu k okraji červeno-fialově zabarvené oblasti. Výsledkem je průměrná a maximální hloubka karbonatce.

V případě stanovení karbonatce na jádrových vývrtech bylo postupováno tak, že po vyjmutí vzorku s vrtací korunky byl vzorek opláchnut vodou, aby se očistil od vyplavovaného materiálu, který vzniká při vrtání. Následně byl vzorek povrchově osušen a poté byl na vzorek aplikován roztok fenolftaleinu. Na základě reakce fenolftaleinu byla změřena hloubka karbonatce.

4.3. Stanovení pevnosti v tlaku betonu na vývrtech

Pro zkoušky betonu byly odebrány jádrové vývrty o Ø 100 mm (dřík, nádrž a konzoly) a Ø 75 mm (střešní skořepina). Místa odběru jádrových vývrtů byla zvolena tak, aby byla zahrnuta co největší část konstrukce, jak po výšce, tak s ohledem na orientaci ke světovým stranám.

Odběr vzorků byl proveden v souladu s normou ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.

Odebrané vývrty byly zdokumentovány (fotografie, popis vzorku a případné převrtané výztuže) a následně nařezány diamantovým řezným kotoučem. Následně byly zakončovány broušením diamantovou bruskou na štíhlostní poměr výška/průměr 1:1, což odpovídá vzorkům pro stanovení krychelné pevnosti v tlaku. Štíhlostní poměr všech vývrtů náležel do intervalu $<(0,9-1) - (1,1-1)>$, daného normou ČSN EN 12504-1.

Po vysušení zkušebních těles byly vzorky změřeny s citlivostí na 0,1 mm, zváženy s přesností 0,1g a podrobeny zkoušce v tlaku v hydraulickém lisu FormTest s rychlostí zatěžování odpovídající ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.

Vzorky s výraznými poruchami, trhlinami, štěrkovými hnízdy či nadměrně velkým kamenivem byly vyjmuty ze statistického hodnocení výsledných pevností.

Vyhodnocení bylo provedeno dle normy ČSN EN 13791 a ČSN ISO 13822.

4.4. Stanovení pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Pro stanovení betonu v tlaku semidestruktivní tvrdoměrnou metodou byla použita metoda odrazového sklerometru Silverchmidt typu N. Postup a vyhodnocení proběhl dle normy ČSN EN 12504-2, ČSN EN 13791 a ČSN ISO 13822. Zkušební místa byla zabroušena do hloubky vždy tak, aby byla vidět struktura zkoušeného betonu (odstranění omítky, pokud to bylo možné i odstranění

vrstvy zkarbonatovaného betonu). Pro zabezpečení dostatečného množství výsledků pro statistický výpočet bylo provedeno vždy 16-20 měření, ze kterých byly vyloučeny statisticky odlehle hodnoty. Výsledky z tvrdoměrného měření byly upřesněny pomocí jádrových vývrtů, provedených dle normy ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku. Po provedení jádrových vývrtů byl vytvořen přepočtení vztah přímo ke sledované konstrukci VV, pomocí kterého byly hodnoty pevností získané Schmidtovým sklerometrem upřesněny.

4.5. Stanovení vyztužení betonu, včetně stanovení druhu, stavu a krytí výztuže

Poloha vyztužení, průměry a krytí výztuže bylo provedeno za pomoci metody georadaru HILTI X-SCAN PS 1000, která byla doplněna pro upřesnění lokálními sekanými sondami. Pro stanovení výztuže byla použita také elektromagnetická metoda (Proceq PM-630), avšak vzhledem k omezením a typu konstrukce byly vyhodnocení neuspokojivé a nebyly zahrnuty do zprávy. Aktivita trhlin nebyla objednatelem požadována.

4.5.1. Nedestruktivní stanovení pomocí georadaru Hilti Xscan 1000

Georadar je metoda založená na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů. Přístroj umožňuje provádět stanovení polohy výztuže do hloubky cca 300 mm, a to jak v liniovém režimu měření, tak i v plošném režimu měření, která spočívá v provedení řady liniových pojezdů ve dvou na sebe kolmých směrech dle přednastaveného rastru. Výsledkem je liniové, plošné, či 3D zobrazení polohy výztuží. Výsledky jsou ovlivněny povrchem, vlhkostí či permeabilitou betonu.

4.5.2. Stanovení druhu, stavu a krytí výztuže sekanou sondou

Metoda sekaných sond je založena na odstranění krycí vrstvy betonu a následně na vizuálním posouzení obnažených výztužných vložek. Po odstranění vrchní vrstvy betonu je možné změřit a vizuálně zhodnotit průměr, druh, stav a krytí výztuže. Sekanou sondou lze rovněž prověřit průběh trhlin do hloubky konstrukce, případně zjistit šterková hnízda či jiné vady betonu, které nejsou viditelné na povrchu.

Vyhodnocení druhu a typu proběhlo podle dříve platných předpisů a směrnic pro navrhování betonových konstrukcí z roku 1960.

4.6. Stanovení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu

Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu, případně přídržnost povrchové úpravy se stanovuje jako hodnota pevnosti v prostém tahu souvrství, namáhaného kolmo k ideální styčné spáře mezi podkladním betonem a zkoušenou povrchovou úpravou. Zkoušení proběhlo dle norem ČSN EN 1542 a ČSN 73 2577. Zkušební terče byly nalepeny pomocí epoxidového dvousložkového lepidla. Před samotným zkoušením byly zkušební terče po vytvrzení lepidla ořezány do hloubky cca 1cm podkladního betonu. Pro vlastní stanovení síly, nutné k porušení souvrství, byl použit přístroj DYNA DY-216, firmy Proceq.

5. Výsledky a vyhodnocení zkoušek - DŘÍK

5.1. Vizuální prohlídka

5.1.1. Celkový vzhled konstrukce dříku

Posuzovaná část konstrukce VV – dřík, viz obr. 3, je tvořena železobetonovou monolitickou tenkostěnnou konstrukcí kruhového půdorysu o tloušťce ŽB stěny od 210 do 235 mm (bez omítky), s omítkou 225-250mm. Výška posuzované části dříku po rozšiřující se lem dříku je 25,4 m od terénu. V této výšce se pak nachází ŽB deska (dále označení **D25**), kterou se vchází do mezipatra mezi nádrží a dříkem. Toto mezipatro je dále ukončeno další ŽB deskou (dále značena jako **D27**), přes kterou se vchází do prostor nádrže.

Vnitřní uspořádání je rozděleno na celkem 1 podzemní, přízemí a 3 nadzemní patra (dále jen **1.PP., PŘÍZEMÍ, 1.NP, 2.NP. a 3.NP**), podrobný výkres viz Příloha 1. Nadzemní patra jsou tvořena ocelovou konstrukcí na ocelových profilech, které jsou vetknuty do ŽB dříku. Vetknutí je z exteriéru zakončeno většinou pálenými cihlami/tvarovkami a maltou, příklad viz obr. 4.



Obr. 4. Viditelné vetknutí vnitřních kovových profilů, zde v 2.NP a 3.NP.

5.1.2. Stav betonu dříku

Vizuální stav samotného betonu celého dříku je na první pohled velmi dobrý. V exteriéru v místech odpadlé omítky je kompaktní bez viditelných výraznějších dutin či štěrkových hnízd.

V průběhu zkoušení vlastností betonu dříku však bylo zjištěno, že vizuální stav povrchové vrstvy betonové konstrukce dříku nereflextuje ve všech případech se skutečným stavem uvnitř betonu konstrukce dříku.

V exteriéru byl povrch betonu, zřejmě v rámci betonáže, zatažen do jedné vrstvy v řádech několika milimetrů, na kterou byla následně aplikována tvrdá cementová omítka. V místech odpadlé omítky a zkušebních místech pro tvrdoměrné zkoušky tedy vizuálně vypadá beton na povrchu bez vad a nelze najít na první pohled poškozená místa. Vyjimku tvoří místech u trhlin, viz kapitola 5.1.4. a u výrazných pracovních spár, které jsou často výrazně viditelné.

V nadzemní části interiéru dříku nejsou vlivem předchozí sanace, kdy byla aplikována reprofilační vrstva stěrky na první pohled viditelné vady a poruchy betonu, kromě míst s odpadlým betonem vlivem koroze horizontální výztuže a kromě průběžných trhlin (viz kapitola 5.1.3 a 5.1.4.). Po výšce dříku jsou i přes aplikaci reprofilační vrstvy viditelné některé výrazné pracovní spáry z betonáže, například viz Obr. 10.

V horní části dříku ve výšce 25,3m se nachází deska dříku (dále označení D25) o tloušťce betonu 30cm. Další horizontální deska se nachází ve výšce cca 27m (ozn. D27) o tloušťce betonu 60cm.

Vzhledem k tenké konstrukci a výrazně vyšší pevnosti této povrchové vrstvy betonu, která byla tímto vytvořena není možné zjistit vizuálně ani akustickou trasovací metodou, zda je beton uvnitř hutný a pevný či nikoliv.

Zjištěný stav konstrukce:

V průběhu destruktivních i semidestruktivních zkoušek, v PŘÍZEMÍ navíc po provedení dodatečných sekaných sond.

V průběhu betonáže vznik viditelných pracovních spár v celé výšce dříku, v místech napojení častý výskyt šterkových hnízd. V některých místech v těchto místech viditelné horizontální trhliny v exteriéru (pohled jižní strana, ve výšce 9,3m, 14,6m a cca 22,5m). Viditelný předchozí sanační zásah na celém dříku a zejména v těchto místech.

1.NP., 2.NP a 3.NP.

Povrch betonu od výšky 1.NP nahoru koresponduje, dle výsledků ve všech zkušebních místech destruktivních i semidestruktivních zkoušek (sekané sondy, tvrdoměrné zkoušky, odtrhové zkoušky, karbonatace), s vizuálním stavem povrchu.

V místech viditelných pracovních spár (tam kde odpadla nebo chybí reprofilační vrstva) jsou viditelná lokální šterková hnízda, případně je zde vizuálně viditelný povrch betonu se zvýšeným množstvím pórů a dutin. Beton ŽB desek D25 a D27 je v místech odkrytí vrchní vrstvy omítky vizuálně kvalitní a jednolitý.

PŘÍZEMÍ

V rámci prováděných zkoušek a následně dodatečnými sekanými sondami bylo zjištěno, že od cca 0,1m do výšky 1,5m od podlahy přízemí se nachází velmi nehomogenní a nesourodá vrstva betonu s vysokou porovitostí a případně s množstvím dutin. Některá místa se po narušení pevné povrchové vrstvy o tloušťce cca od 0,5cm do 2 cm povrchově drolila, viz Obr.7 . Toto zjištění platí jak pro interiér, tak i exteriér dříku. Nejvyšší porušení je viditelné v okolí pracovních spár nacházejících se ve výšce 15±5cm a 140±10cm. Vysoká porovitost a množství dutin je viditelná vizuálně na provedených vývrtech V1-V3, viz Obr. 7 a fotodokumentace vývrtů v Příloze 2.

Po provedení dodatečných sekaných sond do 3cm po vnitřním obvodu dříku lze konstatovat, že celý pás dříku v rozmezí 10-150cm výšky je velmi nehomogenní. Lokálně, zejména v napojení pracovních spár, dochází při malém mechanickém zásahu k vydrolování betonu až do hloubky 7 cm.

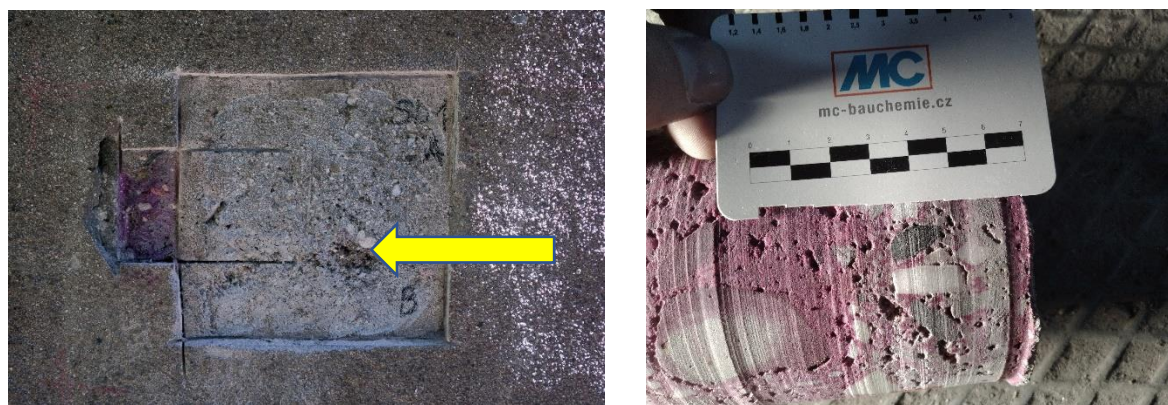
Vysokou porovitost a množství dutin dokládá také výrazně nižší objemová hmotnost, která se pohybovala rozmezí (2020-2100) kg/m³. V ostatních místech s hutným betonem se pohybujeme o (150-250) kg/m³ výše.

1.PP

Povrch betonu, stejně jako ve zbytku interiéru byl opatřen reprofilační stěrkou/nátěrem, který měl pravděpodobně zvýšit, stejně jako ve zbytku dříku, povrchové vlastnosti betonu. Vzhledem k pronikání vlhkosti do prostor 1.PP při deštích (zejména kolem prostupů), je zde vyšší vlhkost betonu (naměřeno kapacitním vlhkoměrem vlhkost 6-7%) a v některých místech dochází k odlupování vrchní vrstvy betonu i s povrchovou úpravou, viz Obr.5. V místech porušení vrchní povrchové vrstvy dochází k odprýskávání této vrstvy a dochází ke sprášování povrchu betonu. Na první pohled se liší barva betonu od zbytku dříku, kdy se jedná o výrazně béžovou barvu, což pravděpodobně je způsobeno použitím mnohem nižšího množství cementu než v patrech nadzemních.



Obr. 5. Pronikání vlhkosti do 1.PP (vlevo) a příklad místa s odlupující se vrchní vrstvou betonu a reprofilační stěrky/nátěru



Obr. 6. (Vlevo) Příklad otevření vnitřní vysoce pórovité struktury betonu v exteriéru po vybroušení tenké, ale souvislé povrchové vrstvy.
(Vpravo) Předchozí sanace – aplikace sanační malty/stěrky na již zkarbonatovaný beton.



Obr. 7. Sekaná povrchová sonda v pásu 10-150mm (vlevo) a (vpravo) příklad vzhledu betonu v celé tloušťce konstrukce ve spodní části dříku (do 160cm výšky).

5.1.3. Přítomnost a stav povrchových úprav betonu

Exteriér

Na vnější stranu byla na povrch betonu aplikována tvrdá cementová omítka - tzv. břizolit, která byla viditelně v průběhu let opravována, což je vidět na Obr. 8. Tloušťka omítky se pohybuje v rozmezí 5-15mm, nejčastěji kolem 10mm. Soudržnost omítky s podkladním betonem byla kontrolována akustickou trasovací metodou po celém obvodu do výšky 2,5m od terénu po celém obvodu, a po celé výšce dříku z jižní a západní strany. Dutá místa, která by značila nesoudržnost s podkladním betonem, byla pouze v malých oblastech ve spodní vyšetřované části. Po výšce nebyla, kromě již odpadlých částí omítky a v blízkosti vertikálních trhlin, nalezena žádná dutá místa v dosahu trasovací tyče. Opadaná omítka se nachází zejména v jižní části dříku v místech horizontální trhliny-pracovní spáry, viz Obr. 8.(vpravo) nebo v místě výrazné laminární koroze horizontální výztuže, viz Obr. 11(vpravo). Soudržnost omítky byla dále zkoušena a je uvedena v kapitole 5.6. V oblasti terénu je omítka odpadlá, v těchto místech je viditelná aplikace izolačního nátěru, který je také



Obr. 8. Celkový pohled na vnější část dříku: z jižní strany (vlevo) a západní strany (vpravo). Viditelná místa po opravách cementové omítky.



Obr. 9. Detailní pohled na styk povrchu betonu s cementovou omítkou (vlevo) a detail viditelného uložení ocelového profilu v 1.NP.(vpravo).

Interiér

Jak bylo uvedeno v kapitole 5.1.2, v interiéru dříku 1.PP-3.NP byla aplikována a do povrchu zapracována povrchová reprofilační vrstva, která výrazně ovlivňuje povrchový vzhled a tvrdost betonu. Vytváří tak jednotlý povrch bez kaveren a dutin (s vyloučením míst s projevy koroze výztuže, viz kapitola 5.1.4. Aplikovaná reprofilace (viz obr.10) v některých případech je viditelně použita k opravě míst s oblasti horizontálních výztuží, k opravě zmíněných viditelných pracovních spár, ale také k opravě některých trhlin.

U desky D25 i D27 byla na povrch použita vrchní omítka ve vrstvě do 2cm. U D27 byla nesoudržná s podkladem. U D25 tato povrchová vrstva je poměrně soudržná, avšak s nízkou pevností, snadno drolivá.



Obr. 10. Viditelné provedení předchozí sanace, vynechané místo při předchozí sanaci



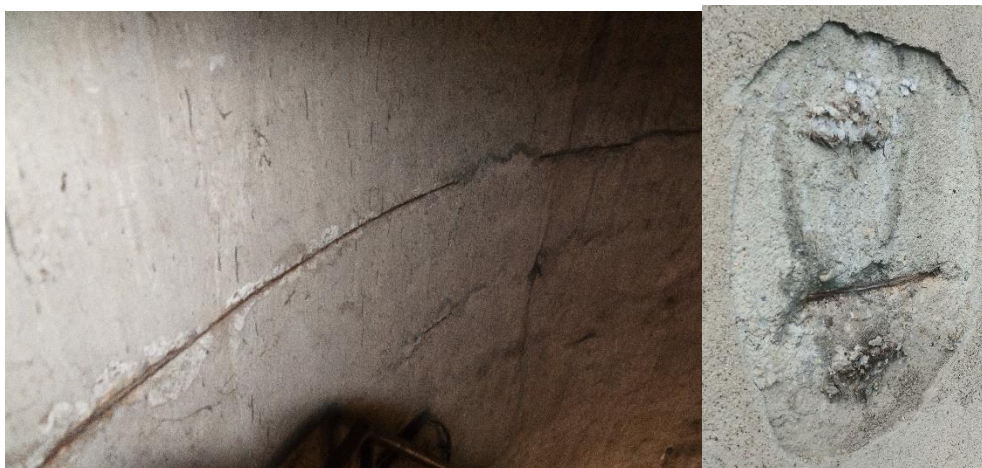
Obr. 11. Boční pohled na vnitřní část desky D27 a trhliny v místě uložení výztuže

5.1.4. Četnost, délka, šířka a orientace trhlin a projevy koroze na povrchu betonu

V interiéru dříku jsou viditelné staticky významné vertikální trhliny, které procházejí skrz betonovou konstrukci. Šířka a průběh těchto trhlin se liší po patrech, jejich společným jmenovatelem je to, že všechny se nacházejí v místech průběhu hlavních vertikálních výztuží. Veškeré trhliny, včetně jejich šířky, jsou zakresleny v Příloze 4.A., maximální šířka trhliny je 8mm, minimální 0,5-1mm. Trhliny v interiéru 1.PP nebyly vizuálně viditelné. Trhliny u desky D25 nebyly vizuálně viditelné. Trhliny u desky D27 jsou viditelné pouze z vnitřní, boční strany, a to jak 2 horizontální, tak další vertikální trhliny, na kterých je viditelné předchozí působení kapalně vody. Horizontální trhliny u D27: 1. trhlina od 5 do 10cm. Druhá trhlina se táhne horizontálně ve výšce kolem 40cm, měřeno z vrchu. Obě trhliny jsou dle snímků z georadaru v celé ploše desky.

V exteriéru jsou pozorovatelné stejné trhliny, které jsou viditelné i v interiéru, v některých případech jsou trhliny (viditelně) pod opravovanou březolitovou omítkou. Umístění trhlin, včetně jejich šířky, je opět zakresleno v Příloze 4.A. Šířka trhlin se pohybuje u průběžných trhlin až do tloušťky 4,5mm. U trhlin viditelných pouze z exteriéru je šířka trhlin do 0,4mm. Na jižní straně jsou vidět rovněž dvě horizontální trhliny v pracovní spáře ve výšce 9,4m a 14,6m o tloušťce do 4mm od úrovně terénu. Další výrazná pracovní spára a trhlina je ve výšce cca 23m (viditelné biologické napadení sinicemi). (Obr. 15).

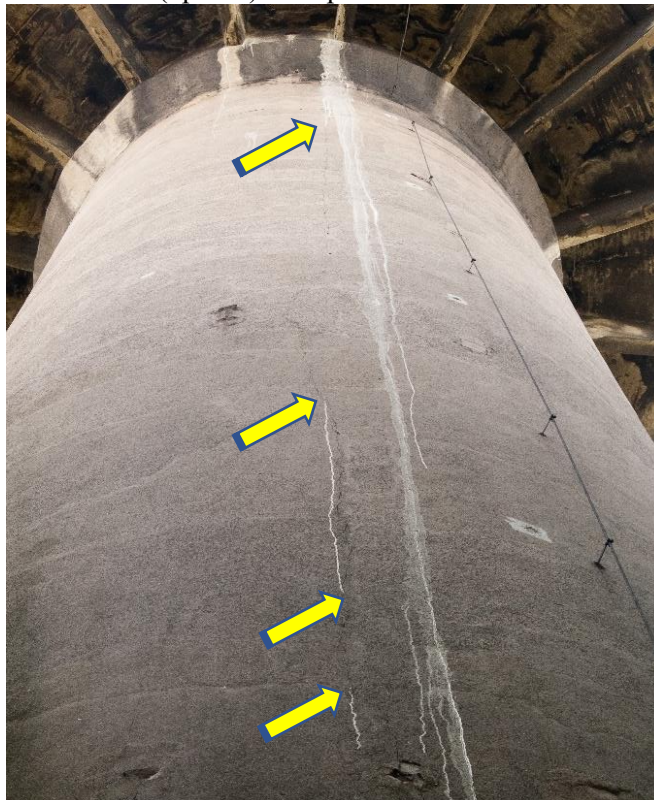
Projevy koroze kovové výztuže na povrchu betonu jsou viditelné místy jak v interiéru, tak i v exteriéru. Jedná se vždy o horizontální výztuž, jejíž krytí je do 0-1cm. Příklad, viz Obr. 12.



Obr. 12. Příklady odlupování povrchové vrstvy betonu vlivem koroze horizontální výztuže v interiéru nad podestou v PŘÍZEMÍ (vlevo) a v exteriéru v 3.NP.(vpravo)



Obr. 13. Pronikání srážkové vody skrz průběžnou trhlinu z exteriéru (vlevo) do interiéru (vpravo) na západní části dříku v 1.NP.



Obr. 14. Západní část VV. (Vlevo) Výrazná vertikální trhlin, viditelné protékání cementového mléka z vrtání do vnitřní struktury betonu.

5.1.5. Výkvěty a výluhy a biologické napadení betonu

V exteriéru je z viditelné biologické napadení omítky ve vrchní části dříku, ve výšce cca 23m od terénu, viz Obr. 14 a 15.



Obr. 15. Jihovýchodní část VV - nad vchodem. (Vlevo) Protékání srážkové vody při dešti skrz střešní konstrukci a následně přes ŽB desku na konzolách. (Vlevo dole) Detail nad soklem na západní straně dříku. (Vpravo) Biologické narušení omítky (sinice) v místě horizontální trhliny vlivem dotace vody při deštích skrz vrchní ŽB desku.

5.2. Karbonatace betonu

Karbonatace betonu byla stanovena pomocí roztoku fenolftaleinu. Princip této metody je popsán v kapitole 4.2. Karbonatace byla stanovena jednak na jádrových vývrtech a poté na taky na zkušebních vrtech. Dále zkušebními vrty vrtačkou a v místech výbrusu pro tvrdoměrné zkoušky. Výsledky karbonatace jsou po výšce dříku rozdílné. Hodnoty pro každé patro jsou uvedeny v Tabulce č.1.

V PŘÍZEMÍ se karbonatace betonu neprojevila, a to ani ve vysoce pórovité a drolivé části konstrukce. FF test zde vykázal vysoce alkalickou reakci u všech zkušebních míst.

Tabulka 1. Hloubka karbonatace betonu dříku

	Průměrná hodnota (mm)		Maximální hodnota (mm)	
	Interiér	Exteriér	Interiér	Exteriér
PŘÍZEMÍ	0	0	0	0
1.NP.	13	8	20	15
2.NP.	18	8	25	16
3.NP.	21	11	32	30

5.3. Stanovení pevnosti v tlaku betonu na vývrtech

Pro dřík byl zvolen průměr vrtné korunky 100 mm. Odběr a zkoušení proběhlo postupem popsaným v kapitole 4.3. Konstrukce dříku byla rozdělena do jednotlivých pater, ve kterých byly provedeny minimálně dva vývrty. Celkem bylo provedeno násobně více vývrťů než bylo ve smlouvě a to zejména z důvodu zjištěné nestejnosti betonu v různých výškách dříku, zejména v PŘÍZEMÍ. Z jednoho vývrťu byly nařezány 2 zkušební vzorky. Vyloučeny byly vzorky s výrazným štěrkovým hnízdem nebo s nadměrně velkým kamenivem. U 1.PP byl z vyhodnocení charakteristické pevnosti vyloučen vzorek s hodnotou pevnosti v tlaku 11,3MPa. Tento vzorek byl odebrán v místě viditelného zprašování povrchové vrstvy.

Vyhodnocení charakteristické pevnosti je uvedeno v tabulce č.2 a č.3. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.A. Fotodokumentace jádrových vývrťů, včetně podrobného popisu se nachází v Příloze 2.

Tabulka 2. Statistické hodnocení laboratorní zkoušky pevnosti betonu v tlaku u nadzemní části dříku

Veličina	označení	jednotka	Přízemí 0-1,6m	1.NP	2.NP	3.NP	Dřík 1,6m-3.NP
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	24	41,5	33,2	32,3	32,3
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	34,7	59,6	59,5	49,6	56,8
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	39,3	74,7	75,3	62,7	75,3
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	6,2	12,1	15,4	8,9	12,2
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	18	20	26	18	21
Počet platných vzorků	n	[n]	5	5	4	7	18
V_x známý / neznámý		[-]	neznámý				
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,33	2,33	2,63	2,09	1,79
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální				
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	20,4	31,4	19,1	31,0	35,0
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2080±30	2260±50	2190±20	2210±30	2220±40

Tabulka 3. Statistické hodnocení laboratorní zkoušky pevnosti betonu v tlaku v 1.PP

Veličina	označení	jednotka	Dřík - 1.PP
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	11,30
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	26,8
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	33,30
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	4,70
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	18
Počet platných vzorků	n	[n]	4
V_x známý / neznámý		[-]	
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,63
Rozdělení normální / lognormální		[-]	
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	14,4
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2170±20

Tabulka 4. Zatřídění zkoušeného betonu do pevnostní třídy

Zatřídění dle normy	Pevnostní třídy betonu		
	Dřík - 1.PP	Přízemí 0-1,6m	Dřík 1,6m-3.NP
Dle ČSN EN 206	C8/10	C16/20	C25/30
Dle ČSN 73 2400:1989	B12,5	B20	B35
Dle ČSN 73 2001:1970	I	III	IV
Dle ČSN 73 1201:1967	135	250	400
Dle ČSN 1090:1931; ČSN 1230:1937	d	f	g

5.3.1. Stanovení modulu pružnosti na vývrtech

V rámci vyhodnocení destruktivně odebraných vzorků z konstrukce dříku bylo informativně provedeno také stanovení Statického modulu pružnosti E_c dle normy ČSN ISO 1920-10 a dynamického modulu $E_{dyn,U}$, dle normy ČSN EN 12504-4 a ČSN 73 1373. Stanovení proběhlo na válcích z vybraných vývrťů, na kterých bylo možné provést toto stanovení. Pro toto stanovení byly

vybrány bezchybné zarovnané válce z vývrtů v poměru 2:1. Statický modul pružnosti dříku nadzemní části (1.NP-3.NP) je $E_c = (27,7 \pm 3,8)$ GPa. Hodnota dynamického modul pružnosti $E_{dyn,U} = (35,3 \pm 3,9)$ GPa. Byl spočten koeficient $K_u = 0,79 \pm 0,03$, který byl použit pro stanovení statického modulu u skořepiny.

5.4. Pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Před samotným zkoušením musel být povrch upraven, aby se zkoušel povrch betonu a ne povrchová úprava dříku. Zkušební místa byla zvolena, tak aby rovnoměrně pokryly co největší plochu dříku. V tabulce č.4 je uvedeno vyhodnocení charakteristické pevnosti v tlaku $f_{c,cube}$ pro různé výšky dříku, viz Tabulka 4. Nakonec byl dřík rozdělen po výšce na dvě výrazně rozdílné části, ze kterých byly vyhodnoceny výsledky. Výsledky z jednotlivých pater jsou zde pro názornost uvedeny také. Podrobné vyhodnocení a počet měřících míst NDT zkoušek se nachází v Příloze 3.A.

Tabulka 5. Statistické vyhodnocení pevnosti v tlaku tvrdoměrnou metodou s upřesněním pomocí jádrových vývrtů

Veličina	označení	jednotka	1.PP.	Přízemí 0-1,6m	Dřík 1,6m-3.NP	Desky D25+D27
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	11,2	24,00	38,20	39,50
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	20,4	34,70	51,20	48,00
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	33,3	39,30	75,30	60,10
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	3,3	4,10	5,50	9,10
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	16	12	11	19
Počet platných vzorků	n	[n]	6	7	22	8
Vx známý / neznámý	neznámý	[-]	neznámý			
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,18	2,09	1,75	2,00
Rozdělení normální / lognormální	normální	[-]	normální			
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	13,2	26,2	41,6	29,8
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2170±20	2080±30	2220,0	-

Tabulka 6. Statistické vyhodnocení pevnosti v tlaku tvrdoměrnou metodou s upřesněním pomocí jádrových vývrtů – pouze nadzemní část po jednotlivých patrech

Veličina	označení	jednotka	1.NP	2.NP	3.NP
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	41,50	40,80	38,20
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	55,60	51,50	50,20
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	71,10	67,50	55,20
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	3,10	4,80	7,00
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	6	9	14
Počet platných vzorků	n	[n]	5	6	5
Vx známý / neznámý		[-]	neznámý		
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,33	2,18	2,33
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální		
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	48,4	41,1	34,0
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2260±50	2190±20	2210±30

Tabulka 7. Zatřídění zkoušeného betonu do pevnostní třídy

Zatřídění dle normy	Pevnostní třídy betonu			
	1.PP	Přízemí 0-1,6m	Dřík 1,6m-3.NP	Desky D25 + D27
Dle ČSN EN 206	C8/10	C16/20	C30/37	C20/25
Dle ČSN 73 2400:1989	B12,5	B20	B40	B25
Dle ČSN 73 2001:1970	I	III	IV	III
Dle ČSN 73 1201:1967	135	250	400	250
Dle ČSN 1090:1931; ČSN 1230:1937	d	f	g	f

5.5. Vytužení betonu, včetně stanovení druhu, stavu a krytí výtuže

Hlavní výtuží ŽB konstrukce dříku je vertikální výtuž o minimálním změřeném reálném \varnothing 26mm (max. 29mm ve zdravém betonu mimo trhlinu), hladká výtuž nebo hladká výtuž s 2 podélnými

žebry po stranách, Typ 10452, jejíž průběh byl zjištěn v celé výšce sledované části dříku. Umístění výztuže je situováno doprostřed tloušťky betonové konstrukce dříku, reálně se pohybuje v hloubce od 6 do 12cm od vnitřní strany dříku. Je zde umístěno celkem 10 těchto výztuží v přibližném rastru 2m, který je variabilní (170cm-210cm). Průběh výztuže je zaznamenán ve výkresové dokumentaci v Příloze 4.A.

Ačkoliv je uprostřed betonu, tato výztuž není většinou chráněna vůči korozi a vnější vlivy (srážková voda, vlhkost vzdušná, ovzduší) mohou působit na výztuž. To je dáno výskytem významných trhlin, které jsou v oblasti těchto výztuží.

Vertikální výztuž je po obvodu svázána horizontální výztuží o změřeném \varnothing 8mm ve zdravém betonu, která střídavě z obou stran obepíná pruty hlavní výztuže. Tato výztuž je v betonu v blízkosti vertikálních trhlin zúžena na cca 7mm a v samotné trhlíně, tam kde se nachází bez krytí je profil zúžen na 6mm, viz Obr.16. Další horizontální obvodové výztuže \varnothing 6mm jsou umístěny jak z interiéru, tak z exteriérové strany bez provázání s hlavní výztuží, často bez krytí nebo jen s minimálním krytím. Místy s pokročilou korozi, někde již kompletní s dokončenou destrukcí výztuže. Viz Obr.12.

V 1.PP se jedná o výztuž typu 10452 nebo 10453, ROXOR. Pravděpodobný \varnothing 14mm.

Tabulka 8. Charakteristika použité výztuže v konstrukci

Výztuž	Tvar a typ výztuže	Typ výztuže	Změřený průměr	Umístění (hloubka)	Minimální krytí výztuže	Míra koroze
Hlavní-vertikální výztuž	Hladká nebo hladká s 2 podélnými žebry	10452	26-27 mm	6-12cm	6 cm * (0cm)	Výrazná laminární koroze, podélná žebra místy již neviditelná
Horizontální výztuž	Hladká výztuž kruhového průřezu	10002	7,3 – 8 mm	5-13cm	5cm	Bez výrazné koroze, místní laminární koroze u trhlin, jinak chráněna betonem
Horizontální obvodová výztuž	Hladká výztuž kruhového průřezu	10002	6-6,6 mm	0-1cm z obou stran	0cm	Velmi pokročilá laminární koroze
Hlavní výztuž deska D27	ROXOR	10452 /10453	20mm	2cm	1cm	Lokálně pokročilá laminární koroze
Výztuž v 1.PP	ROXOR	10452 /10453	14,16** mm	3-6cm	3cm	Nebyla hodnocena

Poznámky: * platí pouze pro výztuž mimo vertikální trhliny, jinak 0cm,

**informativně přepočtem z průměru odebraného žebírka roxor.

Výztuž horizontální, která byla pevně ukotvena v betonové vrstvě (kolem hlavní výztuže), vykazovala pouze rovnoměrnou povrchovou korozi. Výztuž, která byla odhalena, vykazovala výrazné poškození laminární korozi. Průběh výztuže je uveden ve výkresové dokumentaci v Příloze 4.A.



Obr. 16. Sekaná sonda v místě vertikální výztuže dříku (a v místě blízkosti významné trhliny). Zúžení profilu horizontální výztuže na 7.3mm a v místě trhliny na celkových 6mm.

5.6. Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu a omítky v exteriéru

Pro zkoušení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu byly využity zkušební místa připravené pro stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně. Zkušební terčíky byly přilepeny pomocí dvousložkové epoxidové pryskyřice a zafixovány pomocí pásky. Po vytvrzení epoxidové pryskyřice byly zkušební terčíky ořezány a následně zkušebním zařízením odtrženy.

U zkoušení přídržnosti vnější cementové omítky provedeny odtrhy po celé výšce dříku. Zkušební terčíky byly přilepeny pomocí dvousložkové epoxidové pryskyřice a zafixovány pomocí pásky, po vytvrzení ořezány až do podkladního betonu, následně proběhlo zkoušení.

Celkem bylo testováno 38 zkušebních míst, z toho 12 míst na omítce, 9 míst na betonu v exteriéru a 17 míst v interiéru dříku. Pro výpočet průměrné hodnoty a směrodatné odchylky byly vyřazeny výsledky, které se lišily o více než 20% od průměru. Podrobné výsledky včetně vyřazených hodnot jsou v Příloze 3.A.

Výsledky obecně jsou velmi dobré jak u omítky, tak u betonu. U stanovení pevnosti v tahu omítky došlo k porušení vždy v podkladním betonu, což znamená, že přídržnost této omítky je vyšší než u podkladního betonu. Nejnižších hodnot dosáhly výsledky u PŘÍZEMÍ, kde u dvou hodnot byla zaznamenána hodnota pod 1MPa s porušením v betonu. Jedná se zřejmě o odtrh v místě šterkového hnízda. Zbytek konstrukce vykazuje průměrnou přídržnost omítky $3,50 \pm 0,89$ MPa.

Průměrná pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu v interiéru nelze průměrovat z důvodu vysoké nehomogenity betonu. Lze rozdělit na 2 samostatné skupiny, přičemž tam, kde je beton hutný a homogenní (PŘÍZEMÍ/1) dosahuje hodnot $5,59 \pm 0,58 \text{ MPa}$, u druhé skupiny výsledků s označením (PŘÍZEMÍ/2) je průměrná hodnota $3,17 \pm 0,57$. Tato skutečnost koresponduje i s výsledky přídržnosti omítky. Nejnižších průměrných hodnot dosahuje pevnost v tahu betonu v 3.NP. Shrnutí výsledků je v tabulce č. 9.

Tabulka 9. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - dřík interiéru			
Umístění	Průměrná pevnost v tahu	Směrodatná odchylka	Porušení
	[MPa]	[MPa]	
PŘÍZEMÍ	3,98	0,63	100% beton
1.NP	3,88	0,48	100% beton
2.NP	3,21	0,57	100% beton
3.NP	1,77	0,42	100% beton

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - dřík interiéru			
Umístění	Průměrná pevnost v tahu	Směrodatná odchylka	Porušení
	[MPa]	[MPa]	
PŘÍZEMÍ/1	5,59	0,58	100% beton
PŘÍZEMÍ/2	3,17	0,28	100% beton
1NP-3NP	6,47	0,13	100% beton

Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu - omítka exteriéru			
Umístění	Průměrná pevnost v tahu	Směrodatná odchylka	Porušení
	[MPa]	[MPa]	
PŘÍZEMÍ	3,73	1,17	100% beton
PŘÍZEMÍ CELÉ *	2,51	1,75	100% beton
1NP-3NP-ZÁPAD	2,52	0,20	100% omítka/beton
1NP-3NP-JIH	3,43	0,59	100% omítka/beton

* Min/max hodnoty 0,56/4,66MPa v závislosti na konkrétním místě, závislé na homogenitě spodní vrstvy betonu v PŘÍZEMÍ

6. Výsledky a vyhodnocení zkoušek - SKOŘEPINA

6.1. Vizualní prohlídka

Při vizuální prohlídce skořepiny jsou na první pohled jasně viditelná místa s porušenou povrchovou vrstvou betonu/stěrky a rozsáhlá laminární koroze výztuže v těchto místech. Dalším na první pohled viditelným poškozením jsou vápenaté výluhy. Tyto výluhy jsou způsobeny zatékáním vody do konstrukce skořepiny přes střešní krytinu. Střešní krytina je tvořena ocelovým plechem, který je v mnoha místech prorezavělý a neplní tak svoji funkci. Následkem toho se dostává srážková voda do nosné konstrukce skořepiny a přes jeho porovitou strukturu betonu, systém trhlinek a ponechané zbytky dřevěného bednění (distančníky) dochází k postupnému vyplavování vápenatých iontů z hydratačních produktů betonu. Na povrchu, kde reagují se vzdušným oxidem uhličitým, tak vznikají usazeniny a časem novotvary uhličitanu vápenatého. Tímto následkem vznikají výrazné usazeniny vápence na povrchu skořepiny v oblasti trhlinek, viz Obr.17.

Šířky trhlinek nejsou výrazné jako u dříku, pohybovaly se do 0,3 mm.

Pronikání vody je vzhledem k množství viditelných výluhů dlouhodobý. V místech, kde dochází k protékání vody je patrná výrazná laminární koroze výztuže, která vedla k zmíněnému odpadnutí krycí vrstvy betonu. Rovněž v místech ponechané části dřevěného bednění došlo vlivem nasáknutí dřeva vodou k jeho objemovému zvětšení a tím k odpadnutí vrchní vrstvy betonu.

Poznámka:

V průběhu prováděných diagnostických prací (květen-červenec) prošlo oblastí několik bouřek a silných déletrvajících dešťů, pronikání vody do vnitřního prostoru VV skrz samotnou skořepinu nebylo pozorováno, což může znamenat, že tyto trhlinky byly zaceleny a k dalšímu pronikání vody nedochází nebo je velmi výrazně zpomalen. Povrchová vlhkost skořepiny zjištěná kapacitním vlhkoměrem (do hloubky 25mm) se však pohybovala v rozmezí 6 - 7%.



Obr. 17. Pohled na skořepinu, viditelné stopy po pronikání vody systémem trhlinek v betonu



Obr. 18. Odpadnutí krycí vrstvy betonu a vrchní jemnozrné reprofilační vrstvy, pokročilá laminární koroze výztuže. Opět viditelné stopy po pronikání vody.



Obr. 19. Odpadnutí vrchní vrstvy betonu vlivem bobtnání dřeva. Viditelné ukončení jedné z prutových výztuží 35 cm od vnitřního okraje skořepiny.

V rámci prováděných zkoušek byla zjištěna povrchová úprava betonového povrchu pomocí jemnozrné cementové stěrky. Především v oblasti méně kvalitního betonu tato vrstva sloužila jako konzervační vrstva, což zamezilo rozsáhlejšímu poškození ocelové výztuže. Na této stěrce bylo provedeno orientačně několik zkoušek Schmidtovým tvrdoměrem, než došlo k úplnému vybroušení na beton a u této stěrky byly zaznamenány až 2x vyšší hodnoty pevností než u samotného betonu, z čehož se dá usuzovat, že tato vrstva měla ochránit povrchovou vrstvu betonu před rozsáhlejším poškozením.



Obr. 20. Viditelná hrubá struktura betonu s velkými kavernami a dutinami zejména v okolí výztuže. Viditelné až po obroušení vrchní jemnozrné reprofilační vrstvy. Na fotce je rovněž viditelná horizontální výztuž bez krytí původním betonem.

Z hlediska konstrukce skořepiny je skořepina tvořena nosnou částí v tloušťce 100-110 mm (včetně cementové stěrky v interiérové části) a nenosnou částí tvořenou betonovou a pórobetonovou částí rovněž v tloušťce 100-110 mm. Nenosná konstrukce skořepiny je tvořená pórobetonovými bloky, které jsou zality zvrchu betonem. Vzniklá betonová konstrukce je tvořena žebry, které jsou mezi bloky pórobetonu a deskou. Všechny další zkoušky u skořepiny se týkají pouze nosné části konstrukce. Nosná ŽB skořepina a nenosné souvrství porobetonu a betonu není vzájemně propojeno a v místech vývrtů byly od sebe až 10mm.



Obr. 21. Složení střešní konstrukce po výšce. V místě vývrtu viditelná 1cm tlustá škvíra mezi ŽB skořepinou a vrchní vrstvou pórobetonu.

6.2. Karbonatace betonu

Karbonatace betonu byla stanovena pomocí roztoku fenolftaleinu. Princip této metody je popsán v kapitole 4.2. Karbonatace byla stanovena jednak na jádrových vývrtech a poté na taky na zkušebních vrtech.

Výsledky karbonatace u skořepiny byly značně rozdílné. V oblasti zkušebního jádrového vrtu označeného SV1 byla karbonatace 2,5 cm z interiéru a z vnější části karbonatace nebyla pozorována. U dalších zkušebních míst byla hloubka karbonatace daleko větší. U vzorku SV 2 byla karbonatace z interiéru 8,0 cm a z vnější strany 1,5 cm, viz Obr. 21. U vzorku SV 3 byla karbonatace z interiéru 7,0 cm a z vnější strany 1,0 cm. U vzorku SV 4 byla karbonatace z interiéru 6,0 cm a z vnější strany 3,0 cm. Karbonatace u zkušebních vrtů odpovídala přibližně karbonataci zjištěné pomocí jádrových vrtů.

Z výjimkou jedné části konstrukce je zkarbonatovaný téměř celý průřez nosné části skořepiny a výztuž již není pasivována zásaditým prostředím a může probíhat koroze ocelové výztuže.

6.3. Stanovení pevnosti v tlaku betonu na vývrtech

Pro skořepinu byl zvolen průměr vrtné korunky 75 mm vzhledem k celkové tloušťce konstrukce 100 mm a předpokládanému vysokému vyztužení. Celkem byly provedeny 4 vrt. Vrt označený SV 2 nebyl pro stanovení pevnosti použit, protože v rámci tohoto vzorku bylo rozsáhlé šterkové hnízdo, v rámci kterého nemohl být vzorek ani připraven pro stanovení pevnosti v tlaku. Ostatní vzorky byly připraveny dle kapitoly 4.3. Krychelná pevnost v tlaku u vzorku SV 1 byla 32,1 MPa a byla výrazně vyšší než zbývající dva vzorky (SV 3 a SV 4), u kterých byla průměrná pevnost v tlaku 23,1 MPa. Průměrná pevnost všech tří vzorků byla 26,1 MPa. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.C. Fotodokumentace jádrových vývrtů, včetně podrobného popisu se nachází v Příloze 2.

Tabulka 10. Výsledky ze zkoušení pevnosti v tlaku

Veličina	označení	jednotka	Skořepina
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	21,70
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	26,1
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	32,10
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	5,30
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2210±70

6.4. Pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Před samotným zkoušením musel být povrch skořepiny upraven, aby se zkoušel povrch betonu a ne povrchová úprava skořepiny. Zkušební místa byla zvolena, tak aby rovnoměrně pokryly celou plochu skořepiny. Celkem bylo odzkoušeno 14 zkušebních míst. Zkušební místa (místa SK4, SK10A a SK6) vertikálně v pásu vrtu SV 3 vyšla výrazně méně než ostatní zkušební místa, zřejmě vlivem vysoké porovitosti a množství dutin, při statistickém výpočtu charakteristické pevnosti proto nebyly brány v úvahu. V tabulce 11. jsou uvedeny výsledky z vyhodnocení. Charakteristická pevnost v tlaku je $f_{c,cube}=19,2\text{MPa}$.

Tabulka 11. Statistické vyhodnocení pevnosti v tlaku tvrdoměrnou metodou s upřesněním pomocí jádrových vývrtů

Veličina	označení	jednotka	Skořepina
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	14,20
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	27,7
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	32,30
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	4,50
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	16
Počet platných vzorků	n	[n]	11
V_x známý / neznámý		[-]	neznámý
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	1,90
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	19,2
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m³]	2210±70

Tabulka 12. Zatřídění zkoušeného betonu skořepiny do pevnostní třídy

Zatřídění dle normy	Pevnostní třídy betonu
	Skořepina
Dle ČSN EN 206	C12/15
Dle ČSN 73 2400:1989	B15
Dle ČSN 73 2001:1970	I
Dle ČSN 73 1201:1967	170
Dle ČSN 1090:1931; ČSN 1230:1937	e

6.5. Vyztužení betonu, včetně stanovení druhu, stavu a krytí výztuže

Skořepina je vyztužena v obou směrech u spodního okraje skořepiny. Problémem tohoto vyztužení je, že není zajištěno rovnoměrné krytí v ploše skořepiny. V některých místech je krytí zajištěno pouze jemnozrnnou stěrkou, kterou je opatřen povrch skořepiny. Na lokálních místech je tato stěrka porušena a dochází k poškození výztuže laminární korozi. Obvykle se krytí výztuže pohybovalo kolem 10 mm u přímé výztuže a na ní byla položena oblouková výztuž. Použitá přímá výztuž byla \varnothing 8 mm a oblouková výztuž byla \varnothing 6 mm. v rámci vyztužení byly identifikovány dva typy výztuže. První typ byla hladká výztuž Typ 10 002 a slzičková výztuž Typ Laros 10 512. Výztuž, která byla pevně ukotvena v betonové vrstvě, vykazovala pouze rovnoměrnou povrchovou korozi. Výztuž, která byla odhalena, vykazovala výrazné poškození laminární korozi.

Průběh výztuže je uveden ve výkresové dokumentaci v Příloze 4.C.

Tabulka 13. Charakteristika použité výztuže v konstrukci

Výztuž	Tvar a typ výztuže	Typ výztuže	Změřený průměr	Umístění (hloubka)	Minimální krytí výztuže	Míra koroze
Přímá výztuž	Hladká nebo slzičková výztuž	10002 a 10512	8 mm	0-2 cm	0 cm	Lokální výrazná laminární koroze
Oblouková výztuž	Hladká nebo slzičková výztuž	10002 a 10512	6 mm	0-3 cm	0 cm	Bez výrazné koroze, místní laminární koroze u trhlin, jinak chráněna betonem

6.6. Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu

Pro zkoušení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu byly využity zkušební místa připravené pro stanovení pevnosti v tlaku. Zkušební terčíky byly přilepeny pomocí epoxidové pryskyřice a zafixovány pomocí pásky. Po vytvrzení epoxidové pryskyřice byly zkušební terčíky obřezány a následně zkušebním zařízením odtrženy. Celkem bylo testováno 5 zkušebních míst. Průměrná pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu stanovená ze 4 hodnot byla $1,09 \pm 0,32$ MPa. Pátá hodnota byla z průměru hodnot vyloučena, protože byla výrazně vyšší. Tato pevnost byla 3,52 MPa. U všech zkušebních míst došlo k porušení v betonové vrstvě.

7. Výsledky a vyhodnocení zkoušek – KONZOLY

7.1. Vizualní prohlídka

Z hlediska vizuálního posouzení musíme konzole rozdělit do západního směru a do zbývajících směrů. U západního směru (SZ, Z a JZ) je rozsáhlé poškození krycí vrstvy a výrazná laminární koroze výztuže. Ve zbývajících směrech je míra poškození v menší míře a odpadání povrchových vrstev vlivem koroze výztuže je pouze lokální.

Vzhledem ke různému stavu konzol byly pro další zkoušení vybrány konzoly:

1. v jižní části (konzola 1 a 2 - bez vizuálně viditelných výrazných vad a poruch)
2. v západní části s nejvyšší viditelnou degradací konzol (konzoly 3 a 4).

Na konzolách byly aplikovány různé typy omítek. Prvním typem byla jemná cementová stěrka v tloušťce do 4 mm. Druhým typem byla hrubozrná cementová omítka v tloušťce do 10 mm.

Na omítkách se lokálně objevovaly vápenaté výluhy, což je způsobeno zatékáním do konstrukce, viz Obr.5 a Obr. 22 c), následkem, čehož jsou vyplavovány vápenaté ionty, které potom reagují se vzdušným oxidem uhličitým. Tímto následně dochází k vysrážení vápence na povrchu konzol.

Na omítce se vyskytovalo několik lokálních trhlin. Po odstranění omítky bylo zjištěno, že tyto trhlinky jsou i v nosné betonové konstrukci konzoly 1 (místo KS2) a konzoly 4 (místo 4KS1). Tyto trhlinky jsou vertikální v tloušťkách do 0,7 mm. (Obr. 22.b) Po zbroušení omítky byly na konzolách výrazně patrné pracovní spáry mezi jednotlivými betonářskými celky, viz Obr. 22.a).



Obr. 22. a) Vertikální trhlina, tl. 0,7 mm (vlevo) b) Viditelné pracovní spáry v betonu (uprostřed) c) Vyluhování v místě zatékání, v místě vertikální výztuže typu ROXOR, nahoře již je vidět odpadávání povrchové vrstvy betonu vlivem výrazné koroze výztuže.

7.2. Karbonatace betonu

Karbonatace betonu byla stanovena pomocí roztoku fenolftaleinu. Princip této metody je popsán v kapitole 4.2. Karbonatace byla stanovena jednak na jádrových vývrtech a poté na taky na zkušebních vrtech. Stanovení karbonatace na jádrových vývrtech bylo provedeno tak, že po vyjmutí vzorku s vrtací korunky byl vzorek opláchnut vodou, aby se očistil od vyplavovaného materiálu, který vzniká při vrtání. Následně byl vzorek povrchově osušen a poté byl na vzorek aplikován roztok fenolftaleinu. Na základě reakce fenolftaleinu byla změřena hloubka karbonatace. Hloubka karbonatace se pohybuje průměrně kolem 2 cm. Maximální hodnota karbonatace byla na konzole 4, kde byla hloubka karbonatace 3-4cm.

7.3. Stanovení pevnosti v tlaku betonu na vývrtech

Pro skořepinu byl zvolen průměr vrtné korunky 107 mm. Celkem byly provedeny 4 vrty na 4 konzolách. Z každého vrtu byly následně připraveny dva zkušební vzorky celkem tedy bylo odzkoušeno 8 vzorků pro stanovení krychelné pevnosti v tlaku. Vzorky z vrtu označeného 3VK vyšly výrazně více než u ostatních vývrtů a tudíž byly vyřazeny z výpočtu charakteristické pevnosti, která je rovna $f_{c,x} = (56,8 \pm 3,5)$ MPa. Pro výpočet charakteristické pevnosti bylo využito zbývajících 6 vzorků. Průměrná pevnost těchto vzorků $f_{c,x} = (34,9 \pm 3,6)$ MPa. Vypočtená charakteristická pevnost je uvedena v tabulce 14. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.D. Fotodokumentace jádrových vývrtů, včetně podrobného popisu se nachází v Příloze 2

Tabulka 14. Výsledky ze zkoušení pevnosti v tlaku

Veličina	označení	jednotka	Konzoly 1,2,4	Konzola 3
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	32,10	54,40
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	34,9	56,8
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	41,20	59,30
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	S_x	[MPa]	3,60	3,50
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	10	-
Počet platných vzorků	n	[n]	6	2
V_x známý / neznámý		[-]	neznámý	-
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,18	-
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	27,0	-
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m ³]	2190±40	2190±40

7.4. Pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Před samotným zkoušením musel být povrch konzol upraven, aby se zkoušel povrch betonu a ne povrchová úprava konzoly. Zkušební místa byly zvoleny, v ploše kolem jádrového vývrtu aby mohl být poté využit součinitel pro přepočet z destruktivního zkoušení. Celkem bylo odzkoušeno 12 zkušebních míst. Výsledné pevnosti jsou uvedeny v tabulce 15. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.D.

Tabulka 15. Statistické vyhodnocení pevnosti v tlaku tvrdoměrnou metodou s upřesněním pomocí jádrových vývrtů

Veličina	označení	jednotka	Konzoly
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	30,10
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	36
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	47,20
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	5,60
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	16
Počet platných vzorků	n	[n]	12
V_x známý / neznámý		[-]	neznámý
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	1,89
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	25,4
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m³]	2190±40

Tabulka 16. Zatřídění zkoušeného betonu skořepiny do pevnostní třídy

Zatřídění dle normy	Pevnostní třídy betonu
	Konzoly
Dle ČSN EN 206	C20/25
Dle ČSN 73 2400:1989	B25
Dle ČSN 73 2001:1970	III
Dle ČSN 73 1201:1967	250
Dle ČSN 1090:1931; ČSN 1230:1937	f

7.5. Vyztužení betonu, včetně stanovení druhu, stavu a krytí výztuže

Konzoly jsou vyztuženy 6 vodorovnými pruty nad sebou ve dvou řadách a jedním prutem ve dvou řadách přibližně do $\frac{1}{4}$ délky konzoly od paty. Dále třemi šikmými pruty opět ve dvou řadách. Následně je konzola vyztužena třmínky ve dvou osových vzdálenostech. Přibližně do půlky délky konzoly je maximální osová vzdálenost třmínků 310 mm a v druhé půlce v maximální osově vzdálenosti 160 mm. V konzole jsou rovněž dva svislé pruty ve dvou řadách v blízkosti třmínků. Všechna použitá výztuž je typu ROXOR 10 512 ve dvou průměrech 12 a 26 mm. Kromě třmínků, které měly \varnothing 12 mm byly všechny zbývající pruty \varnothing 26 mm. Šikmá výztuž nebyla měřena, předpokládá se stejný průměr. Z hlediska koroze výztuže musíme rozdělit do dvou skupin a to do oblasti západní a zbytek konstrukce. V západní oblasti jsou výrazně vidět projevy laminární koroze především u třmínků ze spodní strany. V rámci sekaných sond u západní strany stavby byla odhaleny vodorovné spodní pruty, které byly rovněž rozsáhle poškozeny laminární korozi. U zbývajících směrů nebyla zaznamenána laminární koroze výztuže.

Krytí výztuže u třmínků se pohybovalo kolem 20 mm a u hlavní vodorovné výztuže kolem 40 mm.

Tabulka 17. Charakteristika použité výztuže v konstrukci

Výztuž	Tvar a typ výztuže	Typ výztuže	Průměr	Umístění (hloubka)	Minimální krytí výztuže	Míra koroze
Hlavní výztuž	Roxor	10512	26 mm	4 cm	4 cm	Západní směr lokálně rozsáhlá laminární koroze
Třmínky	Roxor	10512	12 mm	2 cm	2 cm	Západní směr lokálně rozsáhlá laminární koroze
Středová šikmá výztuž	Roxor	10512	(26 mm)	7 cm	7 cm	

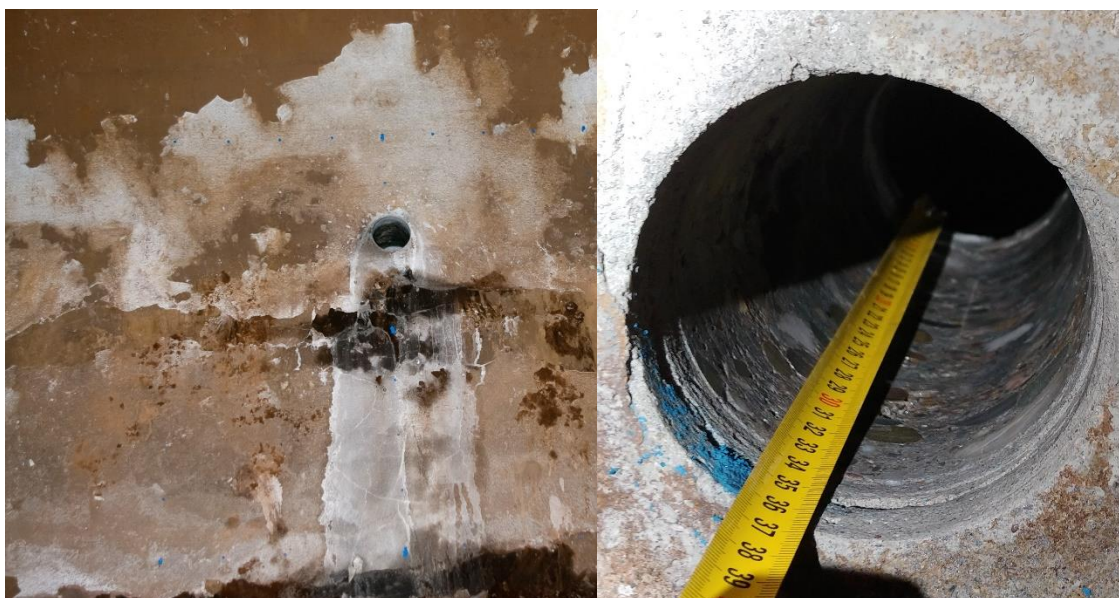
7.6. Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu

Pro zkoušení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu byly využity zkušební místa připravené pro stanovení pevnosti v tlaku schmidtovým tvrdoměrem. Zkušební terčíky byly přilepeny pomocí dvousložkové epoxidové pryskyřice a zafixovány pomocí pásky. Po vytvrzení epoxidové pryskyřice byly zkušební terčíky obřezány a následně zkušebním zařízením odtrženy. Celkem bylo testováno 9 zkušebních míst. Průměrná pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu byla stanovena z 5 hodnot a byla $3,72 \pm 0,77$ MPa. Čtyři hodnoty byly z průměrné pevnosti vyloučeny (2 výrazně vyšší a 2 výrazně nižší). Minimální zjištěná pevnost byla 0,74 MPa a maximální pevnost byla 6,03 MPa. Všechny vzorky byly porušeny v betonové vrstvě.

8. Výsledky a vyhodnocení zkoušek - ŠIKMÁ ČÁST NÁDRŽE

8.1. Vizuální prohlídka

Při vizuálním posouzení vnitřní strany nádrže je na první pohled vidět rozsáhlé poškození jemnozrnné povrchové stěrky. Pod touto stěrkou se nacházela druhá povrchová úprava nádrže v tloušťce přibližně 1-2 cm a až pod ní se nachází samotná konstrukce ŽB nádrže. Výška betonu této šikmé části nádrže je 35cm.



Obr. 23. Vrchní odlupující se stěrka a vrstva omítky ve vnitřní části nádrže (Vlevo). Skladba šikmé nádrže po výšce. (Vpravo)

Z vnější strany nádrže lze vidět, že vyztužení je vysoké a výztuž byla položena přímo na bednění - chybí tedy úplně krytí výztuže. Z Obr 25 je viditelné rovněž nedostatečné prohnutí betonu u výztuže a výskyt mnoha štěrkových hnízd. Krycí vrstvu měla zajišťovat vrchní stěrka, která byla dodatečně aplikována v tloušťce 2-20mm. Na vnější straně se celkově vyskytuje cca 15-20% míst s odpadlou jemnozrnnou krycí vrstvou, kde jsou obnažené výztužné pruty zasažené rozsáhlou korozí s korozivními úbytky 30 až 50%. Po celém obvodu jsou zde patrná velká množství míst s vyvěrajícími výluhy v místech lokálních trhlinek v tloušťce do 0,5 mm. Princip tvorby výluhu je popsán v kapitolách 6.1 a 7.1. Patrné je také vyplavování korozních produktů z výztuže, viz Obr 24 a 25.

Rovněž u obou provedených vývrtů byla nalezena rozsáhlá štěrková hnízda, což je zapříčiněno nedostatečným zhuťnutím čerstvého betonu.



Obr. 24. Prosakující místa a výluhy v místě trhlinek a dutin. Krytí výztuže vrchní stěrkou místy jen 2mm.



Obr. 25. (Vlevo) Aplikovaná jemnozrnná hmota jako krytí výztuže, (Vpravo nahoře) vyplavující se korozní produkty obnažené vertikální výztuže, (Vpravo dole) Oslabení průřezu výztuží až o 50%.

8.2. Karbonatace betonu

Karbonatace betonu byla stanovena pomocí roztoku fenolftaleinu. Princip této metody je popsán v kapitole 4.2. Karbonatace byla na jádrovém vývrtu. Z vnitřní strany konstrukce nebyla zaznamenána žádná karbonatace, zřejmě vlivem ponoření ve vodě a po ukončení činnosti díky

ochraně povrchu betonu několika povrchovými ochrannými vrstvami. Z vnější strany se hloubka karbonatace pohybovala do 4cm.

8.3. Stanovení pevnosti v tlaku betonu na vývrtech

Byl proveden jeden vrt s korunkou o průměru 75 mm, vzhledem k rozsáhlému šterkovému hnízdě bylo možné využít pouze jeden reprezentativní vzorek označený jako NS1/2. Pro druhý vývrt byla zvolena korunka průměru 107 mm. Byl proveden jeden reprezentativní vývrt ze, kterého byly připraveny dva zkušební vzorky. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.B. Fotodokumentace jádrových vývrtů, včetně podrobného popisu se nachází v Příloze 2.

Tabulka 18. Výsledky ze zkoušení pevnosti v tlaku

Veličina	označení	jednotka	Nádrž
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	29,70
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	35,3
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	43,40
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	7,20
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m³]	2290±40

8.4. Pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Před samotným zkoušením musel být povrch nádrže upraven, aby se zkoušel povrch betonu a ne povrchové úpravy nádrže. Zkušební místa byla zvolena, tak aby pokryly celý obvod nádrže. Celkem bylo odzkoušeno 6 zkušebních míst. Podrobné výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.B. Vyhodnocení charakteristické pevnosti je uvedeno v tabulce č.19.

Tabulka 19. Statistické vyhodnocení pevnosti v tlaku tvrdoměrnou metodou s upřesněním pomocí jádrových vývrtů

Veličina	označení	jednotka	Nádrž
Minimální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,min}$	[MPa]	27,0
Střední (průměrná) hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,x}$	[MPa]	29,9
Maximální hodnota krychelné pevnosti betonu	$f_{c,max}$	[MPa]	33,3
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	[MPa]	2,6
Výsledný variační koeficient	V_x	[%]	9
Počet platných vzorků	n	[n]	6
V_x známý / neznámý		[-]	neznámý
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	k_n	[-]	2,18
Rozdělení normální / lognormální		[-]	normální
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,cube}$	[MPa]	24,1
Objemová hmotnost betonu	ρ	[kg/m³]	2290±40

Tabulka 20. Zatřídění zkoušeného betonu skořepiny do pevnostní třídy

Zatřídění dle normy	Pevnostní třídy betonu
	Šikmá část nádrže
Dle ČSN EN 206	C16/20
Dle ČSN 73 2400:1989	B20
Dle ČSN 73 2001:1970	III
Dle ČSN 73 1201:1967	250
Dle ČSN 1090:1931; ČSN 1230:1937	f

8.5. Vyztužení betonu, včetně stanovení druhu, stavu a krytí výztuže

Vodorovná výztuž u horního okraje Ø 15 mm typ 10 002/10 452 hladká výztuž. Tato výztuž je pouze s rovnoměrnou povrchovou korozí. Krytí této výztuže se pohybuje v mezích 4-5 cm (bez vrchní vrstvy). Svislá výztuž u horního okraje Ø 10 mm opět pouze rovnoměrná povrchová koroze.

Vodorovná výztuž u spodního okraje (podélné žebírka) Ø 15 mm typ 10 452 lokální a svislá výztuž dva typy průměrů Ø 10 mm a Ø 15 mm typ 10 002 a 10 452. Krytí spodní výztuže 0-2 cm. Výztuž u spodního okraje nádrže lokálně poškozena rozsáhlou laminární korozí s korozivními úbytky kolem 30%-50%.

Tabulka 1. Charakteristika použité výztuže v konstrukci

Výztuž	Tvar a typ výztuže	Typ výztuže	Změřený průměr	Umístění (hloubka)	Minimální krytí výztuže	Míra koroze
Hlavní-vodorovná výztuž - horní	Hladká nebo hladká s 2 podélnými žebry	10 002/10452	15-15,7 mm	5 cm	5 cm *	Bez koroze nebo pouze nízká rovnoměrná povrchová koroze
Svislá výztuž - horní	Hladká nebo hladká s 2 podélnými žebry	10 002/10452	10-10,5 mm	4 cm	4 cm	Bez koroze nebo pouze rovnoměrná povrchová koroze
Hlavní-vodorovná výztuž - spodní	Hladká nebo hladká s 2 podélnými žebry	10 002/10452	15-15,7 mm	2 cm	2 cm *	Lokálně výrazná laminární koroze
Svislá výztuž - spodní	Hladká nebo hladká s 2 podélnými žebry	10 002/10452	10-10,5 mm	0-2 cm	0 cm	Lokálně výrazná laminární koroze koroze

8.6. Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu

Pro zkoušení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu byly využity zkušební místa připravené pro stanovení pevnosti v tlaku schmidtovým sklerometrem. Zkušební terčíky byly přilepeny pomocí dvousložkové epoxidové pryskyřice a zařazeny pomocí pásky. Po vytvrzení epoxidové pryskyřice byly zkušební terčíky ořezány a následně zkušebním zařízením odtrženy. Celkem byly testovány 4 zkušební místa. Průměrná pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu byla stanovena ze 3 hodnot a byla 2,94±0,57 MPa. Čtvrtá hodnota byla z měření vyloučena, tato pevnost byla 1,32 MPa.

9. Závěr

Na konstrukci byly provedeny práce, jejíž výsledky jsou v jednotlivých kapitolách. Na základě získaných výsledků lze v rámci zprávy navíc konstatovat následující:

1. Na výsledcích dříku je patrné, že byl na stavbu použit kvalitní beton, problémem byla technologická nekázeň nebo byl navržen příliš suchý beton, tudíž nebyla možnost jeho kvalitního zpracování do bednění. Tam, kde se podařilo zapracovat a ztuhnout správně beton do bednění dosahují pevnosti maximálních pevností až 75MPa (V9/2), naopak v případě PŘÍZEMÍ do 1,5m výšky je minimální pevnost pouze 24MPa (V15/1).
2. S předchozím bodem souvisí i množství pracovních spár, které jsou špatně provázány a v místě těchto spár i kolem jakékoliv výztuže je velké množství dutin a kaveren.
3. Tato skutečnost (z bodu 2) platí pro beton ve všech konstrukčních částech VV a výrazně se to obecně projevuje v místech výztuže, zejména tam, kde je vyztužení vyšší (např. skořepina, spodní část nádrže)
4. Na první pohled se liší barva betonu v 1.PP od PŘÍZEMÍ a zbytku dříku. V 1.PP se jedná o výrazně béžovou barvu, což pravděpodobně je způsobeno použitím mnohem nižšího množství cementu než v patrech nadzemních. V PŘÍZEMÍ, v části do výšky 160cm je naopak velmi sytější šedý a ačkoliv obsahuje velmi významně vyšší množství kaveren, dutin a pórů než zbytek konstrukce VV, jeho tvrdost je vysoká a pevnost není až tak nízká, jak se původně při odběru vzorků předpokládalo. Vysoké množství cementu v pásu do 160cm v přízemí je také příčinou téměř nulové karbonatace betonu v této části.



Obr. 26. Barevnost cementového kamene u reprezentativních vzorků betonu (po zkoušce pevnosti v tlaku) odebraných v různých výškách dříku. Zleva: z 1.PP, PŘÍZEMÍ (do 160cm) a z 2.NP.

5. Beton v 1.PP vykázal také nejnižší hodnoty pevností v tlaku (souvislost s bodem 4.)
6. Pás v PŘÍZEMÍ do výšky 160cm je vysoce nehomogenní s velkým obsahem kaveren, dutin a pórů a je doporučeno jej sanovat.



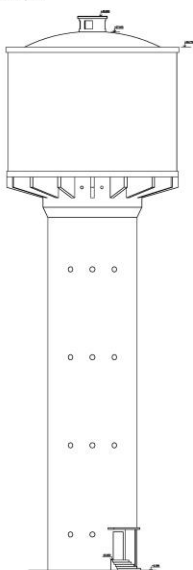
Obr. 27. Porovnání vývrtů ze spodní části dříku - dole vývrty z pásu do 160cm – nahoře vývrty vyšších pater

7. V místě průběhu vertikální výztuže jsou staticky významné trhliny skrz celou tloušťku dříku. Výztuž dříku je tedy ve většině případů obnažena a dochází k její korozi. Je doporučeno před sanací trhlín použití inhibitorů koroze.
8. Beton ve skořepině je nesourodý, některá místa vykazovala nižší pevnosti získané schmidtovým tvrdoměrem z důvodu vysokého množství porů a kaveren v těchto místech, viz výsledky.
9. Výztuž ve vnější části nádrže – Vzhledem k vysoce korozivnímu prostředí (pronikání vody ze střešní konstrukce a pomalé vysychání=udržování trvalé vlhkosti) je pravděpodobně zasažená výztuž i v místech s prozatím neporušenou vnější vrstvou, která však v mnohých místech je pouze v řádu milimetrů a není zde žádná ochrana (krycí vrstva) vůči korozi výztuže.

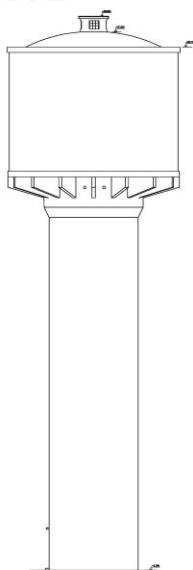
Příloha 1

Zaměření stávajícího stavu.
Dokumentace dodaná zadavatelem.

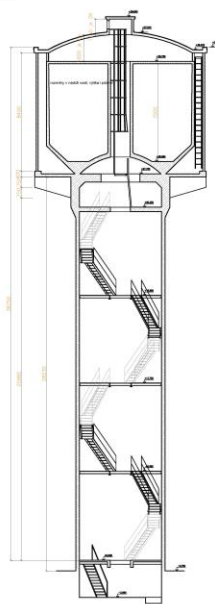
POHLED JIŽNÍ



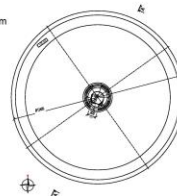
POHLED SEVERNÍ



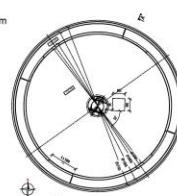
ŘEZ A-A'



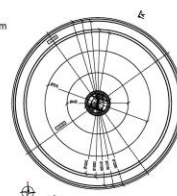
PŮDORYS +37.64 m



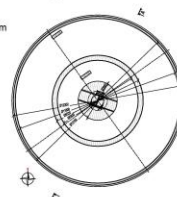
PŮDORYS +35.75 m



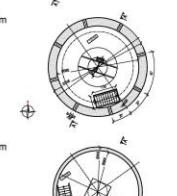
PŮDORYS +30.00 m



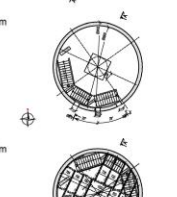
PŮDORYS +27.70 m



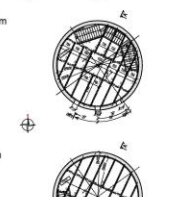
PŮDORYS +25.30 m



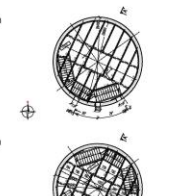
PŮDORYS +18.99 m



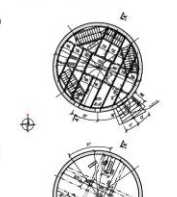
PŮDORYS +12.70 m



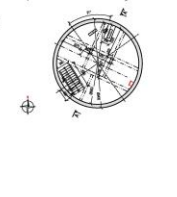
PŮDORYS +6.38 m



PŮDORYS 0.000 m











PŮDORYS -2.66 m










Příloha 2





Podrobný popis vývrtů





<p>Označení: V1</p>	<p>Popis: Mezerovitá struktura betonu s velkými póry, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, drolení povrchové vrstvy do cca 2 cm, celková délka 225 mm.</p>	<p>Označení: V2</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 5-10 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, vysoká pórovitost, celková délka 230 mm.</p>
			
<p>Označení: V3</p>	<p>Popis: Mezerovitá struktura betonu s velkými póry, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, viditelná pracovní spára, horizontální výztuž Ø6 mm, krytí 57 mm, celková délka 220 mm.</p>	<p>Označení: V4</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 5 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonatace I-10 mm a E - 3mm pod omítkou, celková délka 230 mm.</p>
			





<p>Označení: V5</p>	<p>Popis: Velká zrna frakce až D_{\max} 50 mm, nekubická zrna, nízká pórovitost, karbonatace I-20 mm a E - 15mm pod omítkou, celková délka 230 mm.</p>	<p>Označení: V6</p>	<p>Popis: Vrt ve svislé trhlině pouze po svislou výztuž + sekaná sonda,</p>
			
<p>Označení: V7</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 4 - 7 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, velká zrna frakce až D_{\max} 60 mm, nízká pórovitost, karbonatace I-15 mm a E - 5 mm pod omítkou, celková délka 227 mm.</p>	<p>Označení: V8</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 4 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, velká zrna frakce až D_{\max} 50 mm nízká pórovitost, karbonatace I-25 mm a E - 7 mm pod omítkou, celková délka 225 mm.</p>
			


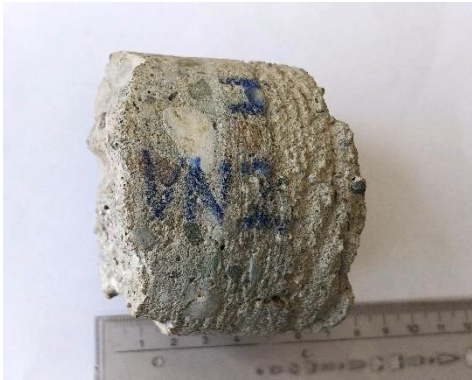
<p>Označení: V9</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 6 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, velká zrna frakce až D_{\max} 50 mm, nízká pórovitost, karbonátace I-20 mm a E - 16 mm pod omítkou, celková délka 235 mm.</p>	<p>Označení: V10</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 6 mm, použité kamenivo bylo těžené, nekibická zrna, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonátace I-23 mm a E - 10 mm pod omítkou, celková délka 215 mm.</p>
			
<p>Označení: V11</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 6 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonátace I-32 mm a E - 30 mm pod omítkou, celková délka 240 mm.</p>	<p>Označení: V12</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 2-8 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonátace I-15 mm a E - 3 mm pod omítkou, celková délka 214 mm.</p>
			

<p>Označení: V13</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 5 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonatace I-15 mm a E - 2 mm pod omítkou, celková délka 230 mm.</p>	<p>Označení: V14</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 5 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, nízká pórovitost, karbonatace I-10 mm a E - 9 mm pod omítkou celková délka 220 mm.</p>
			
<p>Označení: V15</p>	<p>Popis: Omítka v tl. 5 mm, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, mezerovitá struktura betonu s velkými póry, viditelná pracovní spára, nesoudržný beton-drolení povrchové vrstvy, karbonatace I-30 mm a E - 0 mm pod omítkou celková délka 220 mm.</p>		
			

<p>Označení: Sekaná sonda u V1</p>	<p>Popis: Sekaná sonda v místě svislé trhliny, která prochází celým dřikem, svislá výztuž oslabený průřez Ø 26,5 mm - rozsáhlá laminární koroze - krytí 10 cm z interiéru, vodorovná výztuž Ø 7 mm - povrchová koroze - krytí 13 cm z interiéru.</p>	<p>Označení: Sekaná sonda u V6</p>	<p>Popis: Sekaná sonda v místě svislé trhliny, která prochází celým dřikem, svislá výztuž oslabený průřez Ø 26 mm - rozsáhlá laminární koroze - krytí 6,5 cm z interiéru.</p>
			
<p>Označení: Sekaná sonda u V12</p>	<p>Popis: Sekaná sonda v místě bez trhliny, svislá výztuž Ø 29 mm - rovnoměrná mírná povrchová koroze - krytí 9 cm z interiéru, vodorovná výztuž Ø 8 mm - bez koroze - krytí 14 cm z interiéru.</p>	<p>Označení: Sekaná sonda Sek.1</p>	<p>Popis: Sekaná sonda v místě svislé trhliny, která prochází celým dřikem, svislá výztuž oslabený průřez Ø 26 mm - rozsáhlá laminární koroze - krytí 10,5 cm z interiéru.</p>
			

Označení: VK1	Popis: Nízká pórovitost, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, povrchová trhлина do cca 2 cm.	Označení: VK2	Popis: Nízká pórovitost, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, povrchová trhлина (pracovní spára).
			
Označení: VK3	Popis: Nízká pórovitost, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, povrchová trhлина do cca 3 cm.	Označení: VK4	Popis: Mírně vyšší pórovitost, použité kamenivo bylo těžené, rovnoměrné rozložení kameniva, velké zrno D_{\max} -60 mm.
			

<p>Označení: SV1</p>	<p>Popis: Nosná kce skořepiny 100 mm (součástí je jemnozrnná stěrka) + betonová žebra vyplněná pórobetonem, nízká pórovitost, rovnoměrné rozložení kameniva, použité těžené kamenivo, karbonatace nosná část I - 2,5 cm a E - 0 cm.</p>	<p>Označení: SV2</p>	<p>Popis: Nosná kce skořepiny 100 mm (součástí je jemnozrnná stěrka) + betonová žebra vyplněná pórobetonem, štěrkové hnízdo, rovnoměrné rozložení kameniva, použité těžené kamenivo, karbonatace nosná část I - 8 cm a E - 1,5 cm.</p>
			
<p>Označení: SV3</p>	<p>Popis: Nosná kce skořepiny 100 mm (součástí je jemnozrnná stěrka) + betonová žebra vyplněná pórobetonem, nízká pórovitost, rovnoměrné rozložení kameniva, použité těžené kamenivo, karbonatace nosná část I - 7 cm a E - 1 cm.</p>	<p>Označení: SV4</p>	<p>Popis: Nosná kce skořepiny 100 mm (součástí je jemnozrnná stěrka)+ betonová žebra vyplněná pórobetonem, nízká pórovitost, rovnoměrné rozložení kameniva, použité těžené kamenivo, karbonatace nosná část I - 6 cm a E - 3 cm.</p>
			

<p>Označení: VN1</p>	<p>Popis: Nízká pórovitost, těžené kamenivo, rovnoměrné rozložení kameniva, u horního okraje vertikální výztuž Ø 10,3 mm lokální povrchová koroze, horizontální výztuž Ø 15,5 mm rovnoměrná povrchová koroze, u spodního okraje vertikální výztuž Ø 10 mm – rozsáhlá laminární koroze, horizontální výztuž Ø 15,5 mm – rozsáhlá lokální laminární koroze, rozsáhlé štěrkové hnízdo.</p>	<p>Označení: VN2</p>	<p>Popis: Nízká pórovitost, těžené kamenivo, rovnoměrné rozložení kameniva, rozsáhlé štěrkové hnízdo, viditelné pracovní spáry. Vzorek rozpadavý.</p>
			

Příloha 3. A

Podrobné výsledky z provedených zkoušek na dříku

I. Stanovení pevnosti v tlaku destruktivně na vývrtech

Označení	Rozměry vzorku		hmotnost m [g]	Max. síla F [kN]	štíhlost vzorku [-]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{c, cube}$ [MPa]
	průměr	délka					
	D [mm]	l [mm]					
V1/1	98,95	103,32	1655,7	272,7	1,04	2080	35,48
V2/1	98,74	102,73	1654	281,6	1,04	2100	36,79
V2/2	98,92	103,19	1657,8	302	1,04	2090	39,32
V3/2	98,93	104,55	1678,4	292,7	1,06	2090	38,10
V4/1	98,92	102,58	1808,9	496,1	1,04	2300	64,58
V4/2	98,9	101,1	1775,7	458,1	1,02	2290	59,66
V5/1	98,9	102,21	1702,4	318,8	1,03	2170	41,52
V7/1	98,95	100,38	1759,2	441,1	1,01	2280	57,39
V7/2	98,98	100,33	1736,1	574,5	1,01	2250	74,70
V8/1	98,95	100,63	1688,7	411,7	1,02	2180	53,56
V8/2	98,97	100,31	1674,5	314	1,01	2170	40,84
V9/1	99	103,68	1768,3	524,7	1,05	2220	68,20
V9/2	99,2	101,54	1706,3	581,4	1,02	2180	75,26
V10/1	98,96	100,13	1672	373,3	1,01	2170	48,56
V10/2	98,91	100,43	1684,2	379,4	1,02	2180	49,40
V11/1	99,04	103,04	1752,1	303,4	1,04	2210	39,40
V11/2	99,03	99,27	1688,3	309,2	1,00	2210	40,16
V12/1	98,9	103,3	1747,6	362,7	1,04	2200	47,24
V13/1	98,9	101,82	1775,8	458,6	1,03	2270	59,73
V13/2	98,93	100,37	1725,2	481,5	1,01	2240	62,67
V14/1	98,8	100,73	1725,7	544,9	1,02	2240	71,11
V14/2	98,79	100,56	1726,5	517,3	1,02	2240	67,52
V15/1	98,74	100,43	1550,2	183,9	1,02	2020	24,03

Označení	Rozměry vzorku		hmotnost m [g]	Max. síla F [kN]	štíhlost vzorku [-]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{c, cube}$ [MPa]
	průměr	délka					
	D [mm]	l [mm]					
1V-1	98,87	100,7	1672	169,9	1,02	2164	22,14
2V-1	98,84	100,3	1641	86,6	1,01	2133	11,29
3V-1	98,94	100,97	1701,4	256	1,02	2193	33,31
4V-1	99,18	100,82	1690,2	193,3	1,02	2171	25,03

II. Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně - Silverschmidt

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - 1.PP

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
1	18	32,0	0,9	1	0,75	21,6
2	20	27,8				18,7
3	15	16,5				11,1
4	20	43,4				29,2
5	20	21,2				14,3
6	19	32,7				22,1
7	23	32,5				21,9

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - Dřík exteriér do výšky 160cm od ±0,00m (podlaha)

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
EXT-D1 A	15	93,0	0,9	1	0,63	53,0
EXT-D1B	10	22,2				12,6
EXT-D2 A	17	83,0				47,3
EXT-D2B	6	32,2				18,3
EXT-D3 B	21	57,1				32,5
EXT-D4 B	22	41,2				23,5
EXT-D4 c	13	38,2				21,7
EXT-D5 A	9	22,5				12,8
EXT-D5 B	19	62,5				35,6

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - Dřík interiér do výšky 160cm od ±0,00m (podlaha)

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
S0.4zdravý	21	49,4	0,9	1	0,63	28,1
S0.5zdravý	20	60,2				34,3
S0.6zdravý	21	66,9				38,1
SDI2	17	53,6				30,5

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - Dřík interiér od výšky 160cm nahoru

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
SDI1	13	59,6	0,9	1	0,98	52,8
S0.1	21	49,8				44,1
s0.2	20	62,3				55,2
S0.3	21	53,0				46,9
EXT-D4 A	23	56,3				49,9

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - 1.NP

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
S1.1	26	65,5	0,9	1	0,98	58,0
S1.2	23	52,9				46,9
S1.3	22	56,9				50,4
S1.4	21	64,2				56,9
S1.5	20	62,1				55,1

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - 2.NP

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n		α_t	α_{cw}	α	
S2.1	20	51,5	0,9	1	0,98	45,6
S2.2	23	57,8	0,9	1		51,2
S2.3	21	54,9	0,9	1		48,6
S2.4	18	55,5	0,9	1		49,2
S2.5	19	65,6	0,9	1		58,2
S2.6	24	63,2	0,9	1		56,0
S2.7	22	47,8	0,9	1		42,4

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - 3.NP

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n		α_t	α_{cw}	α	
S3.1z	17	69,6	0,9	1	0,98	61,7
S3.1	24	67,5				59,9
S3.2	18	58,8				52,1
S3.3	18	55,8				49,4
S3.4	20	55,6				49,2
S3.4zdravý	20	43,1				38,2
S3.5	22	71,2				63,1
S3.5z	17	68,4				60,6
S3.6	23	47,0				41,7

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - Deska D 25 (25m)

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n		α_t	α_{cw}	α	
1	18	45,1	0,9	1	0,98	40,0
2	18	69,3				61,4
3	20	60,8				53,9
4	19	46,3				41,0

Výsledky pevnosti betonu nedestruktivně - Deska D 27 (27m)

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n		α_t	α_{cw}	α	
1	17	67,8	0,9	1	0,98	60,1
2	19	51,3				45,4
3	18	44,6				39,5
4	18	48,2				42,7

III. Stanovení modulu pružnosti na vývrtech

Modul pružnosti betonu - dřík				
OZN.	Objemová hmotnost ρ	Dynamický modul pružnosti $E_{dyn,U}$	Statický modul pružnosti E_c	Koeficient K_u
Jednotky	[kg/m ³]	[GPa]	[GPa]	[-]
V4	2350	38,0	29,4	0,77
V7	2310	40,8	33,3	0,82
V8	2260	29,6	22,1	0,75
V12	2270	32,6	25,0	0,77
V13	2310	35,6	28,8	0,81
Průměr	2300	35,3	27,7	0,79
Směrodatná odchylka	30	3,9	3,8	0,03

IV. Přídržnost (pevnost v tahu) povrchových vrstev

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - dřík interiér						
OZN.	Umístění	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky		[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
S0.1	Přízemí	7,65	3,74	3,98	0,63	100% beton
S0.2		8,6	4,21			
S0.3		7,85	3,84			
S0.4		10,2	4,99			
S0.5		5,88	2,88			
S0.6		8,45	4,14			
S1.1	1. patro	12,52	6,13	3,88	0,48	100% beton
S1.2		9,3	4,55			
S1.3		7,42	3,63			
S1.4		7,07	3,46			
S2.2	2. patro	4,56	2,23	3,21	0,57	100% beton
S2.3		7,16	3,50			
S2.4		7,27	3,56			
S2.7		7,26	3,55			
S3.3	3. patro	4,82	2,36	1,77	0,42	100% beton
S3.4		2,93	1,43			
S3.6		3,08	1,51			

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - dřík exteriér							
OZN.	Umístění	Orientace	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky			[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
D4A	PŘÍZEMÍ		6,58	3,22	3,17	0,28	100% beton
D4C			7,36	3,60			100% beton
D3A			6,2	3,04			Částečné rozhraní beton - lepidlo
D3B			5,79	2,83			100% beton
D1A			11,34	5,78	5,59	0,58	100% beton
D2A			9,44	4,81			100% beton
D5B			12,15	6,19			100% beton
SDV1	14,5 m	jih	13,48	6,60	6,47	0,13	100% beton
SDV2	9,37 m	jih	12,94	6,33			

Pevnost v tahu povrchové vrstvy omítky - dřík exteriér							
OZN.	Umístění od terénu	Poznámka	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky			[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
O1	PŘÍZEMÍ		9,15	4,66	3,73	1,17	100% beton
Oe5			9,11	4,46			rozhraní Beton - Omítka
O3			4,09	2,08			100% beton
O2			1,59	0,81	0,68	0,13	100% beton
O4			1,09	0,56			100% beton
Oe1	9,8 m (1.NP)	západní strana	5,31	2,60	2,52	0,20	rozhraní Beton - Omítka
Oe2	14,3 m (2.NP)	západní strana	4,59	2,25			
Oe3	19,3 m (3.NP)	západní strana	8,03	3,93			
Oe4	23,6 m (3.NP)	západní strana	5,57	2,73			
Oe6	22,1 m (3.NP)	jižní strana	5,77	2,82	3,43	0,59	rozhraní Beton - Omítka
Oe7	15,6 m (2.NP)	jižní strana	8,63	4,22			
Oe8	10,2 m (1.NP)	jižní strana	6,64	3,25			
Průměrná pevnost v tahu 1NP-3NP					3,11	0,67	rozhraní Beton - Omítka

Příloha 3. B

Podrobné výsledky z provedených zkoušek –šikmá část nádrže

I. Stanovení pevnosti v tlaku destruktivně na vývrtech

Označení	Rozměry vzorku		hmotnost	Max. síla	štíhlost vzorku	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku
	průměr	délka					
	D [mm]	l [mm]	m [g]	F [kN]	[-]	ρ [kg/m ³]	$f_{c, cube}$ [MPa]
VN1/1	98,86	104,18	1794,4	332,6	1,05	2245	43,35
VN1/2	98,72	104,38	1872,7	250,6	1,06	2345	32,76
VN2/1	73,79	75,63	739,4	126,8	1,02	2287	29,67

II. Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně - Silverschmidt

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
NS1	14	38,8	0,9	1	0,88	30,8
NS2	21	34,1				27,0
NS3	21	42,0				33,3
NS4	21	40,9				32,4
NS5	23	34,9				27,7
NS6	23	35,5				28,2

III. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - nádrž						
OZN.	Umístění	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky		[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
NS1	Nádrž	7,34	3,59	2,94	0,57	100% beton
NS3		6,16	3,02			100% beton
NS4		4,52	2,21			Beton + výztuž
NS5		2,69	1,32			100% beton

Příloha 3. C

Podrobné výsledky z provedených zkoušek -skořepina

I. Stanovení pevnosti v tlaku destruktivně na vývrtech

Označení	Rozměry vzorku		hmotnost	Max. síla	šťíhlost vzorku	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku
	průměr	délka					
	D [mm]	l [mm]	m [g]	F [kN]	[-]	ρ [kg/m ³]	$f_{c, cube}$ [MPa]
SV1	74,5	79	789,4	139,7	1,06	2293	32,06
SV3	74,5	78,4	724,2	94,7	1,05	2120	21,74
SV4	74,4	77,4	742,5	106,4	1,04	2208	24,49

II. Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně - Silverschmidt

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
sk1	19	31,2	0,9	1	1,04	29,1
sk2	20	34,2				31,9
sk3	19	34,2				31,9
sk4	16	16,2				15,1
sk5	21	27,5				25,7
sk6	19	15,2				14,2
sk7	19	34,6				32,3
sk8	20	25,6				23,8
sk9	18	25,9				24,2
sk10A	11	16,2				15,1
sk10B	20	34,4				32,1
sk11	18	21,6				20,1
sk12	14	24,6				22,9
sk13-stěrka	15	70,7				65,9
sk13-beton	15	33,1				30,9

III. Stanovení modulu pružnosti na vývrtech

Modul pružnosti betonu - skořepina		
OZN.	Objemová hmotnost ρ	Dynamický modul pružnosti $E_{dyn,U}$
Jednotky	[kg/m ³]	[GPa]
SV1	2290	36,9
SV3	2120	26,7
SV4	2210	31,1
Průměr	2210	35,3
Směrodatná odchylka	70	4,2

IV. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - skořepina						
OZN.	Umístění	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky		[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
SK10	Skořepina	1,68	0,82	1,09	0,32	Beton + výztuž
SK13		3,06	1,50			100% beton
SK12		2,67	1,31			Beton + velké zrno kam.
SK11		1,51	0,74			Beton + výztuž
SK10		7,2	3,52			100% beton

Příloha 3. D

Podrobné výsledky z provedených zkoušek –konzoly

I. Stanovení pevnosti v tlaku destruktivně na vývrtech

Označení	Rozměry vzorku		hmotnost	Max. síla	šťihlost vzorku	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku
	průměr	délka					
	D [mm]	l [mm]	m [g]	F [kN]	[-]	ρ [kg/m ³]	$f_{c, cube}$ [MPa]
1VK1	98,74	100,64	1669,9	245,5	1,02	2168	32,08
1VK2	98,71	100,52	1672,8	248	1,02	2176	32,42
2VK1	98,68	100,26	1718,8	261,6	1,02	2243	34,22
2VK2	98,65	92,17	1587,6	314,8	0,93	2255	41,21
3VK1	98,75	100,6	1702,9	416,1	1,02	2211	54,36
3VK2	98,7	100,48	1681	453,4	1,02	2188	59,29
4VK1	98,28	100,42	1625,1	281,9	1,02	2134	37,18
4VK2	98,84	100,16	1628,6	249	1,01	2120	32,47

II. Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně - Silverschmidt

Označení	Počet platných měření	Nezaručená pevnost v tlaku	Přepočtové součinitele			Pevnost v tlaku upřesněná podle vývrtů
	n	f_{be} [MPa]	α_t	α_{cw}	α	f_c [MPa]
1KS1	19	61,6	0,9	1	0,60	33,4
1KS2	16	56,8				30,8
1KS3	17	68,6				37,1
2KS1	20	62,1	0,9	1	0,60	33,7
2KS2	17	64,0				34,7
2KS3	20	69,6				37,7
3KS1	19	64,0	0,9	1	0,60	34,7
3KS2	15	83,4				45,2
3KS3	19	78,2				42,3
4KS1	20	55,5	0,9	1	0,60	30,1
4KS2	20	87,0				47,2
4KS3	20	58,9				31,9

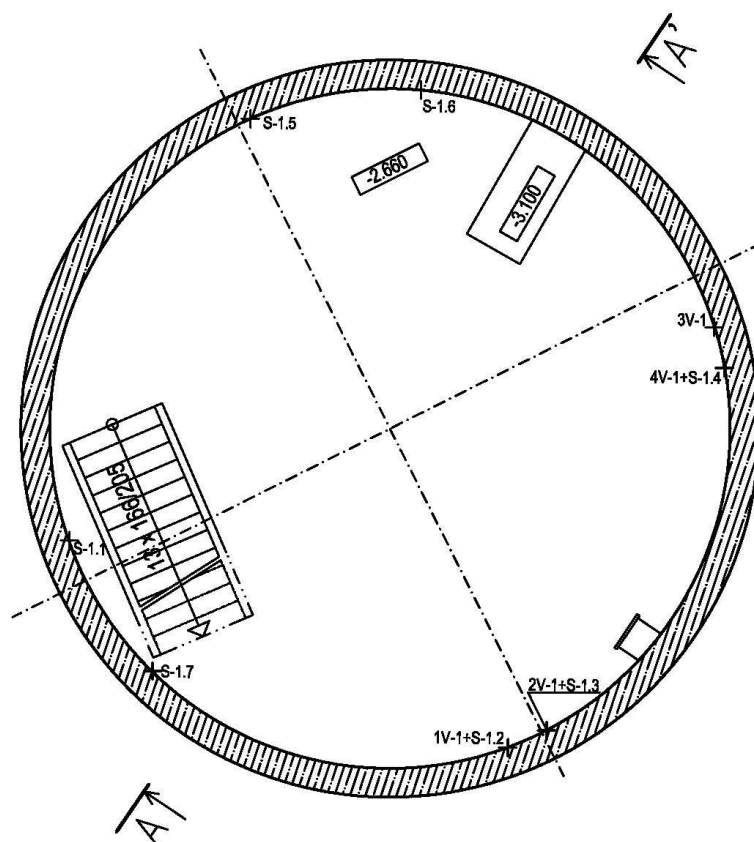
III. Pevnost v tahu povrchových vrstev betonu

Pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu - konzole						
OZN.	Umístění	Síla	Pevnost v tahu	Průměr	Směrodatná odchylka	Porušení
Jednotky		[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
1KS1	Konzole	6,03	2,95	3,22	0,74	100% beton
1KS2		1,52	0,72			
2KS1		11,87	5,38			
2KS3		9,57	4,18			
3KS1		9,02	3,80			
3KS2		7,75	3,15			
4KS1		4,28	1,68			
4KS2		12,32	4,66			
4KS3		5,60	2,05			

Příloha 4. A

Výkresová dokumentace dříku

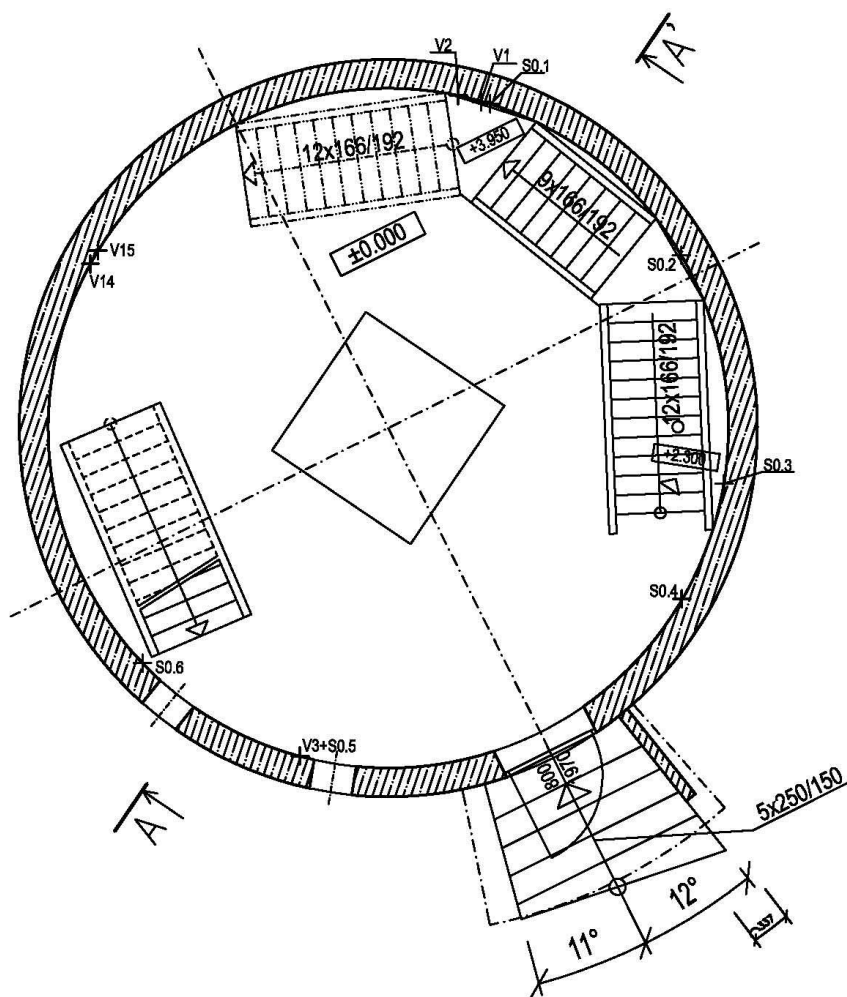
Zakreslení zkušebních míst - sklep
Měřítko 1:50



Zkušební místo:

- 1V-1 - Jádrový vývrt h - 1,70 m
- 2V-1 - Jádrový vývrt h - 1,10 m
- 3V-1 - Jádrový vývrt h - 1,35 m
- 4V-1 - Jádrový vývrt h - 1,75 m
- S-1.1 - Schmidtův tvrdoměr h - 0,40 m
- S-1.2 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,70 m
- S-1.3 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,10 m
- S-1.4 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,80 m
- S-1.5 - Schmidtův tvrdoměr h - 0,90 m
- S-1.6 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,80 m
- S-1.7 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,20 m

Zakreslení zkušebních míst - přízemí
Měřítko 1:50



Zkušební místo:

V1 - Jádrový vývrt h - 1,35 m

V2 - Jádrový vývrt h - 0,72 m

V3 - Jádrový vývrt h - 1,43 m

V14 - Jádrový vývrt h - 1,63 m

V15 - Jádrový vývrt h - 1,23 m

S0.1 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,55 m od podesty

S2.2 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,17 m od podesty

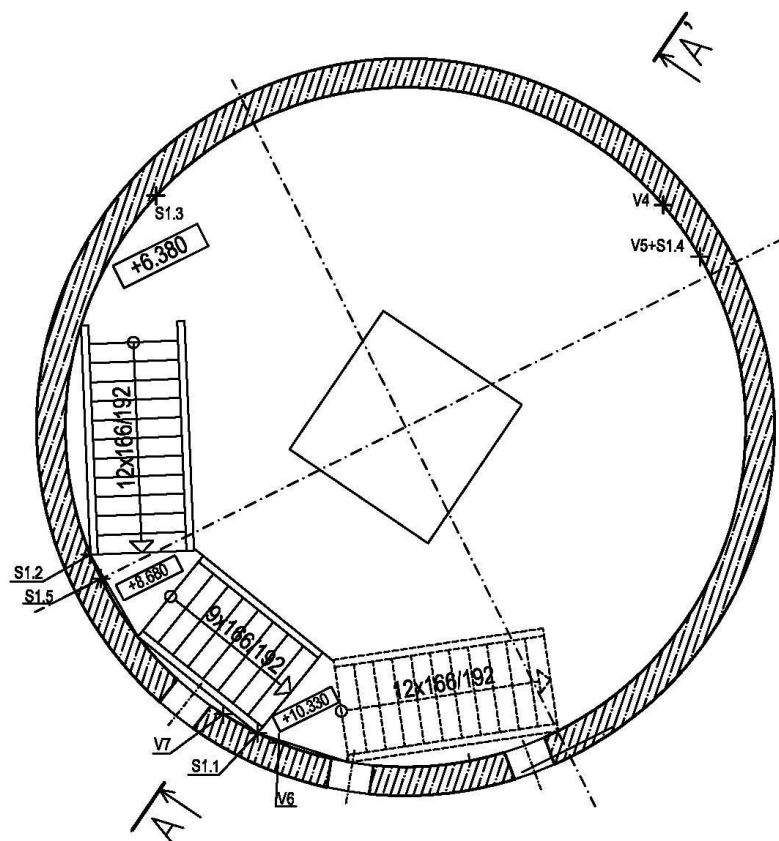
S0.3 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 2,39 m

S0.4 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,50 m

S0.5 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,43 m

S0.6 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 0,45 m

Zakreslení zkušebních míst - 1. nadzemní podlaží
Měřítko 1:50



Zkušební místo:

V4 - Jádrový vývrt h - 1,43 m

V5 - Jádrový vývrt h - 1,93 m

V6 - Jádrový vývrt h - 1,10 m

V7 - Jádrový vývrt h - 0,52 m

S1.1 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,43 m od podesty

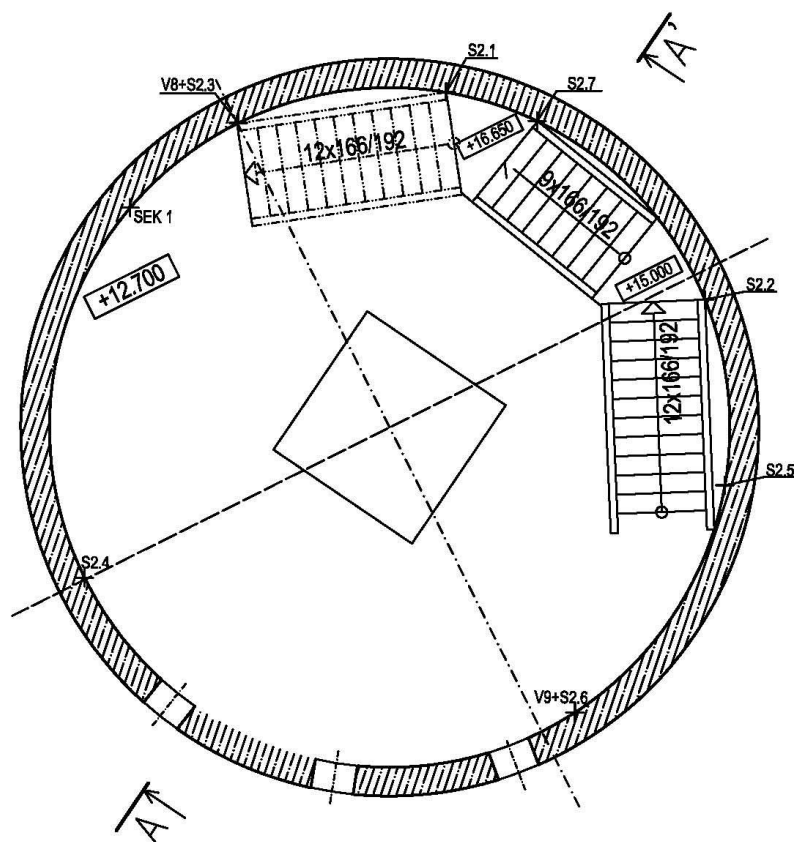
S1.2 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,53 m od podesty

S1.3 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 0,45 m

S1.4 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,56 m

S1.5 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,51 m

Zakreslení zkušebních míst - 2. nadzemní podlaží
Měřítko 1:50



Zkušební místo:

V8 - Jádrový vývrt h - 1,75 m

V9 - Jádrový vývrt h - 1,64 m

S2.1 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,95 m od podesty

S2.2 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,38 m od podesty

S2.3 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,58 m

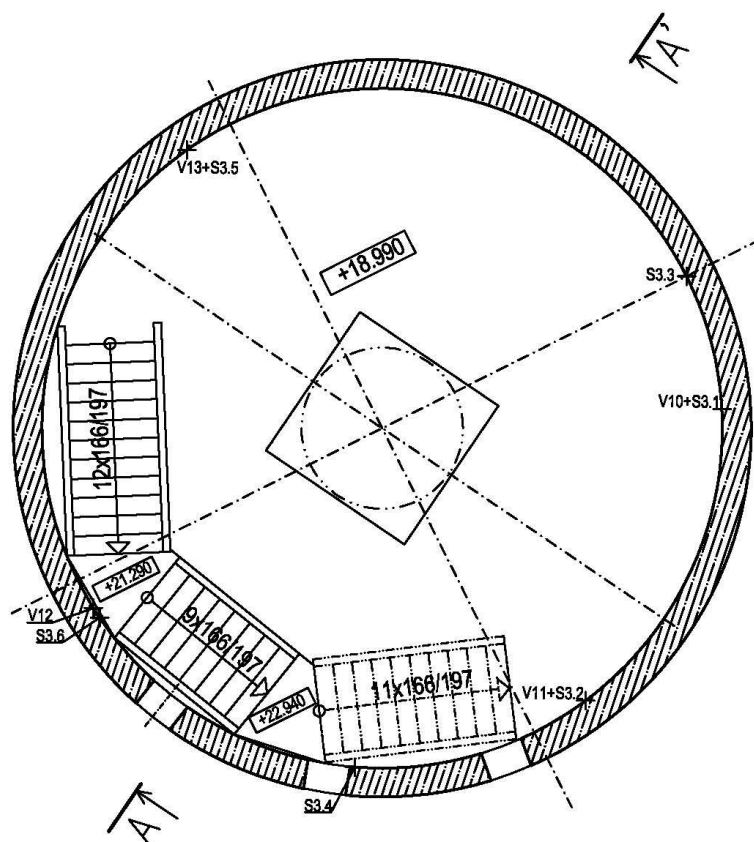
S2.4 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 0,48 m

S2.5 - Schmidtův tvrdoměr h - 2,46 m

S2.6 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,64 m

S2.7 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,45 m

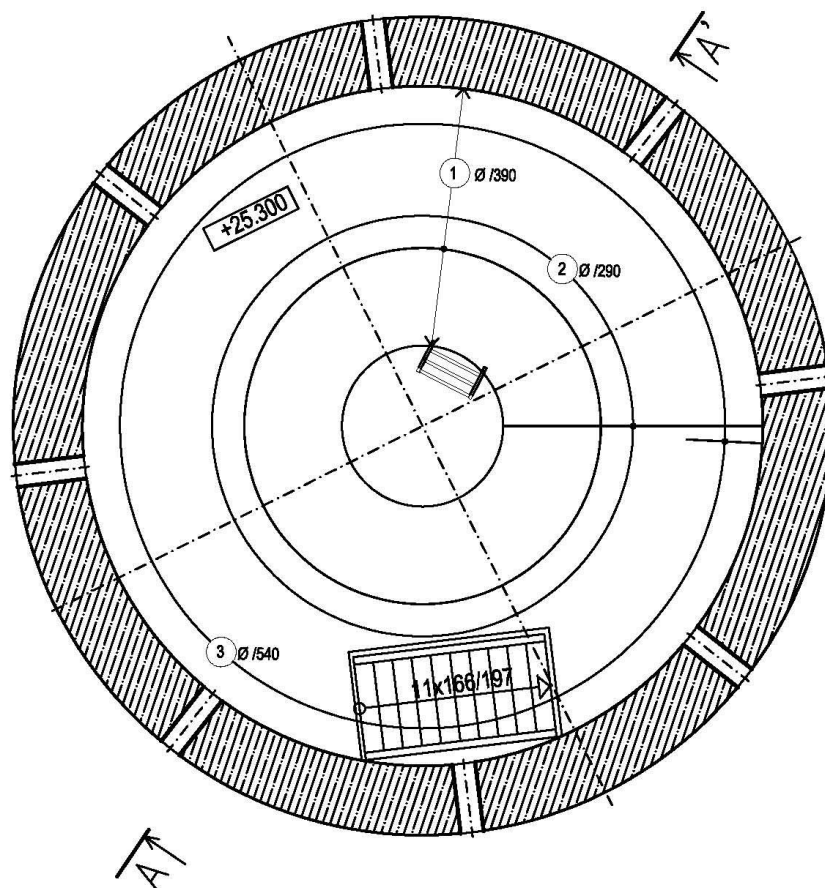
Zakreslení zkušebních míst - 3. nadzemní podlaží
Měřítko 1:50



Zkušební místo:

- V10 - Jádrový vývrt h - 0,84 m
- V11 - Jádrový vývrt h - 1,73 m
- V12 - Jádrový vývrt h - 0,26 m
- V13 - Jádrový vývrt h - 1,45 m
- S3.1 - Schmidtův tvrdoměr h - 0,84 m
- S3.2 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,73 m
- S3.3 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,70 m
- S3.4 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,25 m
- S3.5 - Schmidtův tvrdoměr h - 1,45 m
- S3.6 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh h - 1,52 m od podesty

Výkres výztuže desky
Měřítko 1:50



Beton C20/25

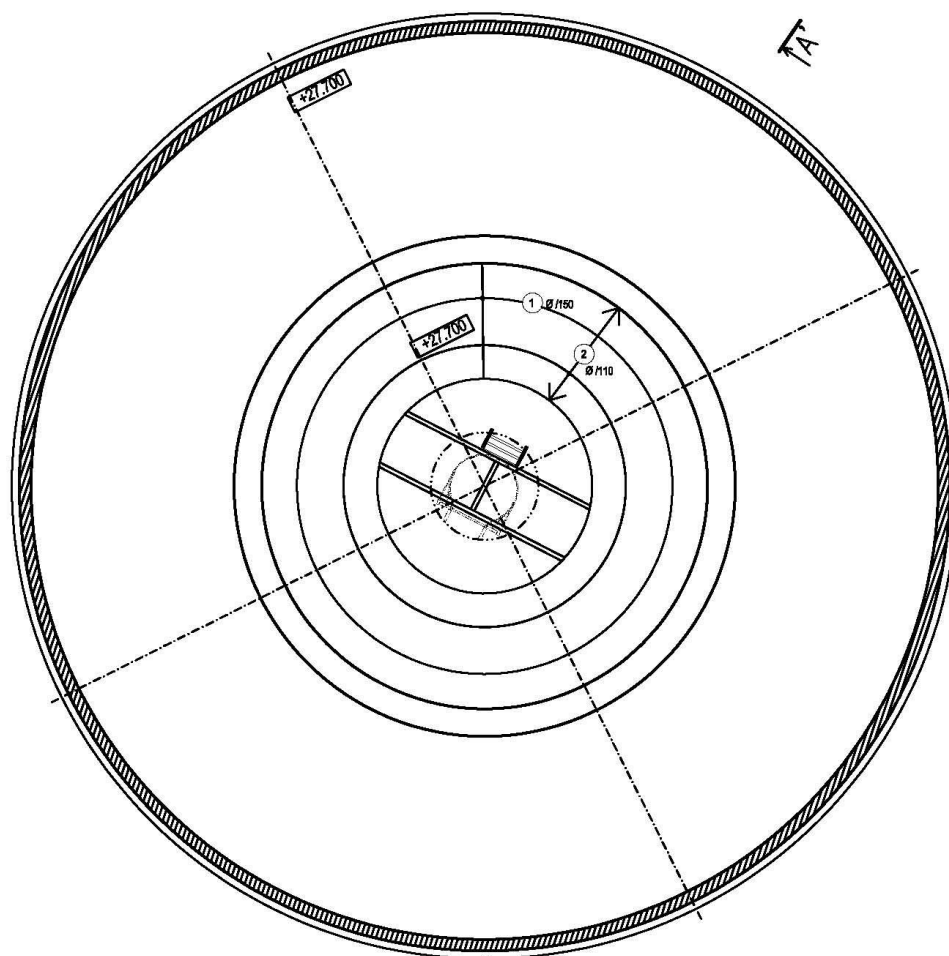
1 - Ø/390

2 - Ø/290

3 - Ø/540

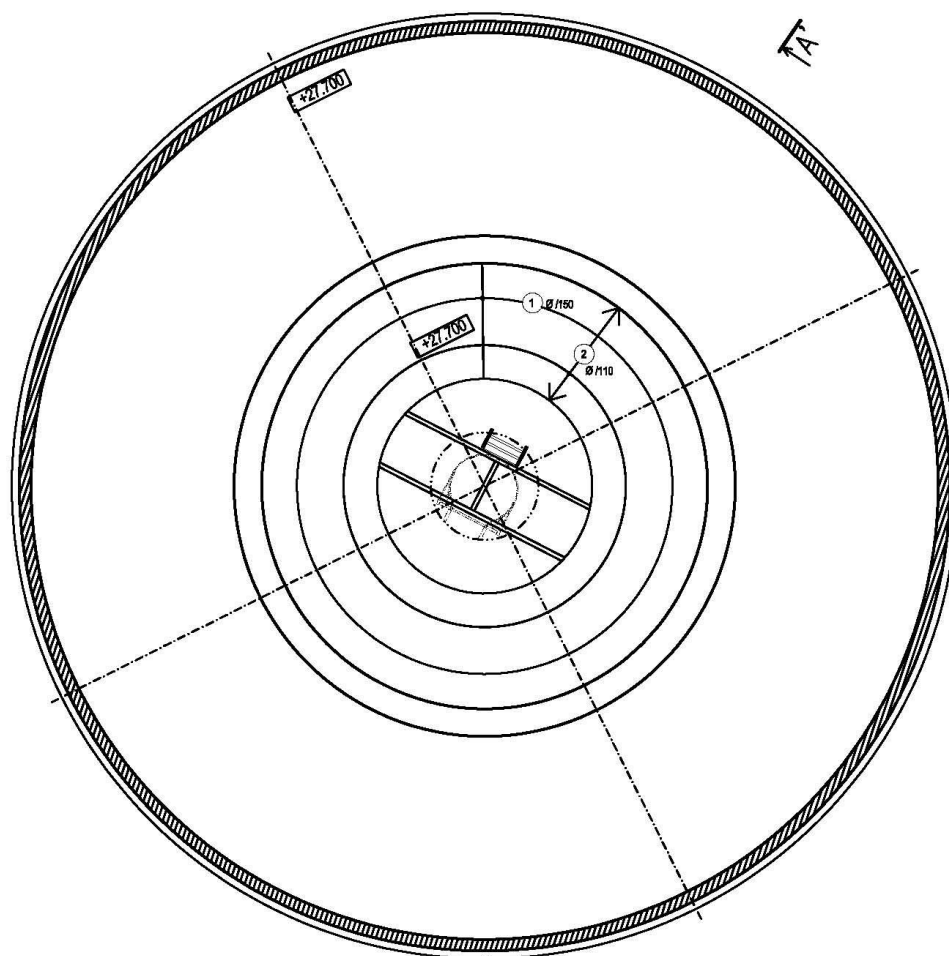
Krytí XX mm

Výkres výztuže u horního okraje desky
Měřítko 1:75



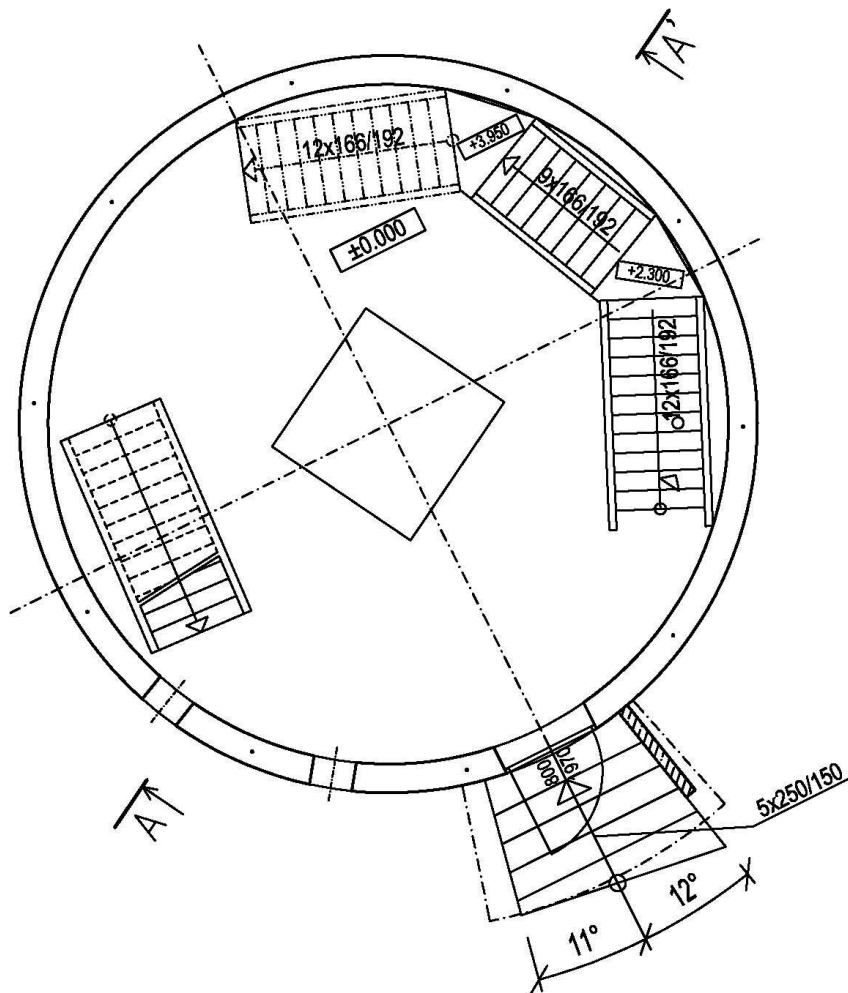
Beton C20/25
1 - Ø/150
2 - Ø/110
Krytí 20-50 mm

Výkres výztuže u spodního okraje desky
Měřítko 1:75



Beton C20/25
1 - Ø/150
2 - Ø/110
Krytí 0-10 mm

Výkres svislé výztuže - přízemí
Měřítko 1:50

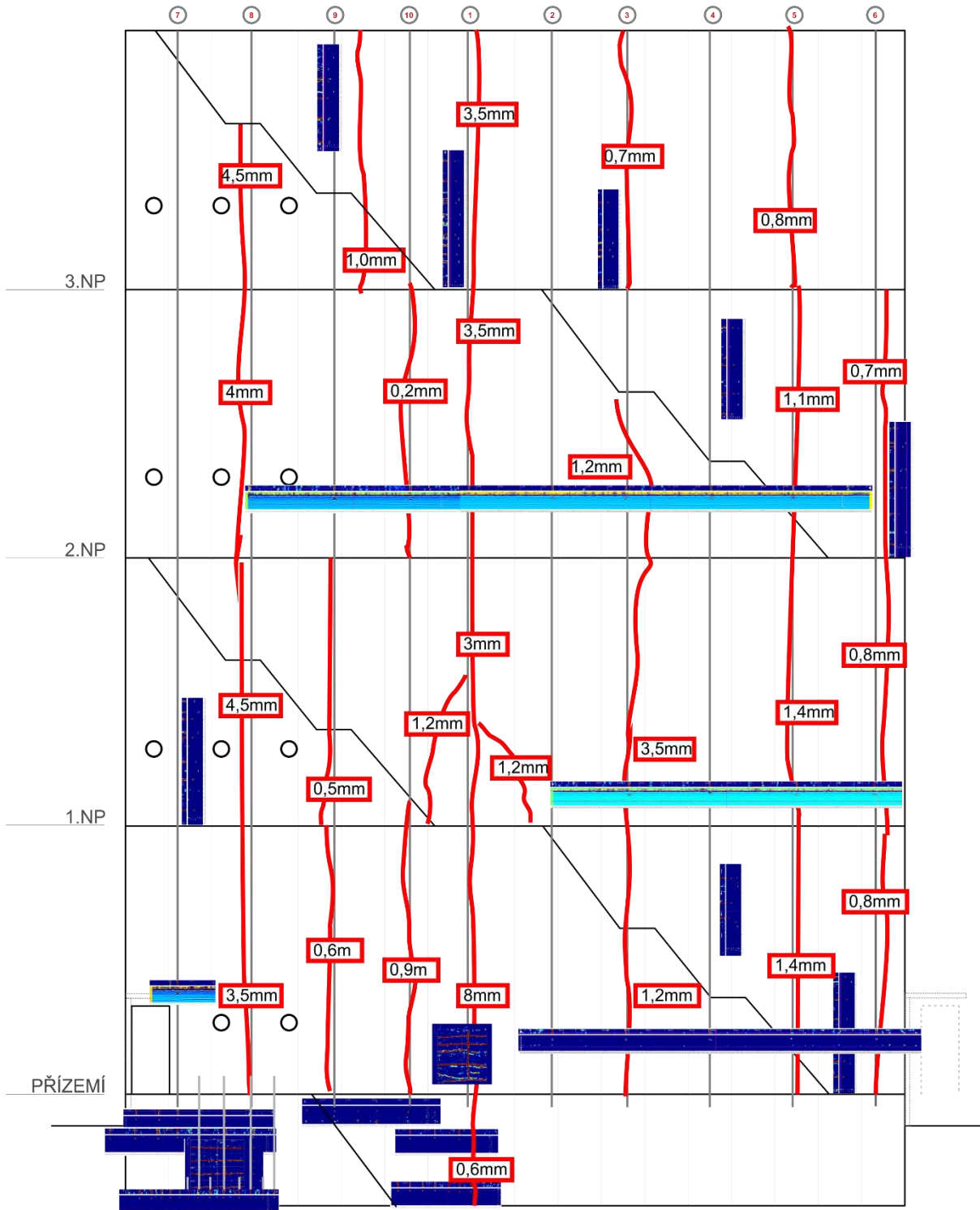



Beton - Půzemí 0-1,6 m C16/20
Beton - 1,6 m - 3.NP C20/25
1 - Ø29/1900 Typ 10 002 a 10 452

Krytí 60-120 mm z interiéru

Vnitřní obálka dřiku

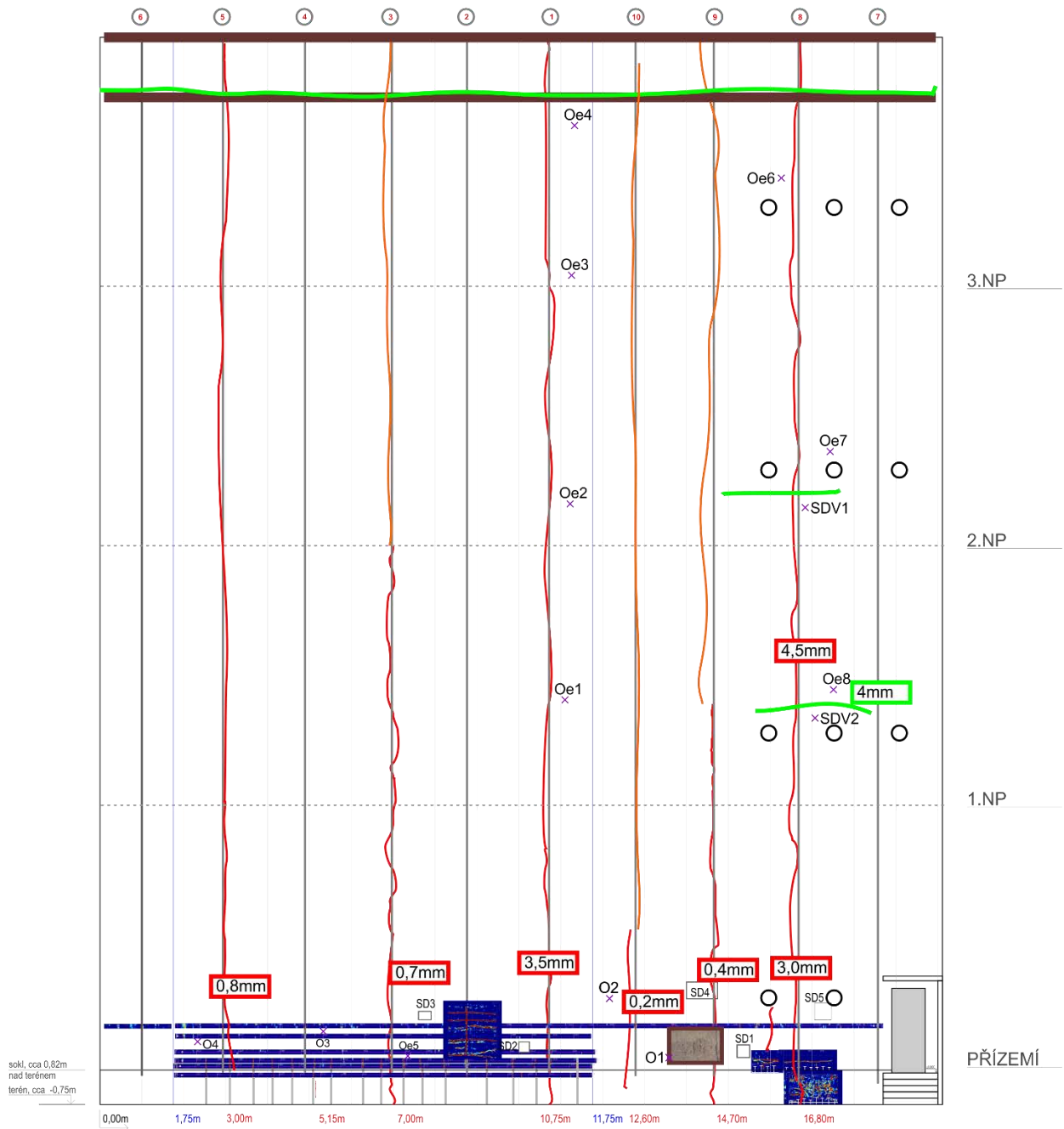
výskyt trhlin a umístění výztuže



- vertikální trhliny
 hlavní vertikální výztuž
 vertikální výztuž z 1.PP, do výšky cca 100-110cm nad terénem, vzdálenost jednotlivých prutů cca 45-50cm
 označení výztuže/trhliny pro identifikaci ve fotodokumentaci

Vnější obálka dříku

zkušební místa, výskyt trhlin, umístění výztuže

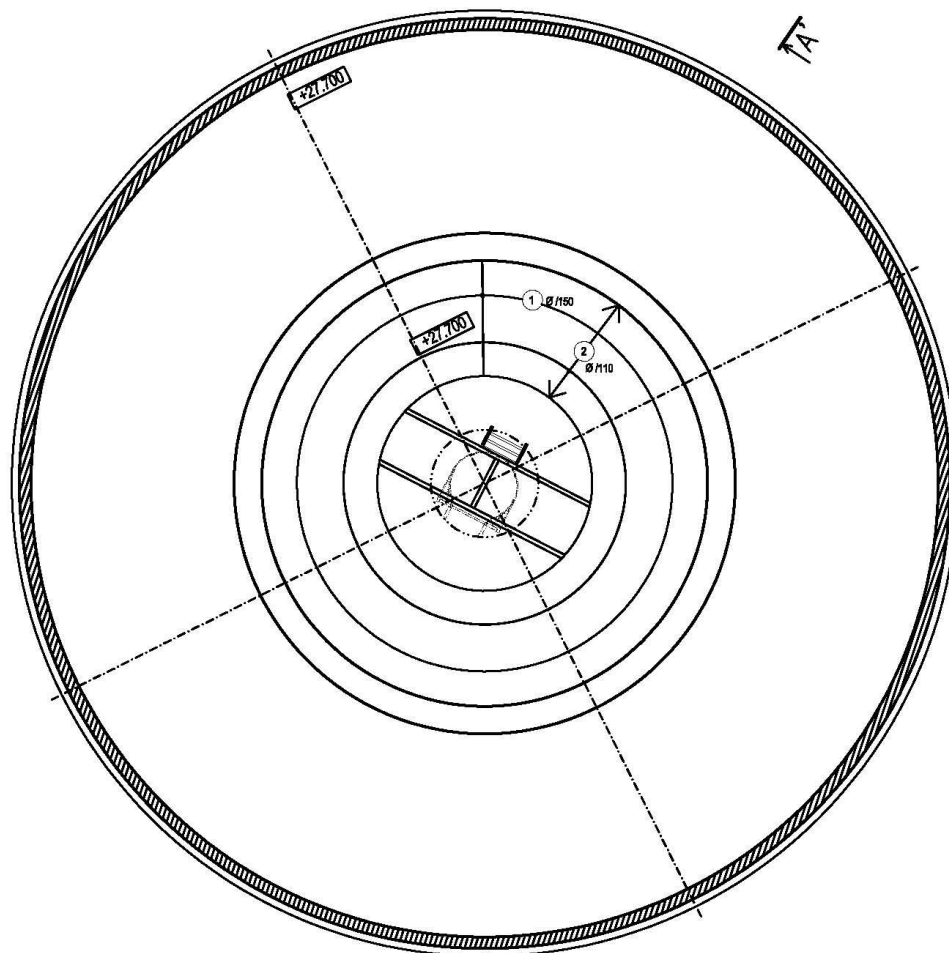


- biologické narušení (sinice)
- vertikální trhliny
- vertikální výztuž
- horizontální trhliny
- vertikální trhliny, viditelně pod opravovanou cem. omítkou
- hromosvod
- vertikální výztuž z 1.PP, do výšky cca 100-110cm nad terénem, vzdálenost jednotlivých prutů cca 45-50cm
- ① označení výztuže/trhliny pro identifikaci ve fotodokumentaci

Příloha 4. B

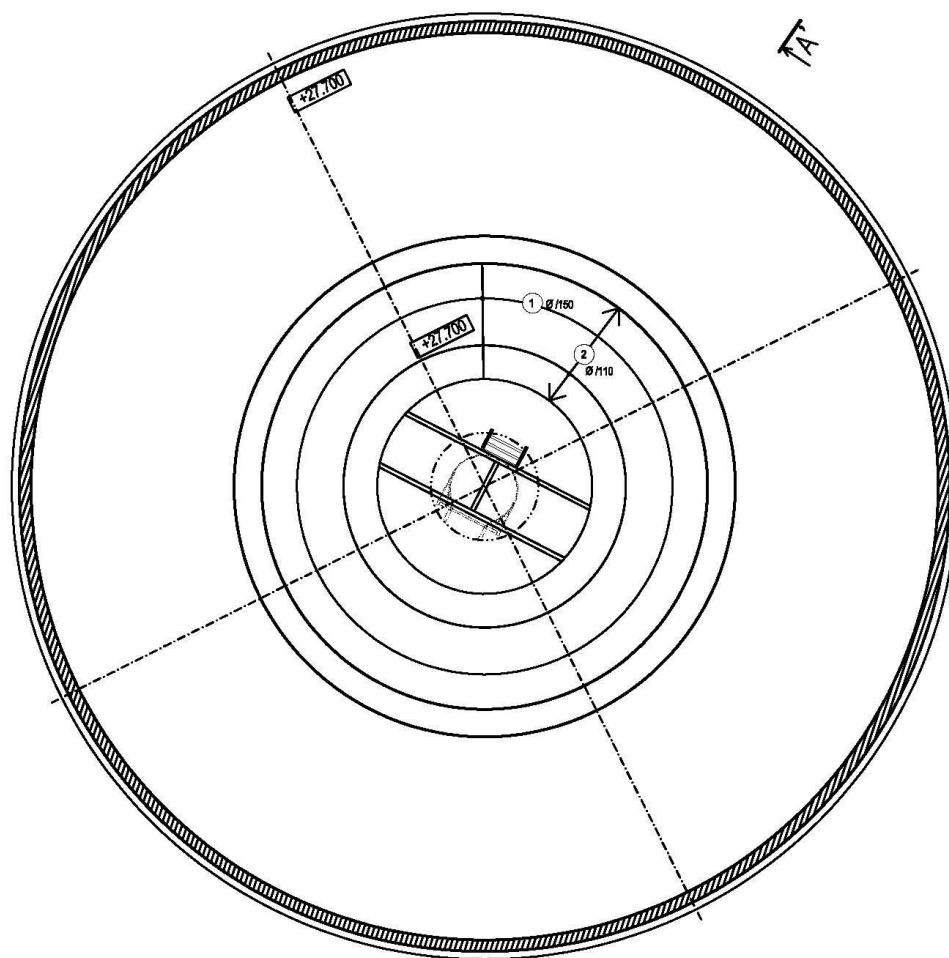
Výkresová dokumentace šikmé části nádrže

Výkres výztuže u horního okraje desky
Měřítko 1:75



Beton C20/25
1 - Ø/150
2 - Ø/110
Krytí 20-50 mm

Výkres výztuže u spodního okraje desky
Měřítko 1:75

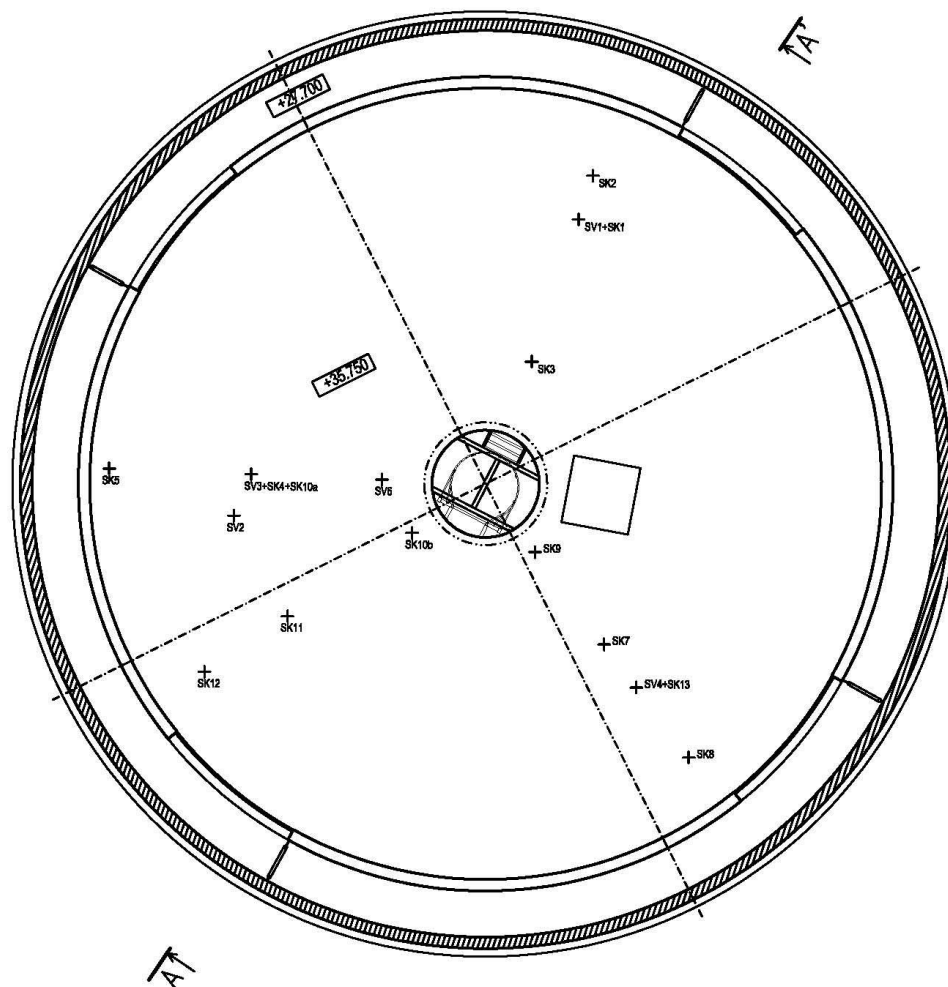


Beton C20/25
1 - Ø/150
2 - Ø/110
Krytí 0-10 mm

Příloha 4. C

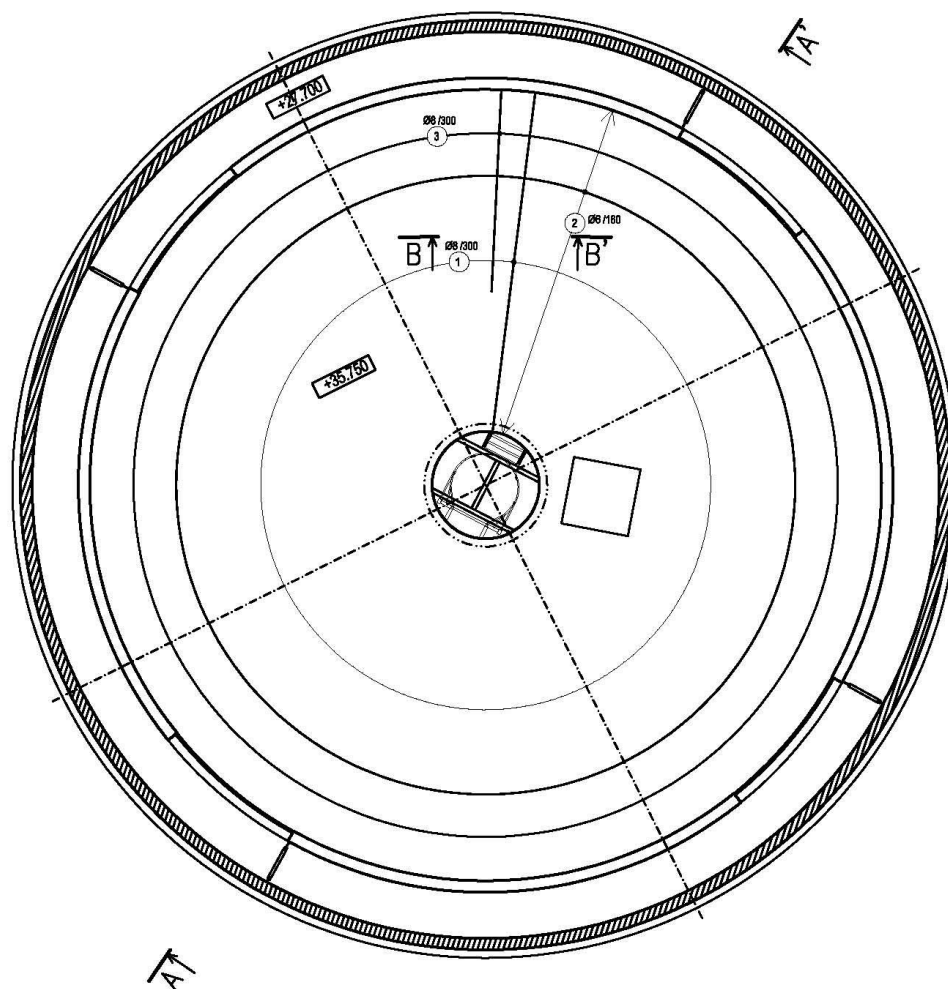
Výkresová dokumentace - skořepina

Zakreslení zkušebních míst - skořepina
Měřítko 1:75

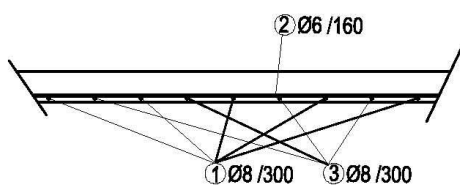


Zkušební místo:
SV1 - Jádrový vývrt
SV2 - Jádrový vývrt
SV3 - Jádrový vývrt
SV4 - Jádrový vývrt
SK1 - Schmidtův tvrdoměr
SK2 - Schmidtův tvrdoměr
SK3 - Schmidtův tvrdoměr
SK4 - Schmidtův tvrdoměr
SK5 - Schmidtův tvrdoměr
SK6 - Schmidtův tvrdoměr
SK7 - Schmidtův tvrdoměr
SK8 - Schmidtův tvrdoměr
SK9 - Schmidtův tvrdoměr
SK10a - Schmidtův tvrdoměr + odtrh
SK10b - Schmidtův tvrdoměr + odtrh
SK11 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh
SK12 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh
SK13 - Schmidtův tvrdoměr + odtrh

Výkres výztuže - skořepina
Měřítko 1:75



Řez B-B' Měřítko 1:17



Beton C12/15

1 - Ø8/300 Typ 10 002 a 10 512 - vzdálenost 1800 mm od středu stavby

2 - Ø6/160 Typ 10 002 a 10 512

3 - Ø8/300 Typ 10 002 a 10 512 - vzdálenost 180 mm od středu stavby

Krytí 0-10 mm

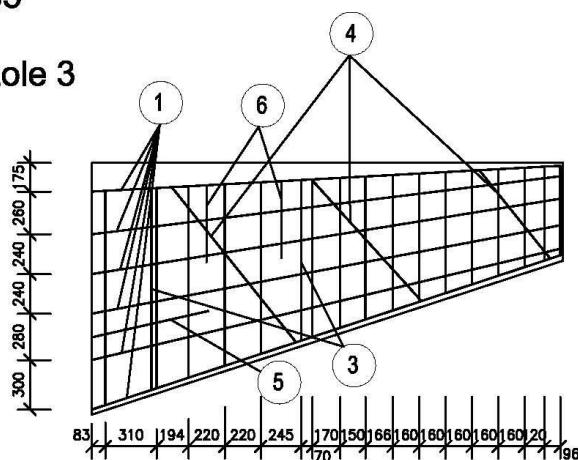
Příloha 4. D

Výkresová dokumentace - konzole

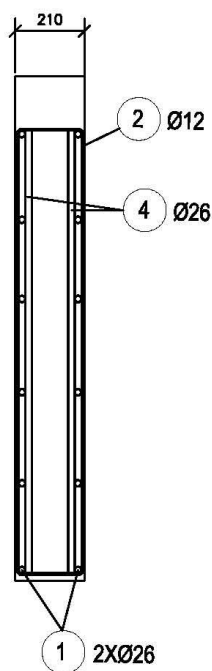
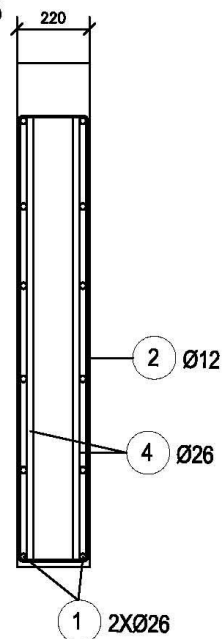
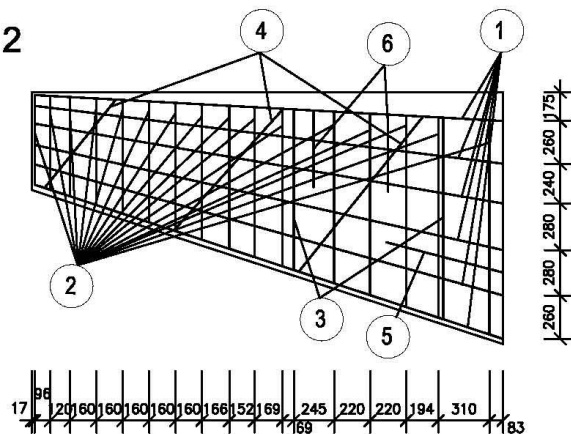
Výkres výztuže - konzole
Měřítko 1:35

Měřítko 1:15

Konzole 3



Konzole 2



Beton C20/25

1 - Ø26 10 512 typ ROXOR

2 - Ø12 10 512 typ ROXOR - třmínek

3 - Ø26 10 512 typ ROXOR

4 - Ø26 10 512 typ ROXOR

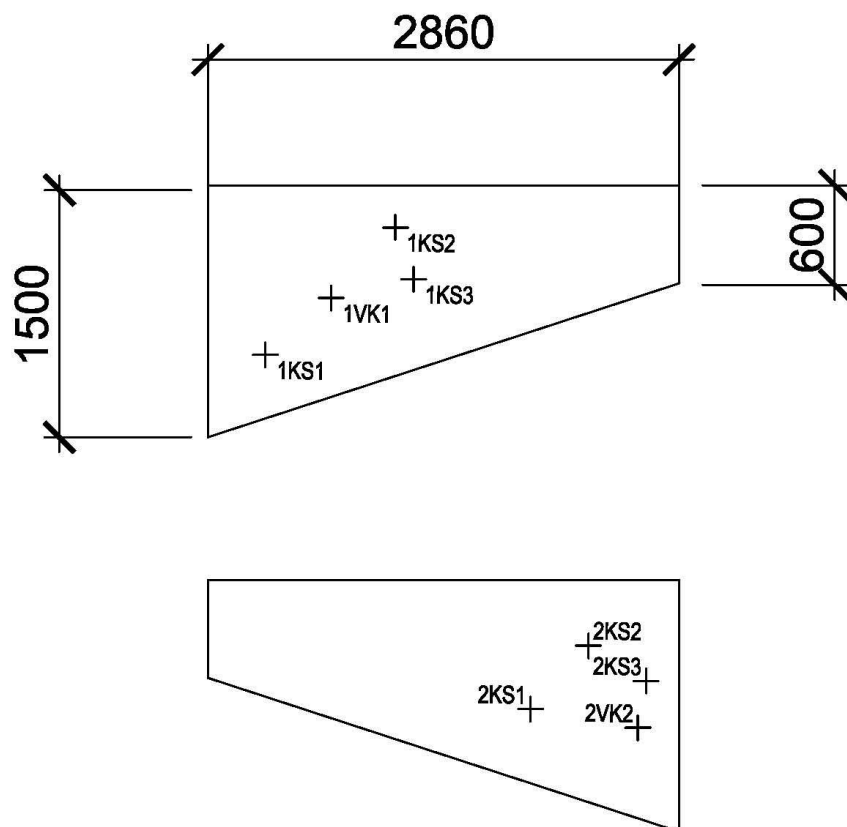
5 - Ø26 10 512 typ ROXOR

6 - Ø26 10 512 typ ROXOR

Krytí třmíneků 20 mm

Krytí hlavní vodorovné výztuže 40 mm

Zakreslení zkušebních míst - konzole
Měřítko 1:35



Zkušební místo:
1VK1 a 2VK2 - Jádrový vývrt

KS - Schmidtův tvrdoměr

Příloha 5

Fotodokumentace

*Fotodokumentace je přiložena v elektronické formě na USB disku,
který je součástí závěrečné zprávy.*