



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÁ MONOLITICKÁ NÁDRŽ

CAST-IN-PLACE TANK

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Gábor Renczes

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Gábor Renczes
Název	Železobetonová monolitická nádrž
Vedoucí práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Schematické výkresy zadaného objektu (půdorysy, řezy)

EC z oboru betonových staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků)

Bažant, Šmiřák: Betonové konstrukce III. Konstrukce plošné, nádrže a zásobníky

Majdúch: Zásady vystužování betonových konstrukcí

Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBaZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte návrh a posouzení monolitické konstrukce nádrže v areálu ČOV. V rámci posouzení ověřte vznik a šířku trhlin. Zatížení uvažujte včetně vlivu teplot a smršťování.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet

P4. Stavební postup

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na návrh a posúdenie nosných častí monolitickéj železobetónovej nádrže v areáli čistiarne odpadových vôd. Súčasťou práce je technická správa, sprievodná správa k statickému výpočtu, statický výpočet, výkresová dokumentácia, postup výstavby a vizualizácia. Výkresová dokumentácia pozostáva z výkresu tvaru a výkresu betonárskej výstuže nosných konštrukcií.

KLÍČOVÁ SLOVA

čistiareň odpadových vôd, steny, základová doska, železobetón, trhliny, zaťaženie teplotou, zmršťovanie, šmyk, vnútorné sily, dimenzovanie, výstuž

ABSTRACT

The thesis deals with the design and assessment of all supporting parts of a cast-in-place reinforced concrete sewage tank in a wastewater treatment plant. The thesis includes a technical report, static analysis, drawing documentations, construction process and visualization. The drawing documentation consists of shape and reinforcement drawings of supporting parts.

KEYWORDS

wastewater treatment plant, walls, foundation slab, reinforced concrete, cracks, thermal actions, shrinkage, shear, internal forces, design of structures, reinforcement

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Gábor Renczes *Železobetonová monolitická nádrž*. Brno, 2019. 16 s., 347 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Železobetonová monolitická nádrž* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2019

Bc. Gábor Renczes
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Železobetonová monolitická nádrž* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2019

Bc. Gábor Renczes
autor práce

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu práce Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. Ďakujem za jeho čas strávený pri konzultáciách, za jeho trpezlivosť a rady pri vypracovaní tejto práce. Ďakujem tiež mojej rodine a kamarátom za ich podporu počas môjho štúdia.

Obsah:

Úvod	8
1 Technická správa.....	9
1.1. Popis objektu	9
1.2. Harmonogram výstavby	10
1.3. Materiál.....	11
1.4. Zaťaženie	11
1.5. Vplyv stavby na životné prostredie	11
1.5.1. Ochrana ovzdušia	11
1.5.2. Ochrana ovzdušia	11
1.6. Bezpečnosť práce.....	12
1.7. Ochrana obyvateľstva	12
Záver.....	13
Zoznam použitých zdrojov	14
Zoznam použitých noriem.....	14
Zoznam ostatní literatúry.....	14
Výkresové podklady.....	15
Použitý software	15
Zoznam príloh	16

Úvod

Cieľom tejto práce je navrhnúť konštrukciu monolitickéj nádrže v areáli čistiarne odpadových vôd a porovnávanie dvoch základných konštrukčných usporiadaní. Prvým z nich je železobetónová nádrž, kde steny sú votknuté do základovej dosky, v druhom typu steny sú kĺbovo uložené na základovú dosku. Nádrž bude vybudovaná ako polo podzemná zasypaná nádrž. Celú konštrukciu tvorí monolitický železobetón vystužený betonárskou výstužou. Hlavnou úlohou je analýza zaťaženia pôsobiaca na nádrž a návrh vystuženia nosných častí, základovej dosky a steny nádrže. Dôležitým krokom je posúdenie vzniku trhlin v základovej doske a v stenách pri oboch variantoch výpočtu. Podstatou práce je zistiť potrebu výstuže pri oboch variantoch a zistiť ktorá z nich je hospodárnejšia.

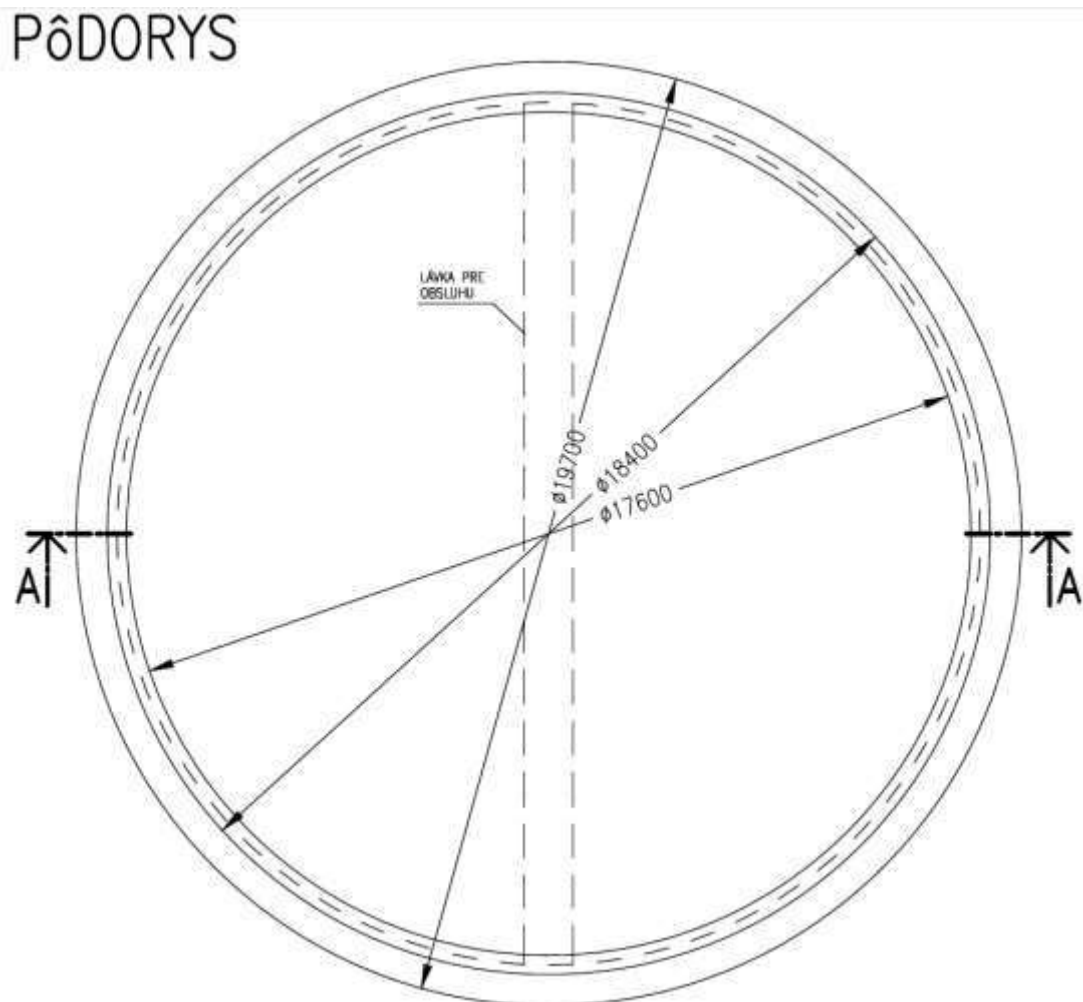
1 Technická správa

1.1. Popis objektu

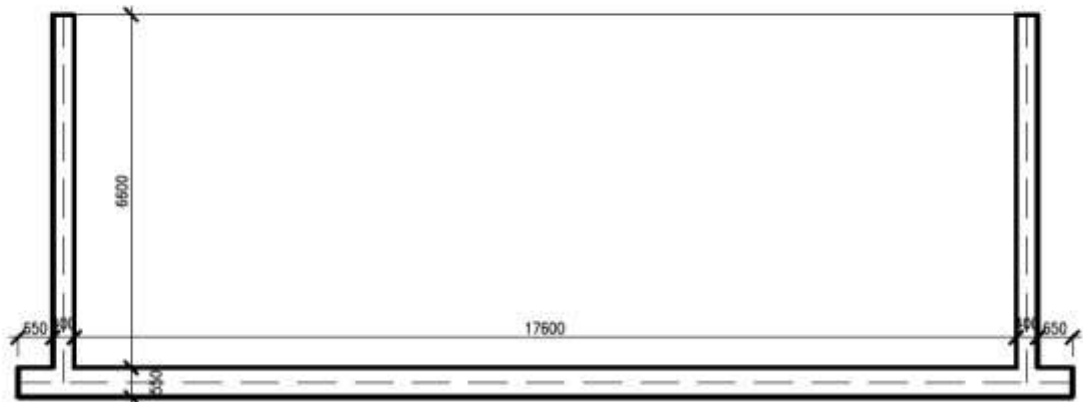
Jedná sa o polo podzemnú nádrž čistiarne odpadových vôd. Nádrž bude slúžiť pre takzvanú obehovú aktiváciu, ktorá je dôležitým procesom čistenia vody. Kal vstupuje do obehovej nádrže cez selektor. Účelom je podpora rastu rýchlo rastúcich mikroorganizmov a potlačenie pomaly rastúcich. Tým sa vytvorí tzv. vločkovaný kal. Ďalej dochádza k odstráneniu organických látok a k nitrifikácii. Potom sa kvapalina dostane do ďalších dosazovacích nádrží.

Nádrž má v pôdoryse symetrický kruhový tvar. Základ tvorí 500 mm hrubá základová doska o rozmeroch $d = 19,7\text{m}$. Obvodové steny majú hrúbku 400 mm a sú 6,6 m vysoké.

Schematický pôdorys objektu:



REZ A-A



1.2. Harmonogram výstavby

Konstruktúriu navrhujem ako monolitický železobetónový celok, vybetónovaný v dvoch etapách. Po vyhlíbení stavebnej jamy o hĺbke 5,9 m a pôdorysných rozmeroch minimálne $d = 20,5\text{m}$ je nutné zabezpečiť stavebnú jamu vhodným pažením odpovedajúcim miestnym geologickým podmienkam.

Následne bude prevedená 100 mm hrubá vyrovnávacía betónová vrstva z prostého betónu o pôdorysných rozmeroch minimálne $d = 19,9\text{ m}$. Po stuhnutí tejto vrstvy je možné umiestniť hydroizolačnú fóliu a vybetónovať základ nádrže. Základ konštrukcie tvorí železobetónová doska o hrúbke 500 mm a pôdorysného tvaru podľa výkresovej dokumentácie. Výstuž základovej dosky je navrhnutá v prílohe „P3. Statický výpočet“ a znázornená v prílohe „P2. Výkresová dokumentácia“.

Potom sa prevedie utesnenie pracovnej škáry pomocou tesniacich pásov typu FORTE, ktoré sú výhodné tým, že sa aplikujú jednoduchým zatlačením do betónovej zmesi bez nutnosti ďalšieho kotvenia.

Na základovú dosku priamo naväzujú steny nádrže, taktiež zo železobetónu. Obvodové steny sú 400 mm hrubé a 6,60 m vysoké. Sú obojstranne vystužené podľa príloh „P3. Statický výpočet“ a „P2. Výkresová dokumentácia“.

1.3. Materiál

Nádrž je budovaná ako monolitický celok z betónu triedy C30/37 vystuženého betonárskou výstužou B550B. Pre podkladnú vrstvu hr. 100 mm bude použitý betón triedy C12/15.

1.4. Zaťaženie

Nádrž je zaťažená ako stálym, tak i premenným zaťažením. Stále zaťaženie sa skladá z vlastnej tiaže betónových konštrukcií, ostatných stálych zaťažení, zaťažení kvapalinou a zaťažení zemným tlakom v kľude. Premenné zaťaženie tvorí zaťaženie teplotou.

Zaťaženie teplotou je z hľadiska statickej analýzy konštrukcie jedno z najvýznamnejších zaťažení. Keďže nádrž nie je úplne zasypaná až po okraj zeminou, ale časť nádrže je v podzemí a časť v nadzemí, na týchto oblastiach musím uvažovať rozdielne teplotné pomery ako v lete, tak aj v zime. V lete okrem jednoduchého oteplenia ovzdušia (ktoré v mieste stavby môže dosiahnuť podľa noriem aj +39 °C) treba započítať aj vplyv slnečného žiarenia, ktoré najviac oteplí prvky orientované juho-západne. Naopak v zime síce slnečné žiarenie nemá taký vplyv na teplotu konštrukcií, ale ovzdušie sa ochladí až na -30 °C. Také výkyvy teplôt môžu zapôsobiť značné vnútorné sily v konštrukcií, na ktoré je potrebné dimenzovať aj výstuž nádrže.

V statickom výpočte je možné nájsť podrobnú analýzu jednotlivých zaťažovacích stavov od teploty a ich kombinácie.

1.5. Vplyv stavby na životné prostredie

Negatívny vplyv na životné prostredie bude mať stavba len po dobu výstavby. Dodávateľ musí po dobu výstavby minimalizovať prašnosť, hlučnosť a dbať na ochranu stávajúcej zelene a v neposlednej rade zabrániť kontaminácii podzemnej vody.

1.5.1. Ochrana ovzdušia

Postavená nádrž čistiarne odpadových vôd nebude zaťažovať životné prostredie daného územia. Stavba rešpektuje všetky platné predpisy. Čistiareň odpadných vôd nebude zaťažovať okolité zastavané územie nežiadajúcim prachom – s prihliadnutím k využitiu najmodernejších vetracích technológií.

1.5.2. Ochrana ovzdušia

Pri prevádzke zariadenia pôsobiaci hluk nebude prekročená limitná hodnota 40dB v okolí čistiarne odpadových vôd. Nedôjde vtedy k prekročeniu limitnej hodnoty hluku pre najbližšiu obytnú zástavbu nachádzajúcu sa vo vzdialenosti cca 1000 m od čistiarne.

1.6. Bezpečnosť práce

Nádrž bude stavba s bežným technickým vybavením, nevyžadujúca zvláštne nároky na bezpečnosť pri práci. Hotová čistiareň odpadových vôd musí mať trvalé oplotenie minimálne 2 m vysoké, aby okolo nádrže a stroja sa mohli pohybovať len zaškolení pracovníci čistiarne.

Po dobu výstavby majú byť dodržané všetky bezpečnostné predpisy a podmienky týkajúce sa práce na stavenisku. Pracovníci pri výstavbe musia byť vybavení vhodnými ochrannými pomôckami a musia dodržať predpísaný postup a všetky pokyny stavbyvedúceho.

1.7. Ochrana obyvateľstva

Stavba bude umiestená v extravilánu. Najbližšie obytné stavby sa nachádzajú vo vzdialenosti cca 1 km. Z hľadiska zaistenia bezpečnosti obyvateľstva obce musia byť dodržané nasledujúce zásady:

- Stavenisko musí mať aspoň provizórne oplotenie s výškou 2 m s vjazdovou brámkou
- V prípade znečistenia verejnej pozemnej komunikácie alebo chodníka je nutné toto znečistenie okamžite odstrániť
- Hotová čistiareň odpadových vôd musí mať trvalé oplotenie 2 m vysoké

Záver

Nosné prvky nádrže čistiarne odpadových vôd boli navrhnuté podľa platných noriem na medzný stav únosnosti. Z hľadiska medzného stavu použiteľnosti bola konštrukcia posúdená na vznik a šírku trhlin. Súčasťou prílohy textovej časti je statický výpočet a výkresová dokumentácia, v ktorých je možné nájsť podrobný postup návrhu. K statickému výpočtu patrí ešte príloha P5.

Sprievodná správa k statickému výpočtu.

Z návrhu konštrukcií bolo zistené, že pre konštrukciu, kde je stena klbovo uložená na základovú dosku potrebujeme o 41,8% menej oceli ako pri variante, kde je votknutá na základovú dosku.

Zoznam použitých zdrojov

Zoznam použitých noriem

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004

- [2] ČSN EN 1991 – 1 – 1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení– Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004

- [3] ČSN EN 1991 – 1 – 5. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení– Zatížení teplotou, Praha: ČNI, 2005

- [4] ČSN EN 1991 – 4 . Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží,
Praha: ČNI, 2013

- [5] ČSN EN 1992–1–1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2011

- [6] ČSN EN 1992–3. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky, Praha: ČNI, 2011

Zoznam ostatní literatury

- [7] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. vyd. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

- [8] BAREŠ, Richard. *Tabulky pro výpočet desek a stěn*. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1989, 617 s. Typové číslo L17-B3-II-84/72 395

- [9] Geologická mapa 1:50 000. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA, Český úřad zeměměřický a katastrální. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z:
http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=580400&x=1194000&s=1

Výkresové podklady

[10] Půdorys a řez nádrže

Použitý software

- Textová část, statický výpočet

[11] Microsoft Word, Microsoft Corporation

- Výpočet vnitřních síl, kombinací

[12] Scia Engineer 2018, Nemetschek Scia

- Výkresová dokumentácia

[13] Autodesk AutoCad 2017, Autodesk, Inc.

- Vizualizácia

[14] SketchUp, Trimble Navigation Limited

Zoznam príloh

- P1. Použité podklady
 - P1.1. Pôdorys objektu
 - P1.2. Rez A-A
- P2. Výkresová dokumentácia
 - P2.1. Výkres tvaru konštrukcie
 - P2.2. Výkres výstuže základovej dosky – Votknutá stena
 - P2.3. Výkres výstuže steny – Votknutá stena
 - P2.4. Výkres výstuže základovej dosky – Kíbovo uložená stena
 - P2.5. Výkres výstuže steny – Kíbovo uložená stena
- P3. Statický výpočet
- P4. Stavební postup a vizualizácia
- P5. Sprievodná správa k statickému výpočtu