



# 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

## KRYTÝ MĚSTSKÝ BAZÉN - BETONOVÁ KONSTRUKCE NÁDRŽE

INDOOR SWIMMING POOL - CONCRETE TANK CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Péter Póthe

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Péter Póthe
<b>Název</b>	Krytý městský bazén - betonová konstrukce nádrže
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	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

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-3: Navrhování betonových konstrukcí. Nádrže na kapaliny a zásobníky

ČSN 73 1208: Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů

Literatura:

TP ČBS 04 - Vodonepropustné betonové konstrukce  
a dále podle doporučení vedoucího diplomové práce.

### ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte železobetonovou konstrukci městského bazénu s technologickým obslužným prostorem v suterénu (okolo bazénu). Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí se zohledněním interakce s podložím. Při posouzení vodonepropustnosti zohledněte i účinky objemových změn, zejména hydratačního tepla.

Vypracujte výkres tvaru železobetonového bazénu včetně zohlednění posoupnosti provádění, výkres těsnění spár včetně detailů, specifikaci čerstvého betonu a podrobné výkresy výztuže bazénu (konstrukční řešení ostatních souvisejících částí dokumentujte podrobnými výkresy tvaru včetně potřebných detailů těsnění technologických a dilatačních spár).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1×)

Popisný soubor závěrečné práce (1×)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× 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 uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

---

Ing. Jan Perla  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo navrhnout železobetonovou konstrukci městského krytého bazénu a zajistit vodonepropustnost konstrukci, tedy zabezpečit chování konstrukci jako betonové nádrži. Statická analýza byla provedena v programu Dlubal RFEM 5.12, kde se také zohlednila interakce konstrukce s podložím. Desky kolem bazénového prostoru byly rozděleny na dilatační úseky kvůli teplotním změnám od skleněné fasády a následně bylo řešeno i vhodné těsnění dilatačních spár. Byl navržen také konstrukční systém pod bazénem a následně byl zkoumán chování stěn a dna bazénu. Analýza proběhla také zohledněním účinků hydratačního tepla. Zpracování výkresů bylo provedeno pomocí softwaru CADKON RCD.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Krytý městský bazén, betonová konstrukce nádrže, železobeton, železobetonová deska, železobetonová stěna, krátká konzola, vzpěr a táhlo, dilatace, dilatační trny, těsnění, křížem vyztužená deska, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, ohyb, smyk, CADKON RCD

## ABSTRACT

The aim of the diploma thesis was to design reinforced concrete construction of the indoor swimming pool and ensure impermeability of the construction, to ensure behavior as concrete tank construction. Static analysis was done by using program Dlubal RFEM 5.12, where interaction of subsoil with construction was taken into account. Slabs around the swimming pool area were divided into expansion section because of temperature changes from glass façade and after that the sealing of expansion gap was solved. Construction system under the swimming was designed and was tested the behavior of walls and slabs. Analysis was done also to considerate of hydration heat. The drawing was done by software CADKON RCD.

## KEYWORDS

Indoor swimming pool, concrete tank construction, reinforced concrete, reinforced concrete slab, reinforced concrete wall, corbel, strut and tie, expansion, expansion dowel, sealing, two way slab, ultimate and serviceability limit state, bending, shear, CADKON RCD

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Péter Póthe *Krytý městský bazén - betonová konstrukce nádrže*. Brno, 2019. 15 s., 387 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Krytý městský bazén - betonová konstrukce nádrže* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Péter Póthe  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Perlovi za odborné vedení, cenné rady, a čas během zpracování diplomové práce. Zvláštní poděkování patří i mé rodině za jejich podporu během mého studia.

Bc. Péter Póthe



# 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

# KRYTÝ MĚSTSKÝ BAZÉN - BETONOVÁ KONSTRUKCE NÁDRŽE PRŮVODNÍ ZPRÁVA

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Péter Póthe

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019





# 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

## KRYTÝ MĚSTSKÝ BAZÉN - BETONOVÁ KONSTRUKCE NÁDRŽE PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Péter Póthe

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019

## **1. Obsah**

2. Úvod .....	2
3. Popis konstrukce .....	2
4. Materiálové charakteristiky .....	3
4.1 Beton.....	3
4.2 Výztuž.....	3
5. Zatížení.....	4
5.1 Stélé zatížení.....	4
6. Kombinace .....	4
7. Závěr.....	5
8. Zdroje .....	6

## 2. Úvod

Cílem diplomové práce bylo navrhnout železobetonovou konstrukci městského krytého bazénu a zajistit vodonepropustnost konstrukci. Ve statickém softwaru Dlubal RFEM 5.12 byla vymodelována konstrukce bazénu, jeho nosné části pod bazénem a okolitých desek kolem bazénového prostoru. Interakce konstrukci s podložím bylo také uvažováno.

V rámci práce byl navržen konstrukční uspořádání, posouzení desek kolem bazénu na únosnost a použitelnost, jeho uložení na stěny bazénu. Také bylo navrženo funkčnost dilatačních úseků a jejich vhodné těsnění. Následně byl proveden výpočet dna a stěn bazénu na únosnost a použitelnost se zohledněním na vývin hydratační tepla. Desky a stěny byly rozděleny na několik pracovních úseků, kde bylo řešeno těsnění pracovních spár.

## 3. Popis konstrukce

Posuzovaná konstrukce je krytý bazén, který se nachází ve městě Litomyšl v Pardubickém kraji.

Jedná se o rekreační středisko, který má rozměry bazénového prostoru 45,5 x 17 metrů. Tento prostor se skládá z plaveckého bazénu, jehož délka je 25 metrů a šířka 10,5 metrů. Hloubka bazénu je proměnná a to na jedné straně 1,2 m a na druhé 1,8 m. Bazén je uložen na 9 sloupech a stěnách akumulčního nádrže, konstrukční upořádání dělí dno na spojitou desku o čtyřech polí. V prostoru se nachází i menší bazén pro rekreační účely, má skoro čtvercový půdorys 10,5 x 9,5 metrů, dno bazénu je ve spádu a stěna akumulčního nádrže ji dělí na spojitou desku o dvou polí. Kromě stěn akumulčních nádrží je podepírán také se třemi sloupy. Bazénová hala je ze dvou mezilehlých stran opláštěný skleněnou fasádou.

V suterénu pod bazénem se nachází technická místnost pro zajištění funkčnosti čištění vody. Oba bazény mají vlastní akumulční nádrž, a také otevřený prostor pro strojní vybavení.

### 2.1 Základová konstrukce

Základová konstrukce je uvažována jako základová deska o tl. 350 mm. Dělí se na 3 pracovní úseky, přičemž poměr stran je do 1:1,5. Jako podklad sloužil inženýrsko-geologický průzkum, kde bylo provedeno celkem 6 sond. Zjistila se skladba podloží a vlastnosti jednotlivých vrstev, které se dali použít pro interakci konstrukce se základovou půdou. Na výpočet byl použitý přídatný modul RF-Soilin a pro kvázistálou kombinaci zatížení.

### 2.2 Svislé konstrukce

Jako podpůrnou konstrukci bazénu tvoří stěny akumulčního nádrže o tl. 300 mm. Pod menším bazénem jsou 3 sloupy o rozměru 0,3 m x 1,0 m a mají různou výškou, což vyplývá ze sklonu bazénové dna.

Plavecký bazén je také podporován stěnou vlastní akumulární nádrže a s 9 sloupy. Sloupy mají rozměr 0,3 m x 1,0 m, menší část podepírá 6 sloupů stejné výšky a u hlubší části jsou 3 sloupy menší o 0,6 metrů.

Stěny bazénů mají dvojitou funkčnost a to jak udržet vodu v nádrži tak, podepírat vodorovnou konstrukci kolem bazénového prostoru. Tloušťka stěn je 300 mm u styku se dnem bazénu a mají náběh pro vytvoření úložné plochy tzv. krátkou konzolu pro desky.

## 2.3 Vodorovné konstrukce

Dno menšího bazénu má tl. 300 mm, který je ve spádu. Stěna akumulární nádrže ji rozděluje na spojitou desku o dvou polí.

Dno plaveckého bazénu má také tl. 300 mm, podpůrná konstrukce ji rozděluje na spojitou desku o 4 polí. Zhruba v půlce je deska zalomená.

Desky kolem bazénu mají tl. 200 mm, jsou uleženy na krátkých konzolách stěn bazénu a suterénu. Jsou rozděleny na 9 dilatačních celků a spojeny mezi sebou dilatačními trny.

## 4. Materiálové charakteristiky

### 4.1 Beton

Čerstvý beton: C25/30 – XC3, XD2 (CZ, F.1) – Cl 0,2 – Dmax 16 – S4 – dle ČSN EN 206

Třída betonu	C25/30
Charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
Modul pružnosti v tlaku	$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření betonu	$\varepsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$
Dílčí součinitel spolehlivosti	$\gamma_c = 1,50$
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$

### 4.2 Výztuž

Třída výztuže	B500B
Charakteristická mez kluzu oceli	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová mez kluzu oceli	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

## 5. Zatížení

### 5.1 Stélé zatížení

Jako stálá zatížení působí vlastní tíha konstrukce, skladby podlah kolem bazénu a v samostatném bazénu.

Užitné zatížení jsou uvažováni jako dav lidí kolem bazén  $5,0 \text{ kN/m}^2$ , zatížení od strojů v suterénu  $5,0 \text{ kN/m}^2$ , pracovníci v suterénu  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Voda v bazénu má ustálenou hladinu a v akumulační nádrži je kolísá. Veškeré hodnoty byli zvoleni v souladu s ČSN EN 1991-1 a ČSN EN 1991-4.

## 6. Kombinace

Pro získání nejnepříznivějších účinků byli použity kombinace pro mezní stav únosnosti 6.10a a 6.10, pro mezní stav použitelnost charakteristický, častá a kvázistálá kombinace.

	Typ zatížení	$\gamma_G/\gamma_Q$	$\xi$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
ZS1	Stálé	1,35	0,9	-	-	-
ZS2	Stálé	1,35	0,9	-	-	-
ZS3	Proměnné	1,50	-	0,70	0,70	0,60
ZS4	Stálé	1,35	0,9	-	-	-
ZS5	Proměnné	1,35	-	1,00	0,90	0,80
ZS6	Proměnné	1,50	-	1,00	0,90	0,80
ZS7	Proměnné	1,50	-	1,00	0,90	0,80
ZS8	Proměnné	1,50	-	0,70	0,50	0,30

Komb.		hlavní zat.	
MSÚ	6.10a		$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4)+1,5*0,7*ZS3+1,35*1,0*ZS5+1,5*1,0*(ZS6+ZS7)+1,5*0,7*ZS8$
	6.10b	ZS5+ZS6+ZS7	$0,9*1,35*(ZS1+ZS2+ZS4)+1,5*0,7*ZS3+1,35*ZS5+1,5*(ZS6+ZS7)+1,5*0,7*ZS8$
	6.10b	ZS3	$0,9*1,35*(ZS1+ZS2+ZS4)+1,5*ZS3+1,35*1,0*ZS5+1,5*1,0*(ZS6+ZS7)+1,5*0,7*ZS8$
	6.10b	ZS8	$0,9*1,35*(ZS1+ZS2+ZS4)+1,5*0,7*ZS3+1,35*1,0*ZS5+1,5*1,0*(ZS6+ZS7)+1,5*ZS8$
MSP	Char.	ZS5+ZS6+ZS7	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,7*ZS3+1,0*ZS5+1,0*(ZS6+ZS7)+0,7*ZS8$
	Char.	ZS3	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+1,0*ZS3+1,0*ZS5+1,0*(ZS6+ZS7)+0,7*ZS8$
	Char.	ZS8	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,7*ZS3+1,0*ZS5+1,0*(ZS6+ZS7)+1,0*ZS8$
	Častá	ZS5	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,6*ZS3+0,9*ZS5+0,8*(ZS6+ZS7)+0,3*ZS8$
	Častá	ZS6	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,6*ZS3+0,8*ZS5+0,9*ZS6+0,8*ZS7+0,3*ZS8$
	Častá	ZS7	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,6*ZS3+0,8*ZS5+0,8*ZS6+0,9*ZS7+0,3*ZS8$
	Častá	ZS3	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,7*ZS3+0,8*ZS5+0,8*ZS6+0,8*ZS7+0,3*ZS8$
	Častá	ZS8	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,6*ZS3+0,8*ZS5+0,8*ZS6+0,8*ZS7+0,5*ZS8$
	Kváz.	-	$1,0*(ZS1+ZS2+ZS4)+0,6*ZS3+0,8*ZS5+0,8*ZS6+0,8*ZS7+0,3*ZS8$

## **7. Závěr**

V diplomové práci byl navržen konstrukční systém bazénového prostoru, co se týče konstrukci pod bazénem, samostatný bazén a desky okolitého bazénu. Také bylo navrženo těsnění pracovních, aby konstrukce splnila svou účel vodonepropustnosti, a těsnění dilatačních spár a funkčnost umožnění pohybu desky.

Byly navrženy dimenze jednotlivých prvků a vhodný způsob vyztužení, aby konstrukce vyhověla, jak na statické účinky co se týče mezního stavu únosnosti a použitelnosti tak na nestatické účinky od vlivu hydratačního tepla.

K práci lze dodat, že při modelování konstrukce je důležité vystihnout chování konstrukce a také není na škodu porovnat výsledky z programu s ručním výpočtem, abychom ověřili, zda získané vnitřní síly opravdu odpovídají skutečnosti. U vodonepropustných konstrukcí je podstatné zvolit vhodný systém těsnění, aby voda neprotékala mezi pracovní spáry. Co se týče vlivu hydratačního tepla, existují vhodné konstrukční řešení, při kterém lze tyto účinky zanedbat, avšak ne vždy je to možné. Pro posouzení vodonepropustných konstrukcí také platí přísnější požadavky, které se vztahují šířky trhlin, než u běžných staveb.

## 8. Zdroje

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 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: Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN 1992-3 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.