



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

POROVNÁNÍ VARIANT NÁDRŽE ČOV Z ŽELEZOBETONU A Z PŘEDPJATÉHO BETONU

COMPARISON OF TANK VARIANTS FROM REINFORCED CONCRETE AND
PRESTRESSED CONCRETE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Vařecha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2020



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	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Daniel Vařecha
Název	Porovnání variant nádrže ČOV z železobetonu a z předpjatého betonu
Vedoucí práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

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 ve variantě z železobetonu a z předpjatého betonu. V rámci posouzení ověřte vznik a šířku trhlin. Zatížení uvažujte včetně vlivu teplot a smršťování. Porovnejte obě varianty z hlediska objemu použitého materiálu a možných výrobních úspor.

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

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

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

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení dvou variant nádrží pro ČOV. Pro porovnání byla navržena nádrž ze železobetonu a nádrž z předpjatého betonu. Součástí práce je průvodní zpráva ke statickému výpočtu a technická zpráva o provádění stavby, statický výpočet a výkresová dokumentace tvarů i výztuže. Výpočet vnitřních sil na konstrukci byl proveden ve výpočetním softwaru SCIA Engineer 18.1.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zatížení, železobeton, předpjatý beton, výztuž, dimenzování, nádrž

ABSTRACT

The thesis is focused on the design and assessment of two variants of tanks for wwtp. For comparison, a reinforced concrete tank and a prestressed concrete tank were designed. The work includes a data accompanying report for the static calculation and a technical report on the construction, static calculation and drawing documentation of shapes and reinforcement. The calculation of internal forces on the structure was performed in the SCIA Engineer 18.1 calculation software.

KEY WORDS

Load, reinforced concrete, prestressed concrete, reinforcement, design procedures, reservoir

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Daniel Vařecha *Porovnání variant nádrže ČOV z železobetonu a z předpjatého betonu*. Brno, 2020. 20 s., 224 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 *Porovnání variant nádrže ČOV z železobetonu a z předpjatého betonu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Daniel Vařecha
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Porovnání variant nádrže ČOV z železobetonu a z předpjatého betonu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Daniel Vařecha
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, věcné rady a vstřícnost při konzultacích diplomové práce. Děkuji také své rodině za veškerou podporu při studiu, mé přítelkyni Petře a přátelům.

OBSAH

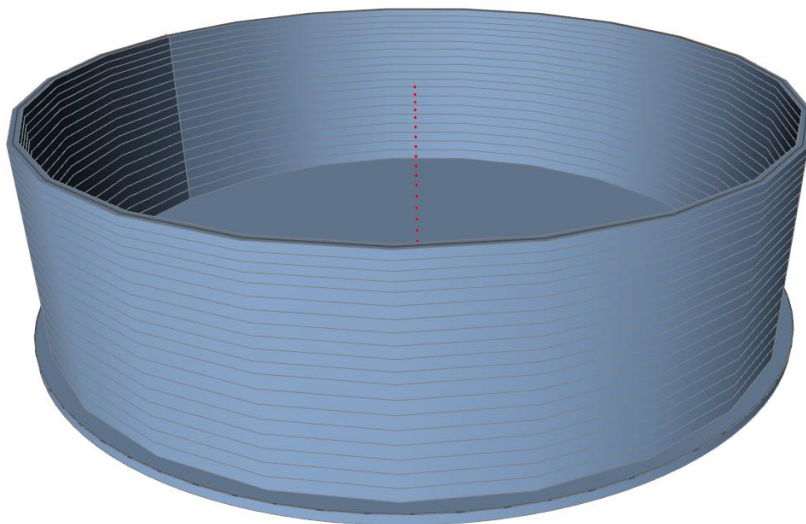
1. ÚVOD.....	1
2. POPIS OBJEKTU.....	2
3. MATERIÁL.....	2
3.1 BETON	2
3.2 BETONÁŘSKÁ OCEL	2
3.3 PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM	3
4. HARMONOGRAM	4
4.1 VARIANTA Z ŽELEZOBETONU	4
4.2 VARIANTA Z PŘEDEPJTÉHO BETONU	4
5. POSTUP VÝSTAVBY	5
5.1 VÝKOPOVÉ PRÁCE	5
5.1 PODKLADNÍ BETON	5
5.2 BETONÁŽ ZÁKLADOVÉ DESKY.....	5
5.3 BETONÁŽ STĚNY NÁDRŽE.....	6
5.4 PŘEDPÍNÁNÍ (VARIANTA Z PŘEDEPJTÉHO BETONU).....	6
5.5 TLAKOVÉ ZKOUŠKY	6
5.6 ZÁSYP A UVEDENÍ DO PROVOZU.....	6
6. SPOTŘEBA MATERIÁLU	7
6.1 SPOTŘEBA MATERIÁLU PRO ŽELEZOBETONOVOU NÁDRŽ	7
6.2 SPOTŘEBA MATERIÁLU PRO PŘEDEPJTATOU NÁDRŽ	7
7. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	8
8. BEZPEČNOST PRÁCE	8
9. ZÁVĚR	9
8. POUŽITÉ ZDROJE	10
8.1 NORMY	10
8.2 LITERATURA.....	10
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	11

1. ÚVOD

Cílem práce je porovnání nádrží pro čističku odpadních vod realizovaných v Horním Jiřetíně. Hlavní částí návrhu je statická analýza a posouzení obou řešených nádrží. První nádrž bude realizována z železobetonu, druhá nádrž z betonu předpjatého. Výstupem bude statický výpočet obou variant a porovnání, jaké změny při návrhu vyvodí předpětí. Obě nádrže mají identické rozměry, hloubku založení, působí na ně stejné teploty i zatížení od kapaliny. Pro stanovení účinků od zatížení byl využit software SCIA Engineer a zjištěné výsledky byly použity v ručním výpočtu na posouzení konstrukce. Nádrž byla v obou případech ověřena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Součástí práce je výkresová dokumentace: výkresy tvarů, výkresy vyztužení betonářskou výztuží, vedení předpínací výztuže a postup výstavby.

2. POPIS OBJEKTU

Řešenou konstrukcí je kruhová nádrž pro čistírnu odpadních vod v Horním Jiřetíně. Objekt je založen na desce vysoké 0,4 metrů s poloměrem 15 metrů. Stěna je vysoká 8 metrů, přičemž její tloušťka je 0,35 metrů. Poloměr stěny ke střednici činí 14,325 metrů. Pracovní hladina vody je navržena do výšky 7,0 metrů. Konstrukce je založena do celkové hloubky 6,4 metrů pod povrchem původního terénu. Projekt řeší dvě varianty návrhu. První variantou je zhotovení nádrže z železobetonu a druhou je nádrž z betonu předepjatého.



3. MATERIÁL

3.1 BETON

Na celou konstrukci byl použit beton C 30/37-XC2-XD2. Jako podklad byl použit beton 16/20.

3.2 BETONÁŘSKÁ OCEL

Třída B500B

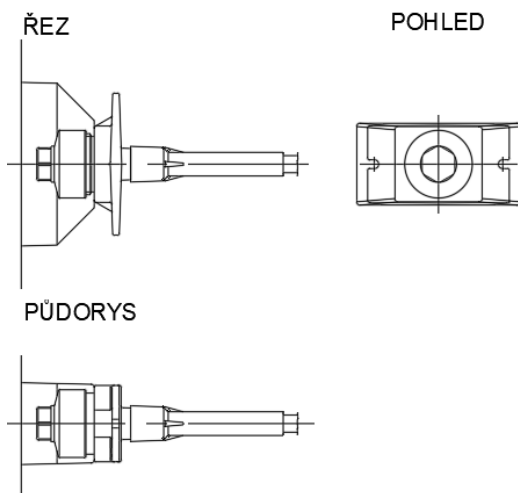
3.3 PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM

Do stěny nádrže z předpjatého betonu byly použity jedno-kabelové, 7-drátové monostrandy od společnosti Freyssinet. Výztuž je označena jako Y1860 S7 se jmenovitou pevností v tahu 1860 MPa. Jmenovitý průměr činí 15,7 mm.

Jako kotvení byly ve stěně použity kotvy s označením 1SL15.

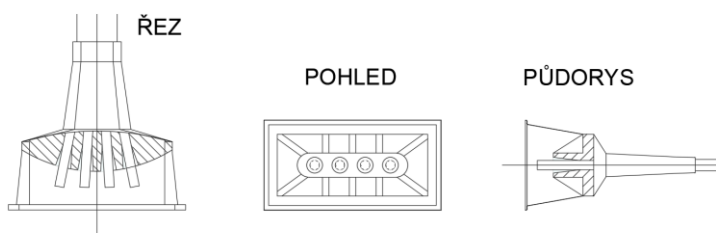
KOTVA 1SL15_Bez Injektáže

(Typ SL pro 1 lano, obdélníková)



V základové desce bylo využito kotev firmy VSL typ S6-4.

KOTVA VSL S6-4



4. HARMONOGRAM

4.1 VARIANTA Z ŽELEZOBETONU

Dny	Druh práce
0	Výkopové práce
5	Podkladní beton
6	Zrání podkladního betonu
10	Izolace
11	Výztuž a bednění desky
25	Betonáž desky
25	Výztuž, bednění stěn a ošetřování desky
32	Ukončení ošetřování desky
39	Betonáž stěn
46	Ukončení ošetřování stěn
53	Odbednění stěn
67	Zkouška vodotěsnosti
81	Zásyp jámy
90	Uvedení do provozu

4.2 VARIANTA Z PŘEDEPJATÉHO BETONU

Dny	Druh práce
0	Výkopové práce
5	Podkladní beton
6	Zrání podkladního betonu
10	Izolace
11	Výztuž a bednění desky
25	Betonáž desky
25	Výztuž, bednění stěn a ošetřování desky
32	Ukončení ošetřování desky
39	Betonáž stěn
46	Ukončení ošetřování stěn

53	Odbednění stěn
54	Předeprnutí
69	Zkouška vodotěsnosti
80	Zásyp jámy
91	Uvedení do provozu

5. POSTUP VÝSTAVBY

5.1 VÝKOPOVÉ PRÁCE

V místě výkopu bude provedena skrývka ornice v tloušťce 0,2 metru a o půdorysném rozměru 35,0 x 35,0 metrů. Další fází dojde k zaražení štětovnicového bednění. Následně bude proveden výkop pracovní jámy s tím, že výkopek bude uložen na přilehlém pozemku ČOV a po dokončení výstavby bude použit k opětovnému zásypu jámy. Na dno jámy bude vysypáno vyrovnávací vrstvou štěrkového polštáře frakce 4/16 o mocnosti 50 mm. S ohledem na založení pod hladinu podzemní vody a případným průsakům budou zřízeny odtokové stroužky, ve kterých bude nainstalováno odčerpávání vody.

5.1 PODKLADNÍ BETON

Na dně jámy bude zhotovena vrstva podkladního betonu o tloušťce 50 mm z betonu C 16/20 a to ve tvaru kruhu o poloměru 15,5 metru. Na podkladní beton budou nalepeny dvě vrstvy asfaltových pásů.

5.2 BETONÁŽ ZÁKLADOVÉ DESKY

Před samotnou betonáží bude nutné zřídit dostatečně tuhé bednění o kruhovém tvaru a poloměru 15 metrů, do nějž bude vyskládána veškerá výztuž. Je kladen velký důraz na dodržení směru kladení výztuže, dodržení přesahů a osových vzdáleností výztuže (viz výkresová dokumentace). U varianty z předpjatého betonu budou rovněž osazeny kabely s předpínací výztuží. Je nutné dodržet navržené minimální krytí 40 mm. Desku bude nutné ošetřovat, aby nedošlo k trhlinám, především v horkých letních dnech je ošetřování desky nezbytné.

5.3 BETONÁŽ STĚNY NÁDRŽE

Pro kruhovou stěnu šířky 350 mm a výšky 8 metrů bude nutné sestavit dostatečně tuhé bednění. Do bednění bude vyvázána veškerá výztuž a je kladen důraz na dodržení přesahových délek. Při kladení vodorovné výztuže bude každá následující vrstva pootočena o 15° kvůli provázání.

U varianty z předpjatého betonu bude osazena i předpínací výztuž na připravené podpory rozmístěné po obvodu po 0,8 metrech.

U výztuže je nutné dodržet navržené minimální krytí o tloušťce 40 mm.

Stěnu bude v průběhu zrání nutné ošetřovat, zejména horní hranu, u které hrozí vznik trhlin vlivem rychlejšího vysychání. V horkých letních dnech je ošetřování stěny nezbytné.

5.4 PŘEDPÍNÁNÍ (VARIANTA Z PŘEDPJATÉHO BETONU)

Předepnutí konstrukce je naplánováno po uplynutí 28 dnů od ukončení betonáže. Napínat se bude z obou stran, přičemž bude nutné dodržet naplánované pořadí předpínání konstrukce. Napínat se bude od středu nádrže a následně se střídáním směrem nahoru a dolů ob jednu řadu kabelů. Při napnutí kabelů u paty stěny a u horní hrany stěny se předepnou i zbývající kabely směrem ke středu, kde byl tento proces zahájen.

Doba podržení napětí v napínacím zařízení je 5 minut.

5.5 TLAKOVÉ ZKOUŠKY

Po odbednění a předepnutí po 28 dnech od ukončení betonáže následují 14-ti denní tlakové zkoušky. Nádrž se naplní po pracovní hladinu vody a bude sledován případný průsak. Zkouška bude probíhat dle platných norem a předpisů.

5.6 ZÁSYP A UVEDENÍ DO PROVOZU

Při splnění všech zkoušek bude stavební jáma zasypána původním výkopkem. Následně budou odstraněny štětovnicové stěny a nádrž bude uvedena do provozu.

6. SPOTŘEBA MATERIÁLU

6.1 SPOTŘEBA MATERIÁLU PRO ŽELEZOBETONOVOU NÁDRŽ

Celková hmotnost betonářské výztuže ve stěně činí 47242,89 kg (cca 187,47 kg/m³) spolu se spotřebou betonu cca 252 m³.

V desce je použita výztuž o celkové tíze 48087,49 kg (cca 170,52 kg/m³) spolu se spotřebou betonu 282 m³.

Celkový výsledek je tedy 93330,38 kg (cca 174,77 kg/m³) betonářské výztuže B500B, se spotřebou betonu 534 m³.

6.2 SPOTŘEBA MATERIÁLU PRO PŘEDEPJATOU NÁDRŽ

Celková délka pro předpínací výztuž Y1860-S7-15,7 činí 2028 metrů pro 1-lanný kabel a 957,8 metrů pro 2-lanný kabel. Celková váha předpínací výztuže v konstrukci činí 4653,45 kg (cca 8,71 kg/m³).

Pro kotvení bude třeba 80 kotev typu K1SL15 od společnosti Freyssinet a 68 kotev typu S6-4 od společnosti VSL.

Celková spotřeba betonářské výztuže ve stěně činí 36421,45 kg (cca 144,53 kg/m³) spolu se spotřebou betonu 252 m³.

V desce je použita výztuž o celkové tíze 48087,49 kg (cca 170,52 kg/m³) spolu se spotřebou betonu 282 m³.

Celkový výsledek je tedy 84508,94 kg (cca 158,25 kg/m³) betonářské výztuže B500B, se spotřebou betonu 534 m³.

7. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Dodavatel musí po celou dobu zajistit minimalizaci dopadů probíhajících činností na životní prostředí. S odpadem vzniklým při stavebních pracích bude naloženo v souladu se zákonem 185/2001 Sb., o odpadech. Splaškové vody mají charakter běžných splaškových vod. Vlastní provoz objektu není zdrojem hluku ani škodlivin. Pro výstavbu budou použity materiály, které neovlivňují životní prostředí negativním způsobem. Obaly od použitých materiálů budou odvezeny na zřízené skládky. Stavba nenarušuje ochranu dřevin, rostlin a živočichů – ekologické funkce a vazby v krajině budou zachovány.

8. BEZPEČNOST PRÁCE

Při provádění veškerých stavebních prací je důležité řídit se závaznými ustanoveními platných norem a podmínkami bezpečnosti práce obsažené v Zákoníku práce, vyhláškou Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízeních při stavebních pracích. Všichni zúčastnění pracovníci musí být s předpisy seznámeni před zahájením prací. Dále jsou povinni používat při práci předepsané pracovní pomůcky podle směrnic a uvedených předpisů. Zhotovitel určí způsob zabezpečení staveniště a zamezí vstup nepovolaným osobám. Ochranu proti pádu z výšky nebo pádu do hloubky zajišťuje zhotovitel přednostně pomocí prostředků kolektivní ochrany (technickými konstrukcemi, ochrannými zábranami, poklapy, záchytným lešením, ohrazením nebo sítí, lešením nebo pracovními plošinami).

9. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala porovnáním dvou variant nádrží. Z výsledků je patrné, že nádrž z předpjatého betonu není až tak výhodným řešením, jedná-li se o konstrukci založenou hluboko pod úrovní terénu. V případě předepjaté nádrže došlo k úspoře betonářské výztuže ve stěně. U paty stěny a v desce je rozdíl v množství betonářské výztuže takřka nepatrný. Toto řešení by bylo výhodné v případě konstrukce, která by byla založena na úrovni terénu. V práci byla tato konstrukce navržena na stav, kdy je nádrž naplněná, ale není zasypaná. Negativním vlivem je zásyp zeminou, která časem konsoliduje a vyvozuje na konstrukci větší tlak, a tak předpětí po ukončeném sedání ztrácí podstatný význam.

8. POUŽITÉ ZDROJE

8.1 NORMY

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004
- ČSN EN 1991-1-5: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení teplotou Praha: ČNI, 2005
- ČSN EN 1991-4 ed.2: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží Praha: ČNI, 2018
- ČSN EN 1992-1-1 ed.2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2011
- ČSN EN 1992-3: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky, Praha: ČNI, 2007
- ČSN 73 1208: Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů, Praha, ČNI, 2010

8.2 LITERATURA

- Bílé vany – vodonepropustné betonové konstrukce, sborník příkladů ke školení, 2007
- Bílé vany – vodotěsné betonové konstrukce, technická pravidla ČBS 02, 2006
- ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010.
- NAVRÁTIL, Jaroslav. Předpjaté betonové konstrukce. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008.
- FIALA, Adolf. Betonové konstrukce pro vodní stavby - díl II: část 1: Rotačně symetrické nádrže z železového a předpjatého betonu. Brno: Ediční středisko VUT Brno, 197

9. SEZNAM PŘÍLOH

- P1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA A STATICKÝ VÝPOČET PRO ŽELEZOBETONOVOU NÁDRŽ
- P2 PRŮVODNÍ ZPRÁVA A STATICKÝ VÝPOČET PRO PŘEDEPJATOU NÁDRŽ
- P3 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE PRO ŽELEZOBETONOVOU NÁDRŽ
- P4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE PRO PŘEDEPJATOU NÁDRŽ
- P5 PŘÍLOHA KE STATICKÉMU VÝPOČTU PRO ŽELEZOBOTONOVOU NÁDRŽ
- P6 PŘÍLOHA KE STATICKÉMU VÝPOČTU PRO PŘEDEPJATOU NÁDRŽ