



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH PLOVOUCÍ BETONOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN OF FLOATING CONCRETE STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

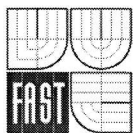
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. BRANISLAV PÁLENÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2014



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

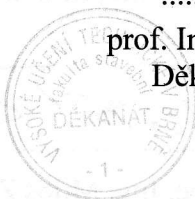
Diplomant	Bc. BRANISLAV PÁLENÍK
Název	Návrh plovoucích betonové konstrukce
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

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

n. c.

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

1. Stavební podklady (půdorysy, řezy, pohledy).
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN.
3. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce nádrže a zásobníky, Akademické nakladatelství Cerm, 2010.
4. Zich M., kol., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Nakl. Verlag Daschofer, Praha 2011.
5. L. Grenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
6. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Provést anlyzu plovoucích betonových konstrukcí (vypracovat přehled typů, normových předpisů, zatížení apod.) Dále vypracovat stavební a konstrukční návrh stavby dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích parametrů. Provést návrh nosných prvků. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

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

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

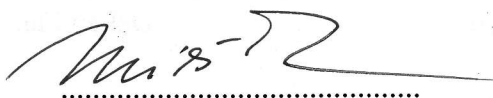
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

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

Struktura bakalářské/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).



doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Autor práce Bc. Branislav Páleník

Škola Vysoké učení technické v Brně
Fakulta Stavební
Ústav Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Studijní program N3607 Stavební inženýrství

Název práce Návrh plovoucí betonové konstrukce
Název práce v anglickém jazyce Design of floating concrete structure
Typ práce Diplomová práce
Přidělovaný titul Ing.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze

Anotace práce Projekt byl zaměřen na seznámení se s problematikou plovoucích konstrukcí, podle pořízených podkladů a znalostí získaných během studia, byla provedena studie existující plovoucí konstrukce. Byl proveden posudek konstrukce přebrané z podkladů. Větší prostor byl věnován dnu konstrukce v posudcích. Ostatní konstrukce navrženy jen předběžně.

Anotace práce v anglickém jazyce The project aimed to familiarize yourself with the issue of floating structures, according to the procurement documents and knowledge acquired during studie, a study of existing floating structures. Review was conducted design adapted from documents. More space was devoted bottom structure in the assessment. Other structures designed only provisionally.

Klíčová slova Předpjatý beton, mořské vlny, účinky mořských vln, plovoucí konstrukce, deskostěnový výpočetní model, plošné prvky, typy plovoucích konstrukcí

Klíčová slova v anglickém jazyce Prestressed concrete, ocean waves, the effects of the waves, floating structures, shell computational model, surface elements, types of floating structures

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8.1.2014



podpis autora
Bc. Branislav Páleník

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8.1.2014



.....
podpis autora
Bc. Branislav Páleník

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Branislav Páleník *Návrh plovoucí betonové konstrukce*. Brno, 2014. 72 s., 47 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D..

Abstrakt

Projekt byl zaměřen na seznámení se s problematikou plovoucích konstrukcí, podle pořízených podkladů a znalostí získaných během studia, byla provedena studie existující plovoucí konstrukce. Byl proveden posudek konstrukce přebrané z podkladů. Větší prostor byl věnován dnu konstrukce v posudcích. Ostatní konstrukce navrženy jen předběžně.

Klíčová slova

Předpjatý beton, mořské vlny, účinky mořských vln, plovoucí konstrukce, deskostěnový výpočetní model, plošné prvky, typy plovoucích konstrukcí

Abstract

The project aimed to familiarize yourself with the issue of floating structures, according to the procurement documents and knowledge acquired during studie, a study of existing floating structures. Review was conducted design adapted from documents. More space was devoted bottom structure in the assessment. Other structures designed only provisionally.

Keywords

Prestressed concrete, ocean waves, the effects of the waves, floating structures, shell computational model, surface elements, types of floating structures

...

PodĎakovanie:

Chcel by som sa poďakovať pánovi doc.Ing. Milošovi Zichovi Ph.D. za čas, ktorý mi venoval v priebehu všetkých konzultácií a diskusií. Za poskytnutie cenných rád a usmernenie pri vypracovávaní diplomovej práce.

Úvod

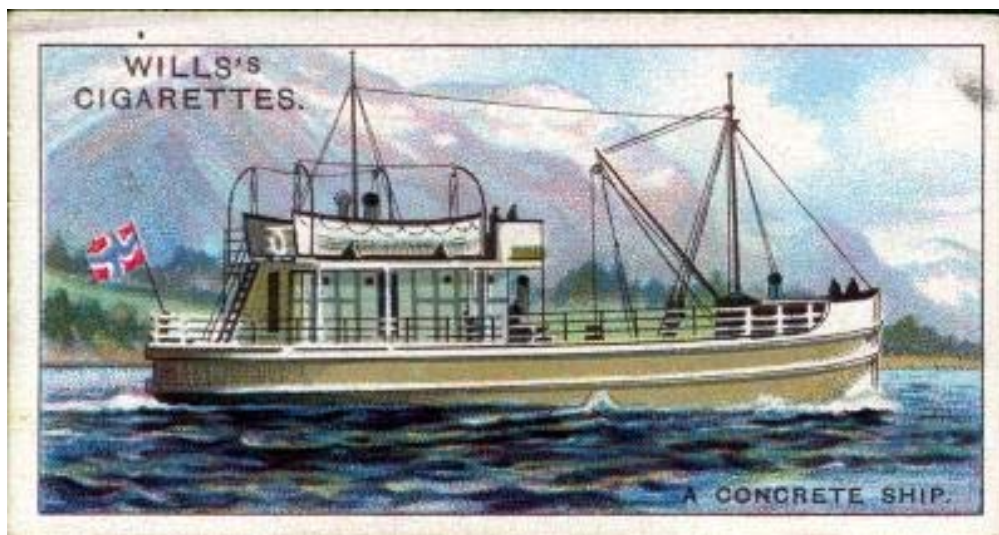
História betónových plávajúcich konštrukcií

História betónových lodí sa začala písať v roku 1848 keď vo Francúzsku Joseph Louis Lambot skonštruoval svoj betónový čln. Jeho konštrukcia bola jednoduchá vychádzala z tvaru drevených člnov a tvorilo ju oceľová sieť na ktorú sa nanášala cementová malta. V roku 1855 získal patent na tento typ konštrukcie pod názvom feriment. Jeho patenty však postupom času nahradili patenty Josepha Moniera.



Obrázok 1 - Čln Josepha Louise Lambota v muzeu

Prvá betónová loď s vlastným pohonom bola postavená v roku 1917, jej autorom bol Nóř Nicolay Fougner. Loď Namsenfjord mala dĺžku takmer 26 metrov a vážila cca 400 ton. Táto loď mala nielen technický, ale aj značný ekonomický úspech čím výrazne prispela k rozšíreniu tohoto typu lodí v ďalších rokoch.



Obrázok 2 - Norska loď Namsenfjord

V roku 1919 bola postavená loď Violette na základe projektu z roku 1917. Kotví na rieke Medway v Anglicku a je najstaršou plávajúcou loďou na svete.



Obrázok 3 - Lod' Violette

Pred koncom prvej svetovej vojny, v dôsledku nedostatku ocele, dal prezident U.S.A. Woodrow Wilson vybudovať tzv. núdzovú flotilu, ktorá mala pozostávať z 24 betónových lodí. Kým sa však stihla výroba rozbehnúť vojna skončila a následný pokles ceny ocele spôsobil zastavenie výstavby. Dokončených bolo len 12 lodí, ktoré boli následne rozpredané súkromným firmám. Posledná dodnes plávajúca loď z tejto flotily je S.S. Peralta (dokončená v roku 1921), ktorá kotví pri Britskej Kolumbii v Kanade. Situácia sa zopakovala počas druhej svetovej vojny, keď nemecké U-booty, organizované v tzv. vlčích svorkách efektívne likvidovali lode zásobujúce Veľkú Britániu vojenským materiálom. Fabriky v U.S.A. nestačili vyrábať toľko lodí, koľko ich nemecké svorky ničili a keďže oceľ bola opäť drahá, americká vláda znovu objednala flotilu 24 betónových lodí. Výroba jedného plavidla dĺžky vyše 100 metrov a vážiaceho takmer 3000 ton trvala približne jeden mesiac. Tentoraz sa podarilo do konca vojny postaviť všetky objednané lode, no výraznejšiu pomoc v boji poskytli len dve z nich a aj to len ako plavidlá blokujúce časť pobrežia počas vylodenia v Normandii. Po vojne boli všetky tieto lode, nesúce mená významných výskumníkov z oblasti betónu (napr. Aspdin, Smeaton, Vicat), rozpredané. Niekoľko z nich, spolu s inými betónovými loďami postavenými v prvej polovici 20-teho storočia, slúži dodnes ako vlnolamy, alebo ako turistické atrakcie. Po vojne s poklesom ceny ocele sa betónové lode dostali opäť do úzadia a väčšinou sa dnes stavajú len v chudobnejších regiónoch Ázie. Napríklad v roku 2006 Čína vo svojich 600 fabrikách špecializujúcich sa na výrobu betónových lodí vyrobila malé betónové lode celkovej váhy 700 000 ton.

Súčasnosc', realizované projekty

V súčasnosti plávajúce konštrukcie sa využívajú najmä ako vlnolamy, pontóny, prístavné móla, prečerpávacie stanice alebo ťažobné plošiny. Taktiež pre účely bývania známe ako houseboats.

Bývanie v houseboatoch je v súčasnosti pomerne populárne a ponúka aj riešenie v preludnených oblastiach. V Ázii už celé generácie bývajú v plávajúcich príbytkoch.



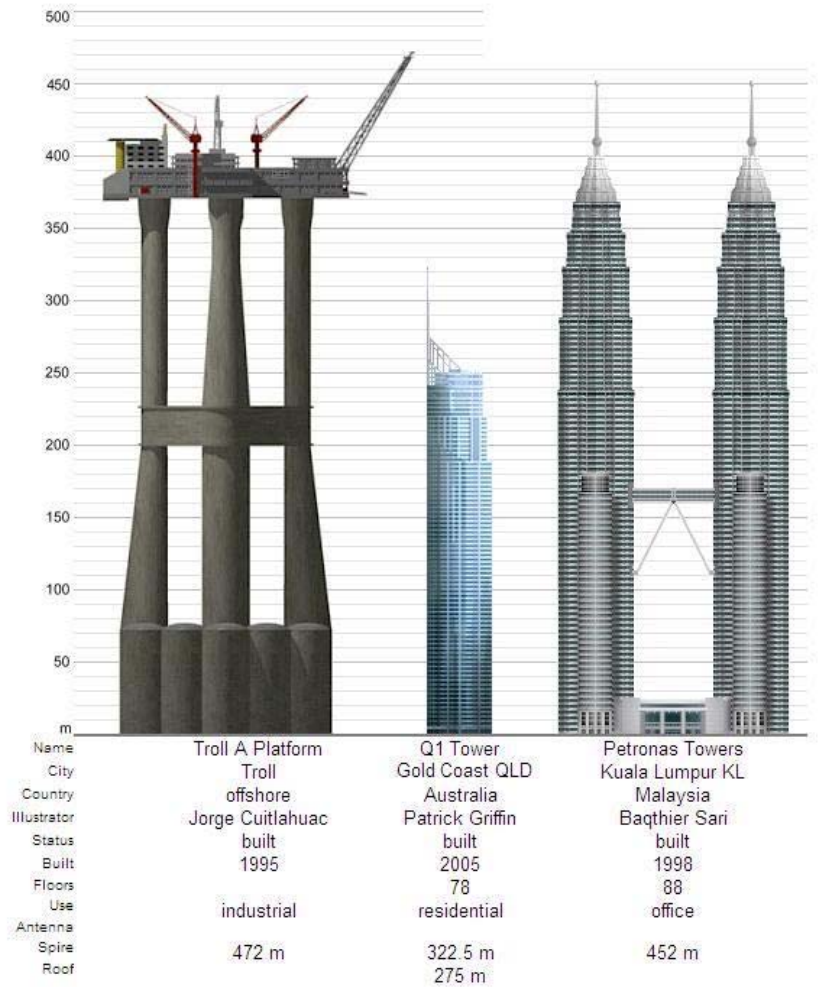
Obrázok 4 - Plávajúce domy v Ázii



Obrázok 5 - Houseboaty v Európe

Tento štýl bývania s v dnešnej dobe pomaly ale iste stáva alebo stane nutnosťou pre krajiny ktoré pohlť stúpajúce more a tak obyvatelia prímorských oblastí nebudú mať na výber pokiaľ budú chcieť ostať vo svojej krajine. Z týchto dôvodov je možné sa domnievať že betónové plávajúce konštrukcie ktorých nespornou výhodou je ich cena, ešte len zažijú svoj zlatý vek.

Dnes ako už bolo v úvode kapitoly spomenuté sa betónové plávajúce konštrukcie najviac využívajú v ťažobnom priemysle ako vrtné plošiny z ktorých je najznámejšia a najväčšia vrtná plošina Troll A. S impozantnou výškou 472 m a hmotnosťou 683 300 t (s nákladom a posádkou 1,2 milióna ton). Postavená bola v rokoch 1991 – 1995. Vlastníkom je spoločnosť Shell a plošina sa dnes nachádza v Severnom mori kde sa pomocou nej ťaží ropa a zemný plyn.



Obrázok 7 - Vrtná plošina Troll A, jej výškové porovnanie



Obrázok 6 - Betónové plávajúce vlnolamy

Podobnou konštrukciou ako sú plávajúce vlnolamy sú plávajúce betónové prístavy v ktorých kotvia lode.

V diplomovej práci som sa zaoberal konštrukciou určenou na uskladnenie LPG. ARCO Floating Liquefied Petroleum Gas Terminal bola navrhnutá firmou BergerABAM. Má rozmery 140,5 m dĺžku, 41,5 m šírku a 17,2 m výšku. Hmotnosť konštrukcie je 65 000 ton. Konštruovaná je na uskladnenie 375 000 barelov alebo 59 620 m³ LPG. Postavená bola v meste Tacoma, štát Washington a na miesto používania bola odvečaná cez Tichý oceán, na svojej ceste prekonalala 10 000 míľ. V Súčasnosti sa nachádza v Jávskom mori neďaleko mesta Jakarta. Konštrukcia slúži svojmu účelu od roku 1976. Podrobnejší v nasledujúcich



Obrázok 8 - ARCO Floating Liquefied Petroleum Gas Terminal

kapitolách.

Budúcnosť plávajúcich konštrukcií



Obrázok 9 - Konceptcia Lilypad

Od 1960 sa objavilo niekoľkých utopických myšlienok na plávajúce mestá. Futuristická Lilypad koncepcia plávajúceho mesta je jedným z najviac prepracovaných nápadom na fungujúcu morskú komunitu. Plávajúce mesto je koncipované ako plávajúce "Ecopolis" pre klimatických utečencov. Autor dizajnu Vincent Callebaut navrhol tvar ktorý sa podobá leknú a budú môcť vyrábať vlastnú energiu, a to nielen cez solárne panely, veterné turbíny, prílivové generátory a biomasu, ale tiež spracovávať CO₂ v atmosfére a

absorbovať ho do svojho plášťa z oxidu titaničitého. Každé z týchto plávajúcich miest by ponúknuť bývanie až pre 50,000 ľudí.



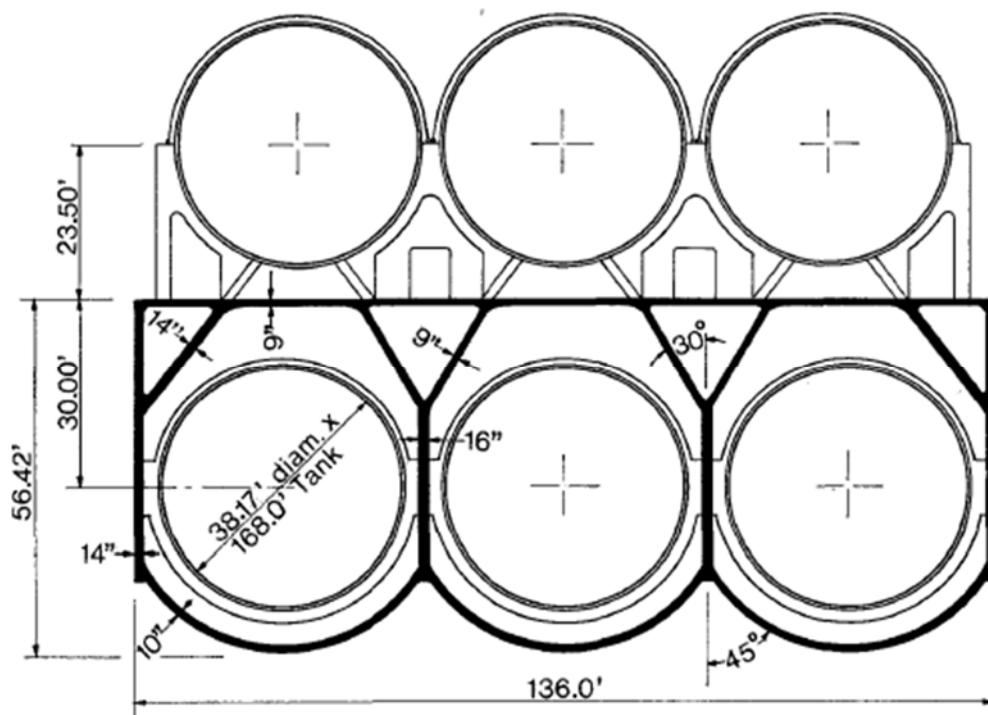
Obrázok 10 - Bývanie pre 50 000 ľudí

Ďalšou zaujímavou myšlienkou je myšlienka plávajúceho poľnohospodárstva ktorá môže byť odpoveďou na zaistenie potravy pre rastúci počet obyvateľov na zemi. Plávajúce porasty možno ľahko realizovať pomocou iba relatívne tenkej vrstvy EPS a malého množstva pevnejšieho materiálu, aby to dodalo odpovedajúcu odolnosť. Ďalšou výhodou plávajúceho poľnohospodárstva je fakt že by mohlo v priebehu sezóny sa premiestňovať

a tak vždy zaistiť ideálne podmienky pre pestovanie danej plodiny. V súčasnosti sa už využívajú plávajúce chovné stanice pre morské ryby ako sú lososy alebo tresky.

Cieľ diplomovej práce

Cieľom diplomovej práce bolo zoznámiť sa s problematikou plávajúcich konštrukcií a vypracovať štúdiu takejto konštrukcie na základe naštudovaných znalostí. Pre tento účel bola zvolená konštrukcia ARCO Floating Liquefied Petroleum Gas Terminal.



Obrázok 11 - Priečny pôvodný návrh zakótovaný v imperialných jednotkách

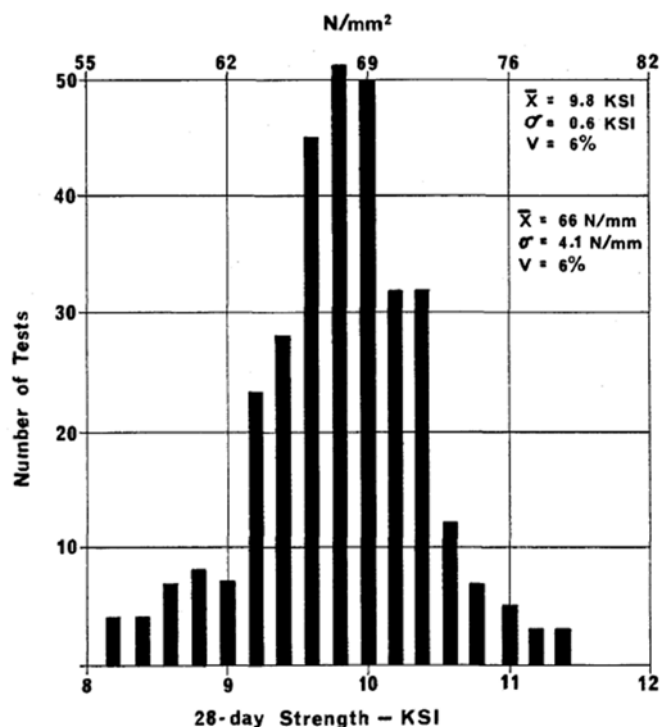
Ďalšou podmienkou bola snaha bola čo najvernejšie dodržať stanovenú geometriu konštrukcie. Avšak pre komplikovanosť konštrukcie bola skrátaná na 110,8 m, je symetrická a tiež boli odstránené priestory pre posádku a heliport. Posudzovaná konštrukcia je určená na skladovanie LPG a umiestnená k pobrežiu Holandska. Východzie normy na navrhovanie boli použité EN 1991, EN 1992, ACI 357.2R-10.

Popis konštrukcie

Pôvodná konštrukcia z ktorej návrh vychádza bola navrhnutá v roku 1976 v americkom meste Tacoma, štát Washington. Bola postavená pravdepodobne z betónu ktorý v súčasnosti odpovedá triede C60/75 (obrázok 12). Posudzovaná konštrukcia je navrhnutá železobetónová predpätá z betónu triedy C50/60. Zvolená trieda je nižšia ako bol pôvodný návrh bola snaha overiť či je možné navrhnuť konštrukciu aj z betónu nižšej triedy. Avšak po realizovaní výpočtu je nutné konštatovanie že vhodnejší by bol betón vyššej triedy, a to z dôvodu veľkého tlakového namáhania betónu vplyvom predpätia.

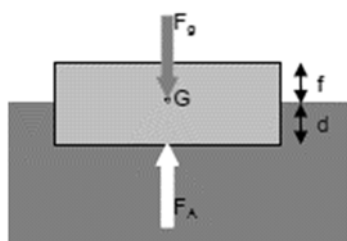
Miesto užívania pôvodnej konštrukcie je Javské more pri meste Jacarta. Medzi ostrovmi Java a Borneo (Indonézia). Slúži ako prečerpávacía stanica pre LPG. Posudzovaná konštrukcia bola umiestnená k európskemu pobrežiu Severného mora, alebo

ako prídavná konštrukcia do prístavu. Jedná sa o vymyslené miesto umiestnenia slúžiace len pre účely výpočtu.



Obrázok 12 - Histogram tlakovej skúšky betónu trupu

Návrh konštrukcie

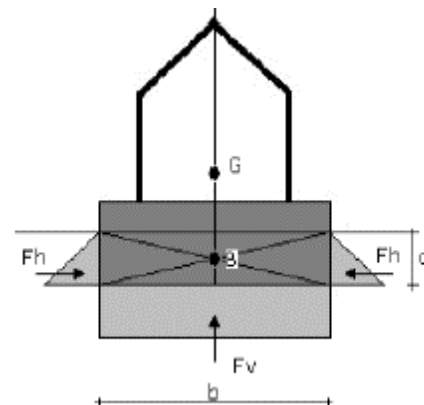


Návrh konštrukcie tak aby plávala vychádza z Archimedovho zákona. Keď musíme nabráť objem tak aby sme zväčšili vztlakovú silu ktorá pôsobí proti vlastnej hmotnosti konštrukcie. Z obrázku 13 je zrejماً sila F_g čo predstavuje vlastnú tiaž a sila F_A ktorá predstavuje vztlakovú silu. Neponorená časť je označená f a označenie d predstavuje ponor konštrukcie.

Obrázok 13 - Archimedov zákon

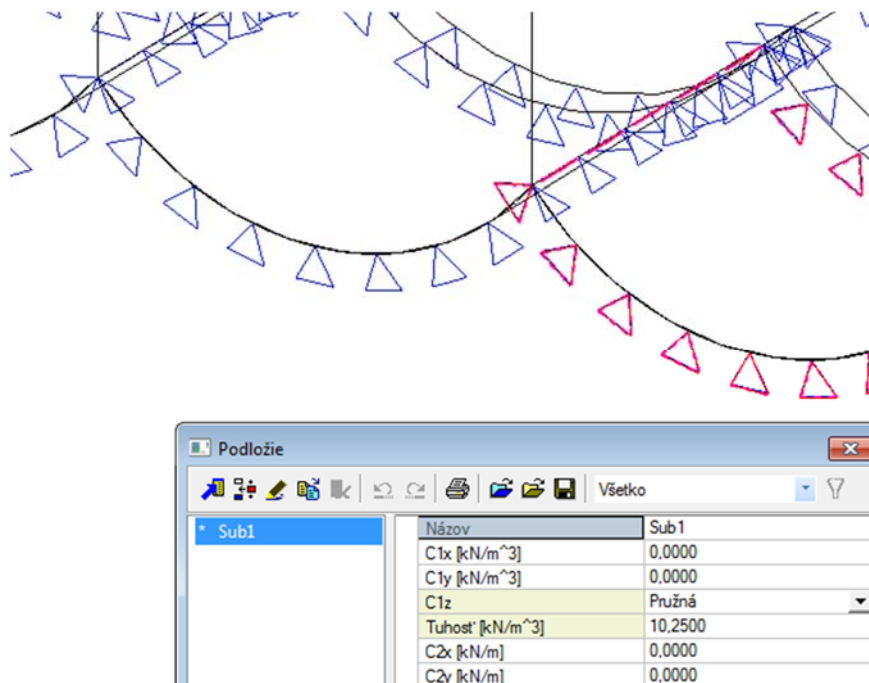
V prípade posudzovanej konštrukcie bol realizovaný kontrolný výpočet ktorý mal za úlohu overiť správnosť použitých pružín v programe na výpočet celej konštrukcie. Výsledkom overenia bol fakt, že pružiny pracujú s minimálnou odchýlkou a je možné takýto výpočtový model zhotoviť v programe Scia a aj použiť.

Hydrostatický tlak na bočné steny ako aj na dno je jednou z nezanedbateľných zaťažení. Všetky typy plávajúcich konštrukcií je tento zaťažovací stav značne premenný, a to z dôvodu že jeho veľkosť závisí na hĺbke ponoru, teda na množstve zaťaženia pôsobiacej na konštrukciu.



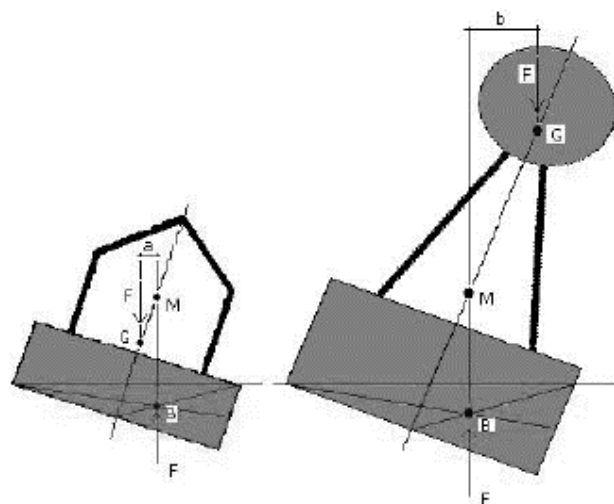
Obrázok 14 - Hydrostatický tlak

Podložie respektíve pružiny boli modelované pomocou Winklerovho modelu. Tento model sa ukázal byť správny nakoľko vykazoval malú odchýlku od ponoru spočítaného ručne. Taktiež minimálna bola odchýlka hydrostatického tlaku na dno konštrukcie. Tuhosť pružín je určená zo vzťahu $k=gp$ [kN/m³]. Objemová hmotnosť vody bola uvažovaná 10,25 kg/m³ čo odpovedá morskej vode.



Obrázok 15 - Winklerov model

Stabilita konštrukcie bola overená tak, že pri pôsobení vetra vzniká ohybový moment ktorý sa snaží pootočiť konštrukciu okolo pozdĺžnej osi. Toto pootočené bolo spočítané (3,29°), taktiež je dôležitá metacentrická výška. Metacentrická výška je bod okolo ktorého konštrukcia rotuje. Pootočené je veľmi malé a vyvolá moment ktorý stabilizuje konštrukciu, čím je menšia vzdialenosť medzi ťažiskom a metacentrickým bodom (M), tým je stabilizačný moment väčší a konštrukcia stabilnejšia.



Obrázok 16 - Stabilita konštrukcie, konštrukcia vľavo stabilnejšia ako konštrukcia vpravo

Zaťaženie konštrukcie

Výpočet vnútorných síl bol realizovaný za pomoci programu Scia Engineer, nábehy a lokálne zosilnenia konštrukcie neboli zohľadnené vo výpočtovom modeli konštrukcie. Vlastná tiaž bola zohľadnená v programe ako samostatný zaťažovací stav.

Ostatné stále zaťaženie predstavuje hmotnosť prstencov ktoré podopierajú nádrže. Zaťaženie bolo prepočítané na 1,5 m široký pás ktorý zaberá prstenec. Šírka 1,5 m bola približne odhadnutá.

Náplň nádrží je LPG (liquid petroleum gas), látka má hustotu 0,55 kg/l z čoho vyplýva 550 kg/m³. Zaťaženie bolo prepočítané na plochu ktorú zaberá podporný prstenec.

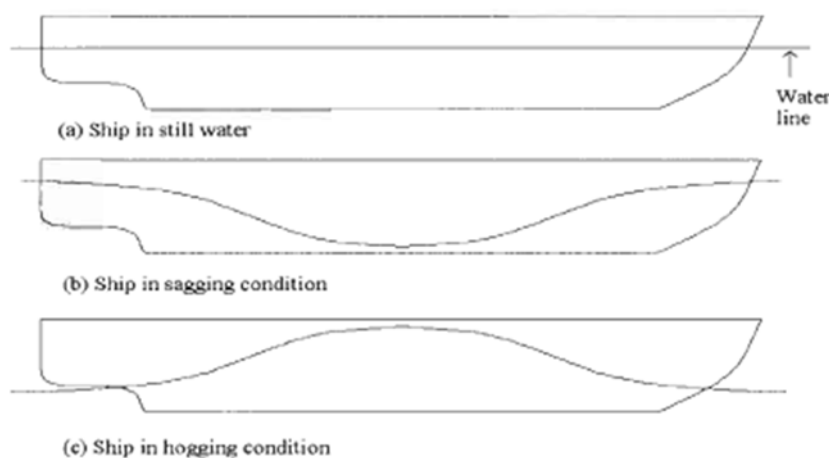
Zaťaženie snehom bolo stanovené podľa EN 1991-1-3 pre stredozápadný región na úrovni hladiny mora $s_k=0,4$ kN/m².

Zaťaženia vetrom bolo vypočítané pre vetrovú oblasť V, metodika výpočtu podľa ČSN EN 1992-1-4 so základnou rýchlosťou vetra $v_{b,0}=36$ m/s, zaťaženie bolo aplikované len pre stabilný posudok

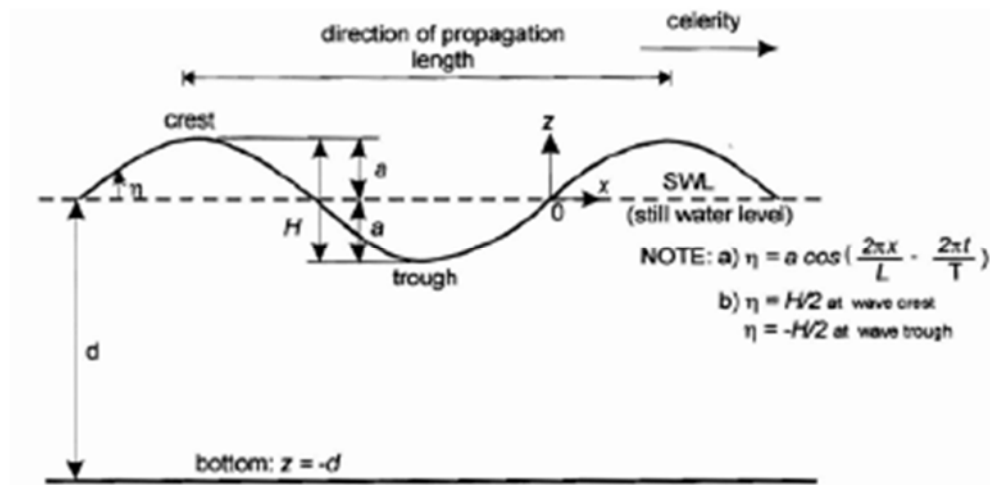
Užitočné (premenné) zaťaženie bolo uvažované ako pre skladovacie priestory 7,5 kN/m².

Zaťaženie hydrostatickým tlakom bolo uvažované rôzne pre jednotlivé kombinácie a to v závislosti na hĺbke ponoru, vplyv vo výpočtovom modeli len na steny a to preto lebo pružné podopretie zaistilo správne kontaktné napätie v dne konštrukcie.

Zaťaženie vlnami bolo zohľadnené ako dva samostatné zaťažovacie stavy a to hogging a sagging stav, kedy pri hogging stave má vlna maximum v strede konštrukcie a pri sagging stave má vlnu minimum v strede. Výšku vlny bol problém určiť keďže som sa nedostal k materiálom na základe ktorých by som bol schopný určiť túto výšku. Táto výška bola odhadnutá a to spôsobom že bol uvažovaný maximálny ponor a zvyšná časť konštrukcie ktorá nebola ponorená bola amplitúdou vlny.

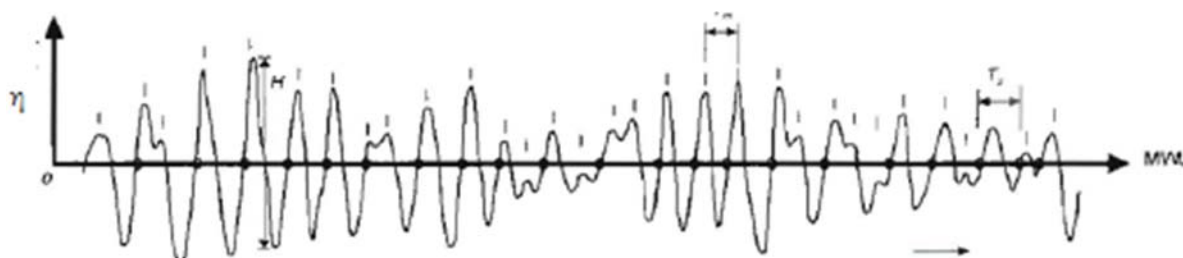


Obrázok 17 - Zaťažovacie schémy vln, podľa ACI 357



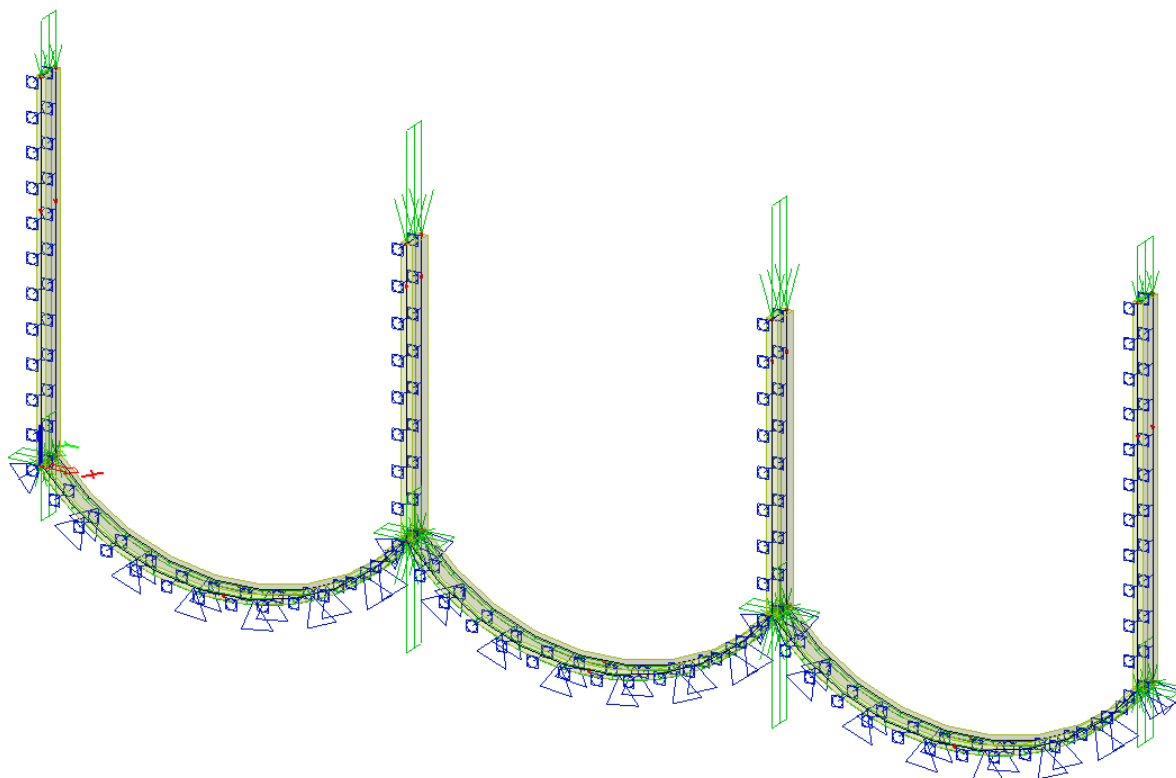
Obrázok 18 - Graf vlny

Celková výška vlny je $2a$, čiže v modely bolo uvažované s výškou vlny 6,3 m, neskôr v priebehu práce na projekte bolo zistené že výška vlny ktorá bola uvažovaná na pôvodnej konštrukcii je 8,25 m. Nakoľko to bolo v neskorších fázach projektu tento fakt je braný na vedomie, prepracovanie projektu by bolo časovo náročné. Správne sa však výška vlny má určiť ako priemer z 1/3 maximálnych hodnôt výšky (podľa NORSOK standart N-003). Slúži k tomu graf na obrázku 18. Graf pre severné more nebol dohľadovaný, prípade realizácie projektu je nutné znovu posúdiť správnosť zaťažovacieho stavu vln resppektíve vstupných údajov tohto stavu, ako výška vlny, interval vlny a vlnová dĺžka.



Obrázok 19 - Graf výšky vlny v čase

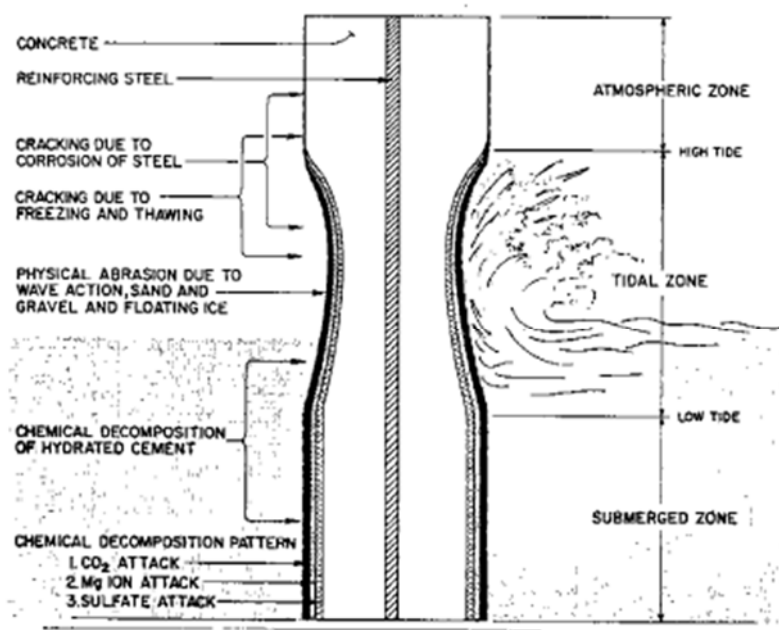
Zaťaženie predpätím bolo modelované na metrovom výseku konštrukcie. Jedná sa o úlohu rovinnej deformácie.



Obrázok 20 - Výpočtový model predpätie

Neuvažované zaťaženie v diplomovej práci bolo dynamické zaťaženie vlnami, vplyv teploty na konštrukciu, pôsobenie morských prúdov, náraz predmetu (ľadovec, loď) do konštrukcie a zmrašťovanie, tak tiež postup výstavby. Tieto zaťaženia by pri realizačnom projekte nemali chýbať avšak z dôvodu ich časovej náročnosti neboli uvažované. Pre zoznámenie sa s problémami navrhovania takýchto konštrukcií tiež pre vypravovanie práce neboli zásadné.

Návrh predpätia bol vykonaný na častú kombináciu avšak z dôvodu absencie kombináčného súčiniteľa ψ pre častú kombináciu nie je rozdiel medzi charakteristickou kombináciou, častou kombináciou a kvázi-stálou respektíve je len minimálny. Krytie predpínacej ako aj betonárske výstuže bolo určené podľa EN 1992 1-1 pre stupeň vplyvu prostredia XS3 čo predstavuje konštrukciu zmáčanú a ostrekovanú prílivom, časť stavby v mori. Podľa ACI je krytie rozdelené do častí ktoré sú v atmosférickej zóne (50 mm), namáhané príbojom (65 mm) a trvalo ponorené (50 mm). Krytie bolo zvolené podľa EN a to 50 mm. Krytie prepínacích bolo zabezpečené tým že podmienkou návrhu predpätia bolo že musí byť lano minimálne 25 mm v tlačenej časti prierezu.



Obrázok 21 - Zóny krytia podľa ACI 357R

Posúdenie konštrukcie bolo realizované na troch rezoch ktoré sú naznačené v obrazovej prílohe, posúdený bol medzný stav únosnosti, vo všetkých prípadoch bol posudok vyhovujúci s veľmi veľkou rezervou. Toto predimenzovanie je vysvetliteľné vplyvom návrhu predpätia bez redukčných súčiniteľov.

Spôsob prepínania ako aj približný postup výstavby je naznačený na nasledujúcej strane.

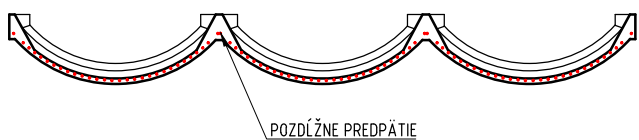
- 1.Fáza : Vybetónovanie dna konštrukcie, predpätie dna v pozdĺžnom smere čiastočne
- 2.Fáza : Vybetónovanie stien ich čiastočné predopnutie, dopnutie dna, zabetónovanie kotiev pozdĺžnych káblov, jedná sa o fázu kedy bude konštrukcia v suchom doku zaplavená a remorkérmi odtiahnutá k prístavnému mólu.
- 3.Fáza : Osadenie prstencov a následné osadenie nádrží.
- 4.Fáza : Vybetónovanie vzpier dopnutie káblov stien.
- 5.Fáza : Zabetónovanie kotiev stien, vybetónovanie stropu, osadenie podpory pre horné nádrže a následné osadenie nádrží.

Postup predpínania je naznačený na nasledujúcej strane a to tak že postupovať sa bude od zvislých stien k stredu súčasne tak aby sa docielilo rovnomerné predopnutie. Pozdĺžny smer sa bude predpínať tiež od pozdĺžnych stien k stredu v smere šípiek.

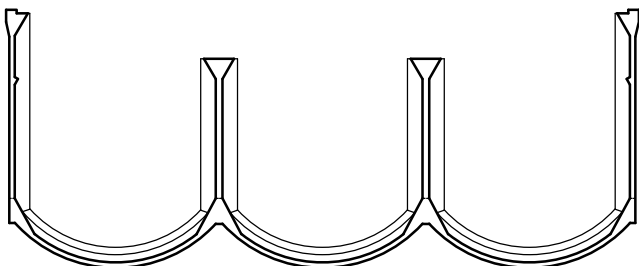
1.a FÁZA



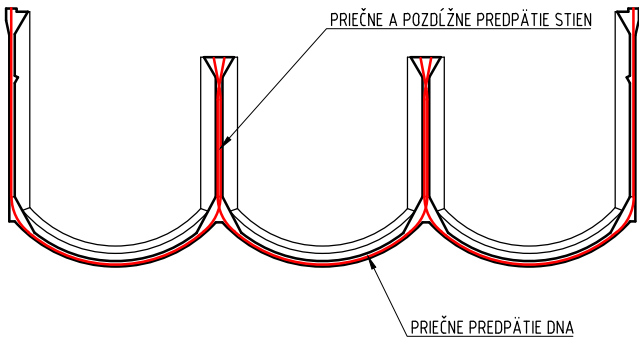
1.b FÁZA



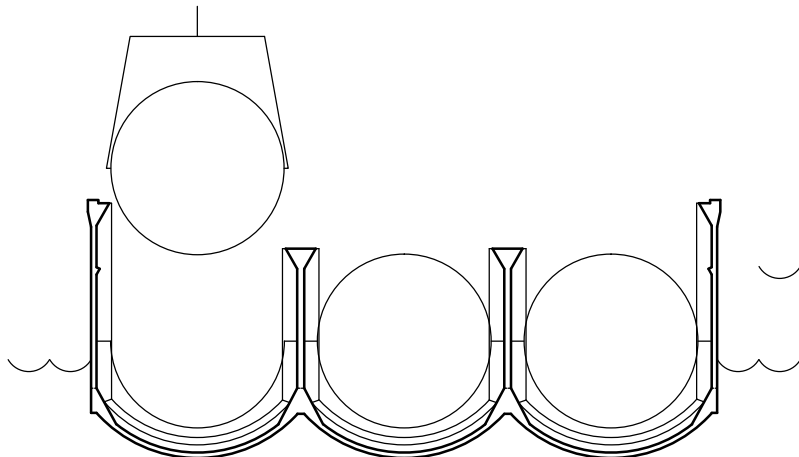
2.a FÁZA



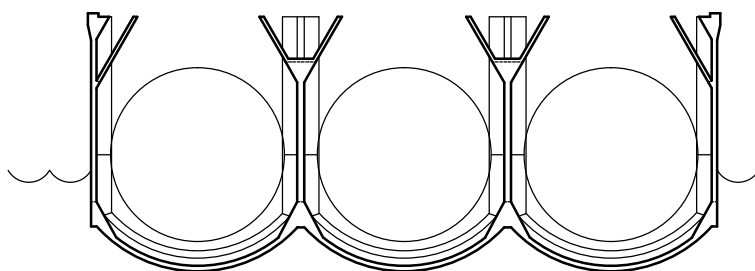
2.b FÁZA



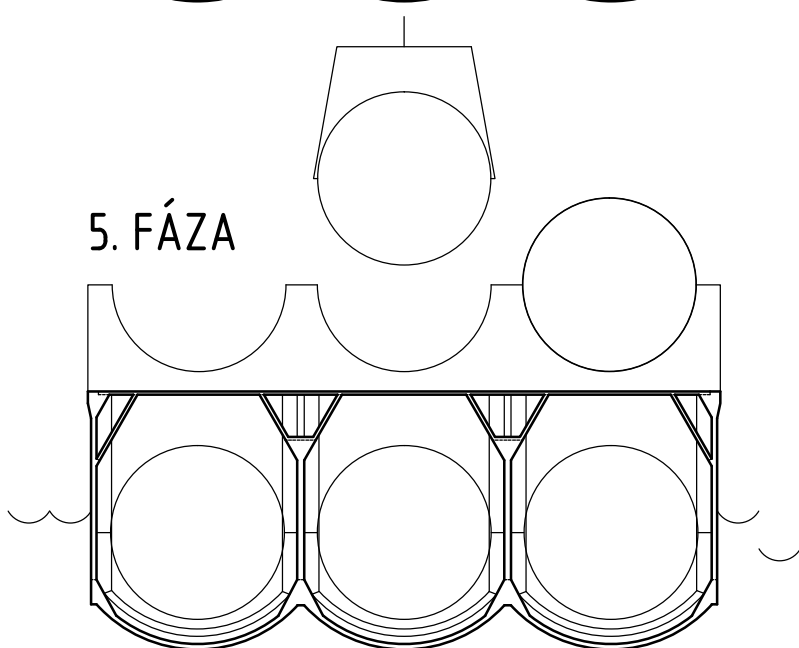
3. FÁZA



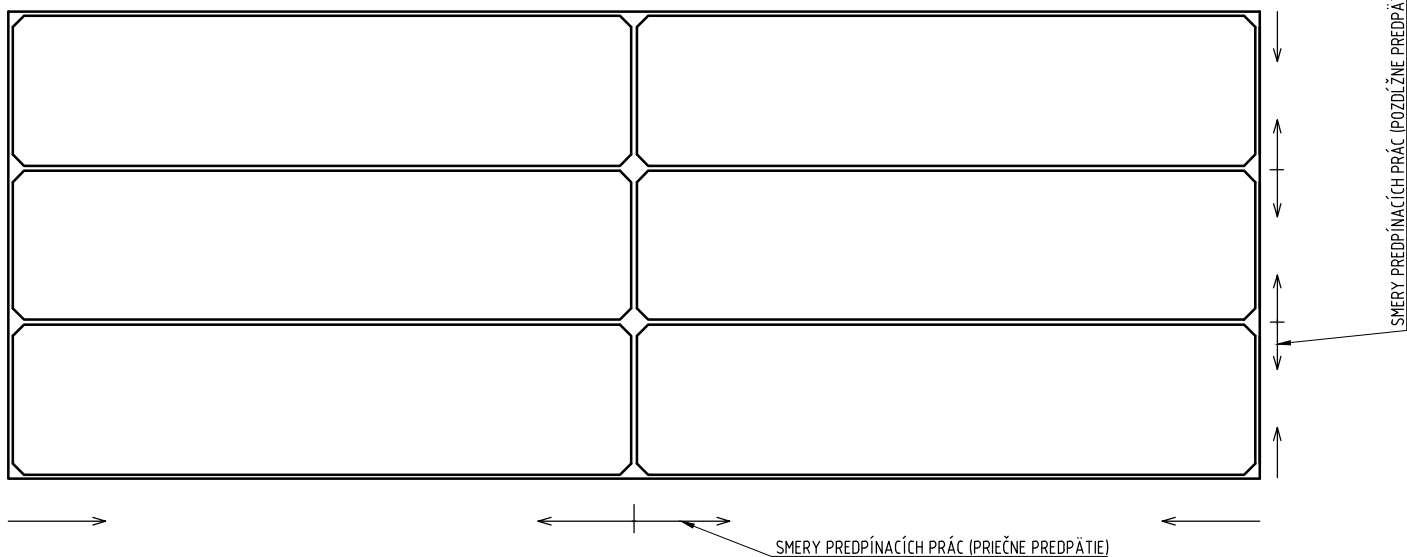
4. FÁZA



5. FÁZA



SMER POSTUPU PREDPÍNANIA



Záver

Medzi najväčší prínos práce považujem fakt, že sa jedná o konštrukciu ktorá sa v našich podmienkach prakticky nenavrhne a diplomová práca mi ponúkla možnosť, skúsiť si návrh predpätia v konštrukciách tohto typu. Taktiež zdokonalenie sa v tvorbe výpočtových modelov. Vypracovaný bol projekt ktorý by som zaradil do kategórie štúdie, daného typu konštrukcie. Pre realizáciu konštrukcie by bolo nutné ďalšie dopracovanie projektu. Overil som si svoje znalosti nadobudnuté počas štúdia a to jak na bakalárskom stupni tak aj na magisterskom stupni.

Konštrukcia má nedostatky ktorých som si vedomí (napr. množstvo predpätia, zanedbaná určité typy zaťaženia). Zistil som v diplomovej práci že pri návrhu predpätia významne ovplyvňuje návrh predpätia typ kombinačného súčiniteľa. Keďže tento súčiniteľ v eurokóde ako aj v americkej norme ACI357.2R-10 ktorú som mal k dispozícii som nenašiel, predpokladám že návrh predpätia nie je celkom optimálny, avšak toto nebolo predmetom diplomovej práce. V odovzdanom stave v akom je konštrukcia posúdená je možné konštrukciu zhotoviť avšak aby bezchybne plnila svoj účel je nutné vypracovanie realizačnej dokumentácie v ktorej sa budú uvedené nedostatky odstraňovať.

Záverom je možno konštatovať že cieľ práce bol dosiahnutý ale keďže sa jedná o značne rozsiahlu problematiku, je nutné ďalšie skúmanie a naštudovanie daného typu konštrukcií. Ideálne by bolo vhodné sa podieľať na návrhu, reálnej konštrukcie, v niektorých z krajín kde majú tieto konštrukcie uplatnenie.

Prehľad použitej literatúry a podkladov

- [1] Zich M., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Nakl. Verlag Daschofer, Praha 2011
- [2] Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce nádrže a zásobníky, Akademické nakladatelství, Cerm Praha 2010
- [3] ČSN EN 1990, Eurokód : Zásady navrhování konstrukcí, Normalizační institut 2004
- [4] ČSN EN 1991 1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení, Normalizační institut 2004
- [5] ČSN EN 1991 1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení - zatížení sněhem, Normalizační institut 2004
- [6] ČSN EN 1991 1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení - zatížení větrem, Normalizační institut 2004
- [7] ČSN EN 1992 1-1, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – obecná pravidla pro pozemní stavby, Normalizační institut 2006
- [8] Harvan I., Predpätý betón – navrhovanie podľa spoločných európskych noriem, STU Bratislava 2013

- [9] ACI 357.2R-10, Report on floating and float-in concrete structures, American concrete institute, july 2010
- [10] ACI357R-84, Guide for the design and construction of fixed offshore concrete structures
- [11] Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- [12] Haritos N., Introduction to the Analysis and Design of Offshore Structures– An Overview, The University of Melbourne, 2007
- [13] Yong B., Marine structural design, 2003
- [14] NORSE STANDART N-003 edition 2, Actions and action effects, 2007
- [15] Offshore Structures – A new challenge, XIV National Conference on Structural Engineering, Acapulco 2004
- [16] VSL INTERNATIONAL, FLOATING CONCRETE STRUCTURES, EXAMPLES FROM PRACTICE, 1992
- [17] Gerwick B. C., Construction of Marine and Offshore Structures, 2007
- [18] Anderson A.R., World's largest prestressed LPG vessel, PCI Journal 1977
- [19] Blog Peter Paulík, <http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/249546/Betonove-lode.html> (prebratý celý úvod,história)
- [20] <http://Wikipedia.org>
- [21] Manuály Scia

Prehľad použitých obrázkov

- Obrázok 1 http://www.new-territories.com/ZOO/?page_id=431
- Obrázok 2 <http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/249546/Betonove-lode.html>
- Obrázok 3 <http://peterpaulik.blog.sme.sk/c/249546/Betonove-lode.html>
- Obrázok 4 <http://www.shutterstock.com/pic-82411231/stock-photo-floating-village-on-the-kanjanburi-thailand.html>
- Obrázok 5 <http://buildaroo.com/sk/news/article/floating-houseboat-sustainable-design/houseboat/>
- Obrázok 6 <http://www.fdn-engineering.nl/en-product-development/floating-breakwaters>
- Obrázok 7 <http://thehelpfulengineer.com/index.php/2011/04/two-of-the-ten-tallest-buildings-in-the-world-are-oil-rigs/> -
- Obrázok 8 <http://www.abam.com/portfolio/project/169>
- Obrázok 9 <http://www.designbuzz.com/lilypad-a-green-utopia-for-the-year-2100/>

- Obrázok 10 <http://www.gizmag.com/lilypad-floating-city-concept/17697/>
- Obrázok 11 ACI 357.2R-10, Report on floating and float-in concrete structures, American concrete institute, july 2010
- Obrázok 12 Anderson A.R., Wordl's largest prestressed LPG vessel, PCI Journal 1977
- Obrázok 13 Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- Obrázok 14 Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- Obrázok 16 Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- Obrázok 17 Yong B., Marine structural design, 2003
- Obrázok 18 Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- Obrázok 19 Koekoek M., Connecting Modular Floating Structures, master thesis, Delft university of technology, 2010
- Obrázok 21 Yong B., Marine structural design, 2003