

Pasi Heikkinen

Pientalon ponttonirakenteiden tutkiminen

Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotek-
niikka

Syksy 2015



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Heikkinen Pasi

Työn nimi: Pientalon ponttonirakenteiden tutkiminen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Ponttoni, kelluva talo, rakenne

Insinööri työ lähti käyntiin Mikko Heikkisen kautta saadusta toimeksiannosta, ja se on tehty Kajaanin Ammattikorkeakoululle. Työ on alun perin tullut Markku Vihannolta ME-Talot Oy:stä.

Tässä insinööri työssä tutkittiin ponttonirakenteita ja niiden soveltuvuutta kannattelemaan pientaloa, kun ponttonirakenteet koostuvat teräsbetonista, teräksestä tai lasikuidusta. Työssä esitellään muutamia erilaisia ponttonimalleja, jotka soveltuvat sekä maan sisäisille vesille että vaativampiin olosuhteisiin. Vedenpäällisiin asumismuotoihin joihin kuuluvat erilaiset ponttonilla tuetut talot, pilarit talot ja venetalot. Työssä esitellään myös erilaisia ponttonitalon ankkurointimenetelmiä, joilla talo saadaan pysymään sille tarkoitetulla sijainnilla. Selvitettiin myös talolle sopivaa sijaintia vesistöllä, jossa se ei altistuisi liian suurille rasituksille ja olosuhteiden muutoksille. Kelluvien talojen rakentaminen Suomessa on uusi asia, ja se on noussut pinnalle vasta viime aikoina, mutta Suomen kaupungeissa Turussa ja Helsingissä on suunnitteilla tällä hetkellä kelluville taloille omia kortteleita.

ABSTRACT

Author(s): Heikkinen Pasi

Title of the Publication: Pontoon Structure of Floating House

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

Keywords: Pontoon, floating house, structure

This thesis was started by Mikko Heikkinen's assignment. Originally the idea about the thesis came from Markku Vihanto from ME-Talot Oy.

The thesis covers information about different pontoon structures and how they are suitable for carrying a house, when pontoon structures are made from reinforced concrete, steel and fiberglass. The work presents a few different pontoon models, which are fit for inland waters and meant for demanding circumstances. There is also information about different types of living on waterways, like pontoon houses, column houses and boathouses. In addition, a few anchoring methods are presented for these types of houses to prevent them from coming loose from the mooring.

The thesis has information about where a floating house should be positioned on inland waters, so the natural conditions would not affect the house too much and put it under too much stress. Constructing floating houses in Finland is quite a new topic and it has been studied in a few southern cities in Finland, such as Turku and Helsinki, where there are plans to construct special city blocks for floating houses.

ALKUSANAT

Insinööriyön sain Kajaanin Ammattikorkeakoululta työtä ohjaavan opettajan Mikko Heikkisen kautta. Työstä ilmenee erilaisia menetelmiä, joita käytetään ponttonirakenteissa taloja varten. Kiitos läheisille tuesta tämän prosessin aikana ja Heikkisen Mikolle opinnäytetyö aiheesta tiukkaan paikkaan.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 ARKHIMEDEEN LAKI JA NOSTE	2
3 KALLISTUSVAKAVUUS.....	3
4 PONTTONIMATERIAALIT	4
4.1 Teräs	4
4.2 Betoni	4
4.3 Muovi.....	5
4.4 Alumiini.....	5
4.5 Lasikuitu	5
5 PIENTALOPONTTONIT JA NIIDEN RAKENNE	6
5.1 Teräsbetoniponttonin rakenne.....	7
5.2 Teräsponttonin rakenne	9
5.3 Lasikuituponttonin rakenne	11
6 PONTTONIEN MALLIT	13
7 PIENTALOPONTTONIN ANKKUROINTI	16
7.1 Kumikaapelit.....	16
7.2 Paalut	17
7.3 Maan sisäinen tukirakenne.....	18
8 VEDEN PÄÄLLISET RAKENNUKSET	20
8.1 Kelluva talo.....	20
8.2 Amfibinen talo.....	21
8.3 Pilaritalo	22
8.4 Venetalo	23
9 KELLUVAN RAKENNUKSEN SIJOITUS	24
10 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	27
LIITTEET	

TERMILUETTELO

Galvanointi	Metallin pinnoittamista sinkillä, joka sitoo itseensä hitaammin happea ja näin suojaa metallia.
Stabiili	Vakaa eli kappale ei menetä helposti tasapainoaan.
EPS	Expanded polystyrene eli styroksi, jota käytetään yleensä eristeenä ja suojamateriaalina.
Kondensaatio	Ilmankosteuden tiivistymistä materiaalin pinnalle vedeksi.
Pilssivesi	Aluksen tai rakenteen pohjalle vuotanutta vettä.
Amfibinen	Rakennelma, joka voi olla sekä maalla että vedessä.

1 JOHDANTO

Insinööri työ on lähtenyt käyntiin Mikko Heikkisen kautta saadusta toimeksiannosta Kajaanin Ammattikorkeakoululle. Työ on alun perin tullut Markku Vihannolta ME-Talot Oy:stä.

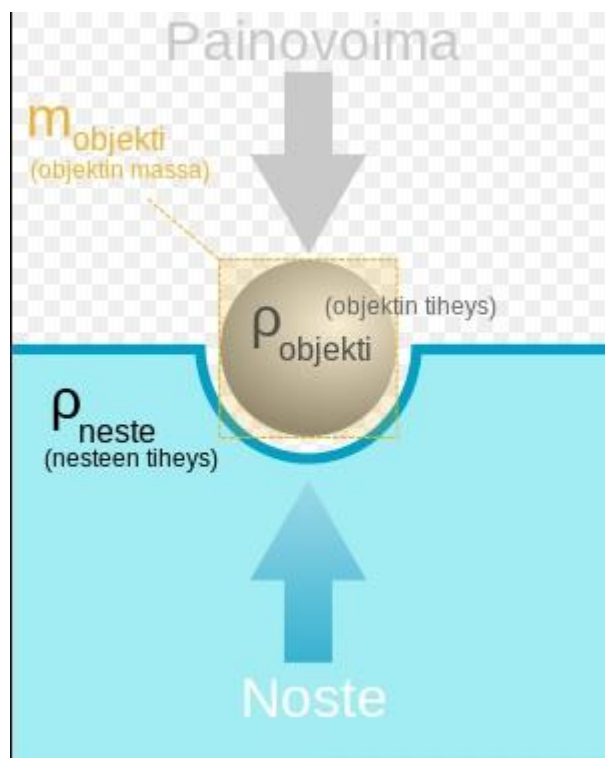
Insinööri työn tavoitteena on tutkia ja kehittää pientaloihin käytettäviä ponttonirakenteita sekä selvittää, mitkä menetelmät toimisivat parhaiten pientalojen kanssa. Ponttonirakenteen tulisi kestää tulvia ja maanjäristyksiä ja suojata taloa näiltä luonnonilmiöiltä, ilman että taloon tulisi vaurioita.

Insinööri työssä käsitellään ensin perusteoriaa liittyen ponttonin pinnalla pysymiseen ja siihen, kuinka ponttonin sijoitus rakenteessa vaikuttaa rakenteen vakavuuteen vedessä. Seuraavaksi esitellään materiaaleja, joita käytetään ponttonien ja taloponttonien rakentamisessa, jonka jälkeen havainnoidaan matemaattisin esimerkein taloponttonien rakennetta. Työssä otetaan esiin myös yleisempiä malleja, joita käytetään ponttonin muotoilussa, ja menetelmiä, joilla ponttonit ankkuroidaan, jotta talo ei poistu sijainniltaan. Työssä kerrotaan myös erilaisista asumismuodoista vesillä ja eritellään, minne kyseiset asumismuodot soveltuvat.

2 ARKHIMEDEEN LAKI JA NOSTE

Ponttonien toimintaperiaate pohjautuu Arkhimedeeseen lakiin, jossa tapahtuvaa voimaa kutsutaan nosteeksi. Nesteessä kelluvaan kappaleeseen, kuten ponttoniin, kohdistuu ylöspäin nostava voima eli noste, joka on yhtä suuri kuin ponttonin syrjäyttämä nestemäärä painoltaan. [1.]

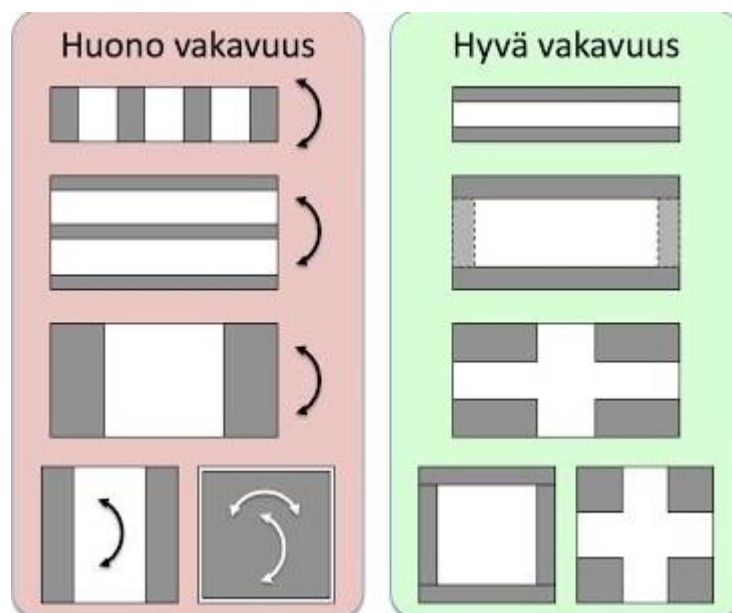
Ponttonin tiheys tulee olla pienempi kuin veden tiheys. Muuten ponttoni uppoaa. Jos ponttonin tiheys on suurempi kuin veden, sen noste ei voi kasvaa painovoimaa suuremmaksi, josta johtuen ponttoni uppoaa. Ponttonin upotessa siihen alkaa vaikuttamaan veden vastus ylöspäin, josta johtuen ponttonille kehittyy vakionopeus. Kuvasta 1 voidaan havainnoida ponttoniin vaikuttavat voimat. [1.]



Kuva 1. Kelluvaan kappaleeseen vaikuttavat voimat.

3 KALLISTUSVAKAVUUS

Kallistusvakavuus on tärkeä ominaisuus ponttonilla, joka tukee taloa tai muuta rakenteita, koska ponttonin kallistuessa liikaa se voi menettää kantavuutensa ja näin alkaa uppoamaan. Ponttonien oikeaoppisella sijoittamisella ponttonirakenteeseen voidaan tehdä stabiili kokonaisuus, joka kestää veden pinnan aaltoilut ja vaikutukset. Huonolla ponttonien sijoittelulla aiheutetaan turvallisuusriskejä asumisessa ja muissa tilanteissa. Epävakaa ponttonirakenne talolla on epämukava asua ja vaarallinen. Kuvassa 2 esitetään ponttonin sijoittamisen vaikutusta veden päällä kelluvan pinnan stabiilisuuteen. [2.]



Kuva 2. Ponttonin kallistusvakavuus. [2.]

Kuvasta voidaan havainnoida, että ponttonirakenteen hyvä vakavuus voidaan saavuttaa kulmissa ja reunoilla olevilla ponttoneilla, kun taas keskellä ja lyhemmän sivun mukaisesti menevissä ponttoneissa vakavuus on huono.

4 PONTTONIMATERIAALIT

Ponttoneita voidaan tehdä monista erilaisista materiaaleista, kuten teräs, betoni, muovi ja lasikuitu. Materiaalien ominaisuudet vaihtelevat olosuhteista riippuen, ja niiden tulee kestää lämpötilan vaihteluita, kosteutta sekä impakteja. Materiaalin tulee siis olla kestävä mutta ei liian painava, että ponttoni pysyy veden pinnalla. Ponttonin tulee olla tiivis, koska vedestä täytyessään se menettää kantokykynsä ja on käyttökelvoton.

4.1 Teräs

Teräs on kestävä ja vahva materiaali mutta teräksiä on hyvin erilaisia. Vesistöjen lähellä ilmenee galvaanista korroosiota jolta teräs pitää suojata eli galvanisoida, jotta teräs ei ruostuisi ja ponttonin rakenne alkaisi vuotamaan. Teräksestä voidaan rakentaa suuria ponttoneja, jotka kestävät suurempaakin painoa kuten taloa.

4.2 Betoni

Betoniponttonit ovat yleensä EPS-eli styroksiponttoneja, jotka suojataan betoni-kuorella, tai betonivaluponttoneita, jotka on kokonaan tehty betonivalusta. EPS:n kanssa tehdyt betoniponttonit ovat kevyitä ja pienempiä ponttoneja, jotka soveltuvat moniin käyttötarkoituksiin. Betonivaluponttoni on kooltaan suurempi ja painaa paljon, sillä siinä on vahvat seinämät, joten se soveltuu paremmin kannattelemaan taloja ja muita suurempia rakenteita. [3.][4.]

4.3 Muovi

Muoviponttonien materiaalina käytetään yleensä polyeteeniä (PE), joka on edullinen, kierrätettävä ja myrkytön muovi. Polyeteenimuovi soveltuu hyvin ulkokäyttöön sen vähäisen veden imemisen takia, ja se kestää myös hyvin auringon tuottamaa UV-säteilyä. [3.]

4.4 Alumiini

Alumiini on kevyt metalli, joten se on hyvä veden pinnalla kelluvassa ponttonissa. Alumiini on myös suhteellisen kestävä materiaalina, vaikka onkin aika pehmeä metallina. Alumiinia käytetään paljon veneiden rakenteessa.

4.5 Lasikuitu

Lasikuitu on kestävä materiaalia, ja sitä käytetään veneiden rakennuksessa. Yleensä lasikuituponttonin sisällä käytetään EPS:ää, joka estää uppoamisen, vaikka ponttoniin tulisi vuoto. EPS kostuu pinnastaan jonkin verran, vaan ei ime kosteutta, mutta itseksensä se ei kestä vaan halkeilee ja murenee käyttökelvottomaksi. Siksi sitä käytetään kestävämpien materiaalien yhteydessä, kun tehdään ponttoneja. [3.][4.]

5 PIENTALOPONTTONIT JA NIIDEN RAKENNE

Taloja kannattelevissa ponttoneissa käytetään yleensä terästä ja betonia, koska molemmat ovat kestäviä ja pystyvät kantamaan talon painoa murtumatta tai menettämättä muotoaan. Materiaalit kestävät myös lämpötilan vaihteluita, tuulta, virtauksia ja oikein käsiteltyinä erilaisia korroosioita, kuten suolaa ja vettä vastaan. Kyseisiä materiaaleja yhdistämällä tehdään myös teräsbetonirakenteita, joissa teräskehikon päälle tehdään betonivalu, jotka yhdessä kestävät paremmin betoniin kohdistuvat rasitukset. Kuvassa 3 on valmistusvaiheessa oleva teräsbetonielementti. [5.][6.]



Kuva 3. Teräsbetonin rakenne.

Pientaloponttonit ovat suuria ponttoneja, sillä ne ovat yleensä talon pinta-alaa suurempia kokonaisuuksia. Ponttonin koko johtuu siitä, että se pysyy paremmin tasapainossa veden pinnalla, kun sen pinta-ala on suurempi kuin talon. Jos talon painopiste on korkealla ja vesi aaltoilee, voi talo mennä nurin, koska ponttoni ei kykene pidättämään kyseistä voimaa. Ponttonirakennukset rakennetaan tämän takia siten, että niiden painopiste on matalalla. [5.]

Ponttoni eristetään yleensä EPS:llä, joka kestää kosteutta hyvin ja ei lahoa tai hohmeudu sekä se on hyvä lämpöeriste ja kestää myös puristusta. EPS-tuotteet voidaan kierrättää melkein sataprosenttisesti, joten se on luontoystävällinen tuote. [4.]

Luonnonilmiöiden vaarallisuus riippuu paljon maantieteellisestä sijoituksesta. Suomessa ei suuria luonnonilmiöitä havaita, vaan korkeintaan pieniä maanjäristyksiä ja tulvia. Tämä johtuu siitä, että Suomi ei sijaitse lähellä mannerlaattojen yhtymiskohtia, joista johtuen suuri osa luonnonilmiöistä saa alkunsa. Siksi Suomessa ei tarvitse luonnonilmiöiden vaikutuksista suuremmin välittää talonrakennuksessa, vaan suurimmat ongelmat ovat vuodenajan vaihtelut, jotka tuovat mukanaan erilaisia korroosio- ja kylmyysongelmia. Ponttonit kestävät siis Suomen luonnonilmiöt, kun ne on rakennettu kunnolla ja oikeilla turvamääreillä ja näin suojaavat taloa luonnonilmiöiltä.

Seuraavissa alaotsikoissa käsitellään ponttonirakenteita, jotka on tehty kolmesta erilaisesta materiaalista; teräsbetonista, teräksestä ja lasikuidusta. Esimerkeillä havainnoidaan eroja rakenteiden massassa ja mitä niiden rakentaminen vaatii. Esimerkeissä erotellaan myös eri materiaalien rakenteiden ominaisuuksia, joissa materiaalit pärjäävät paremmin tai huonommin. Yhteenvedossa pohditaan rakenteiden eroa ja sitä, mikä materiaaleista soveltuu parhaiten ponttonin rakentamiseen Suomen olosuhteissa. Alumiinia ja muovia ei käsitellä tässä, koska ne ovat materiaaleja, joita käytetään enemmän vene- ja laiturirakentamisessa.

5.1 Teräsbetoniponttonin rakenne

Teräsbetoniponttonin rakenne on sileä ja yhtenäinen, jossa on 18 senttimetriä vahvat seinämät ja jotka on kahdesti vahvennettu läpäisemättömillä teräsrakenteilla. Rakenne ei tarvitse suojaavaa kerrosta sisä- tai ulkopuolelle. [7.]

Teräsbetonirakenteen kantavuus riittää itsestään kantamaan talon tuottaman rasituksen, joten rakenteeseen ei tarvitse lisätä tukirakenteita, kuten kehikoita ja tukiseinämiä. Teräsbetonirakenteissa on vaahtomuovisuus, joka estää rakenteen uppoamisen, jos siihen tulee halkeamia tai sen sisälle vuotaa vettä. [7.]

Alla olevalla kaavalla esitetään veden määrää, jota talo siirtää. Kaavassa 1 on rakenteen pinta-ala ja kulkusyvyys, joka on 1 metri. [7.]

Lasketaan rakenteen tilavuus kaavalla (1).

$$6 \text{ m} * 20 \text{ m} * 1 \text{ m} = 120 \text{ m}^3 \quad (1.)$$

Rakenteen tilavuus on 120 m^3 . Näin ollen se siirtää tieltään saman verran vettä eli 120 m^3 , joka on 120000 litraa tai 120 tonnia. Tämä tarkoittaa sitä että rakennelma ei saa painaa enemmän kuin 120 tonnia. Muuten se uppoaa. Talon ja ponttonin painoa tutkitaan erikseen, koska määrittävä tekijä on talo ponttonin päällä. [7.]

Seuraavaksi käsitellään ponttonin painoa, jotta voidaan selvittää, kuinka raskas talo voi olla. Ensin lasketaan kokonaistilavuus, jonka jälkeen lasketaan tyhjän tilavuus, jonka jälkeen voidaan selvittää ponttonin oikea tilavuus tekemällä erotus näistä kahdesta tuloksesta (kaava 2). [7.]

Kaavassa (2) lasketaan teräsbetoniponttonin tilavuus.

$$6.00 \text{ m} * 20.00 \text{ m} * 1.50 \text{ m} = 180 \text{ m}^3 \quad (2.)$$

$$5.64 \text{ m} * 19.64 \text{ m} * 1.32 \text{ m} = 146.22 \text{ m}^3$$

$$180 \text{ m}^3 - 146.22 \text{ m}^3 = 33.78 \text{ m}^3$$

Ponttonin oikea tilavuus on siis $33,78 \text{ m}^3$. Tilavuuden avulla voidaan selvittää ponttonin paino (kaava 3), koska tiedetään, että vahvennettu betoni painaa noin $2,5 \text{ t/m}^3$. [7.]

Kaavassa (3) lasketaan teräsbetoniponttonin paino.

$$33.78 \text{ m}^3 * 2.5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 84.45 \text{ t} \quad (3.)$$

Ponttonin paino on siis $84,45$ tonnia, joten voidaan selvittää talon maksimipaino (kaava 4).

Kaavassa (4) ratkaistaan talon maksimi painoraja.

$$120 \text{ t} - 84.45 \text{ t} = 35.55 \text{ t} \quad (4.)$$

Talo voi painaa maksimissaan kaikkine rakenteineen $35,55$ tonnia, jotta rakennelma ei uppoaisi.

Teräsbetoniponttonin hyvinä puolina ovat sen stabiilisuus jäässä, huoltovapaus ja kestävyys vettä vastaan kahdeksikymmeneksi vuodeksi, ja se ei tarvitse lisätukirakenteita, minkä takia ponttonin kautta voidaan hoitaa viemärointi tai pitää kellaritasona. [7.]

Huonoina puolina ovat vaahtomuovin päästöt, ei lämpöeristystä, pysyvä epämuodostuminen, hauraus, joka voi aiheuttaa halkeamia. [7.]

5.2 Teräsponttonin rakenne

Ponttoni on kooltaan sama kuin teräsbetoniponttonin esimerkissä, mutta seinämän vahvuus on yhden senttimetrin verran. Taloponttonin teräksestä rakentaminen on pitkälti samanlaista kuin laivan rakentamisessa; hitsatuista teräslevyistä, jotka ovat tuettuja ja yhdistetty tukikehikoilla ja seinämillä. Suojaava kerros on tarpeellinen joko ponttonin ulko- tai sisäpuolisella seinämällä. Tukirakenteet nostavat ponttonin kokonaispainoa. Rakenteet eivät saa ylittää 120 tonnin painoa tässäkin esimerkissä. [7.]

Alla olevassa kaavassa 5 selvitetään ponttonin tilavuus ja kaavoissa 6:sta 12:ista selvitetään teräsponttonin paino sekä tukirakenteiden painot, joista saadaan selville ponttonin kaikkien osien yhteispaino. Näin tiedetään, kuinka paljon talorakenteet voivat itsessään painaa.

Kaavassa (5) ratkaistaan teräsponttonin tilavuus.

$$6.00 \text{ m} * 20.00 \text{ m} * 1.50 \text{ m} = 180 \text{ m}^3 \quad (5.)$$

$$5.98 \text{ m} * 19.98 \text{ m} * 1.48 \text{ m} = 176.83 \text{ m}^3$$

$$180 \text{ m}^3 - 176.83 \text{ m}^3 = 3.17 \text{ m}^3$$

Teräsponttonin oma tilavuus on siis $3,17 \text{ m}^3$, josta saadaan selvitettyä sen paino. Teräs painaa $7,5 \text{ t/m}^3$ kohden.

Kaavassa (6) lasketaan teräsponttonin paino.

$$3.17 \text{ m}^3 * 7.85 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 24,89 \text{ t} \quad (6.)$$

Teräsponttonin oman painon lisäksi selvitetään pitkittäisten ja poikittaisten tukiseinämien sekä kehysten painot.

Kaavassa (7) lasketaan poikittaisten tukiseinämien paino.

$$0.01 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 5.98 \text{ m} * 4 = 0,24 \text{ m}^3 \quad (7.)$$

$$0.24 \text{ m}^3 * 7.85 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1,88 \text{ t}$$

Kaavassa (8) lasketaan pitkittäisten tukiseinämien paino.

$$0.01 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 19.98 \text{ m} = 0.20 \text{ m}^3 \quad (8.)$$

$$0.20 \text{ m}^3 * 7.85 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1.57 \text{ t}$$

Kaavassa (9) lasketaan tukikehikon tilavuus ja paino merenkulun säännösten mukaisesti.

$$0.01 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 0.25 \text{ m} * 90 = 0.23 \text{ m}^3 \quad (9.)$$

$$0.23 \text{ m}^3 * 7.85 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1.81 \text{ t}$$

Kaavassa (10) lasketaan ponttonin tukipinnan kehikon tilavuus ja paino.

$$0.01 \text{ m} * 0.25 \text{ m} * 5.98 \text{ m} * 35 = 0.52 \text{ m}^3 \quad (10.)$$

$$0.52 \text{ m}^3 * 7.85 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 4,08 \text{ t}$$

Kaavassa (11) lasketaan ponttonin ja sen tukirakenteiden yhteispaino.

$$24.89 \text{ t} + 1.88 \text{ t} + 1.57 \text{ t} + 1.81 \text{ t} + 4.08 \text{ t} = 34.23 \text{ t} \quad (11.)$$

Kaavassa (12) ratkaistaan talon rakenteiden maksimipaino.

$$120 \text{ t} - 34.23 \text{ t} = 85.77 \text{ t} \quad (12.)$$

Talon rakenteet saavat siis maksimissaan olla noin 86 tonnin luokkaa, jotta rakenne ei uppoaisi. Teräsponttonirakenteessa siis rakenne itsestään painaa huomattavasti vähemmän kuin teräsbetoniponttoniversiossa, joka antaa enemmän varaa talon rakentamiselle.

Teräsponttonin jään kesto ja stabiilisuus täytyy tarkistuttaa valmistajalla, sillä se voi vaatia ylimääräisiä tukirakenteita ja rakenteita ponttonissa. Ponttoni ei ole huoltovapaa vaan sitä pitää huoltaa kerran vuosikymmenessä, ja on erittäin tärkeää,

että sillä on ajoitettu huolto ja tarkistus. Tukiseinämien takia ponttonia voidaan osittain käyttää viemäröintiin, veden säilytykseen tai kellarina. [7.]

Teräsponttonin huonoina puolina ovat lämpöeristys, kondensaatio, pilssiveden kerääminen, ponttonin ikä voi olla alle 10 vuotta, haitallinen ruosteen vastainen maali ja peruuttamattomat muodon muutokset. [7.]

5.3 Lasikuituponttonin rakenne

Ponttoni on edelleen samankokoinen kuin aiemmissa esimerkeissä, mutta seinämän vahvuus on 4,4 senttimetriä. Ponttonit ovat komposiitteja, jotka on tehty laminoituista levyistä, jotka on kiinnitetty epoksilla. Seinämä, joka on 4,4 senttimetrin paksuinen, sisältää graniittihartsia. Lasikuituponttoni tarvitsee lisätukirakenteita, kuten kehikoita, tukiseinämiä tai pilareita. [7.]

Esimerkkirakennelmassa tarvitaan jälleen rakenne, jonka paino ei nouse yli 120 tonnin, jotta se ei uppoaisi. Kaavassa 13 lasketaan lasikuituponttonin tilavuus ja kaavoissa 14:sta 20:een lasketaan kaikkien rakenteiden tilavuudet ja painot sekä niiden yhteistulo ja kuinka paljon talon paino voi olla maksimissaan.

Kaavassa (13) ratkaistaan lasikuituponttonin tilavuus.

$$6.00 \text{ m} * 20.00 \text{ m} * 1.50 \text{ m} = 180 \text{ m}^3 \quad (13.)$$

$$5.91 \text{ m} * 19.91 \text{ m} * 1.41 \text{ m} = 165.91 \text{ m}^3$$

$$180 \text{ m}^3 - 165.91 \text{ m}^3 = 14.09 \text{ m}^3$$

Kaavassa (14) lasketaan lasikuituponttonin paino, kun materiaalin massa on 0,23 t/m³ kohden.

$$14.09 \text{ m}^3 * 0.23 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 3.24 \text{ t} \quad (14.)$$

Kaavassa (15) lasketaan poikittaisten tukiseinämien tilavuus ja paino.

$$0.044 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 5.91 \text{ m} * 4 = 1.04 \text{ m}^3 \quad (15.)$$

$$1.04 \text{ m}^3 * 0.23 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 0.24 \text{ t}$$

Kaavassa (16) lasketaan pitkittäisten tukiseinämien tilavuus ja paino.

$$0.044 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 19.91 \text{ m} = 0.88 \text{ m}^3 \quad (16.)$$

$$0.88 \text{ m}^3 * 0.23 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 0.20 \text{ t}$$

Kaavassa (17) lasketaan tukikehikon tilavuus ja paino merenkulun säännösten mukaisesti.

$$0.044 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 0.50 \text{ m} * 90 = 1.98 \text{ m}^3 \quad (17.)$$

$$1.98 \text{ m}^3 * 0.23 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 0.46 \text{ t}$$

Kaavassa (18) lasketaan ponttonin alapuolisen tukikehikon tilavuus ja paino.

$$0.044 \text{ m} * 0.10 \text{ m} * 5.50 \text{ m} * 35 = 0.85 \text{ m}^3 \quad (18.)$$

$$0.85 \text{ m}^3 * 0.23 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 0.20 \text{ t}$$

Kaavassa (19) lasketaan lasikuituponttonin ja tukirakenteiden yhteispaino.

$$3.24 \text{ t} + 0.24 \text{ t} + 0.20 \text{ t} + 0.46 \text{ t} + 0.20 \text{ t} = 4.34 \text{ t} \quad (19.)$$

Kaavassa (20) ratkaistaan talon ja sen rakenteiden maksimipaino.

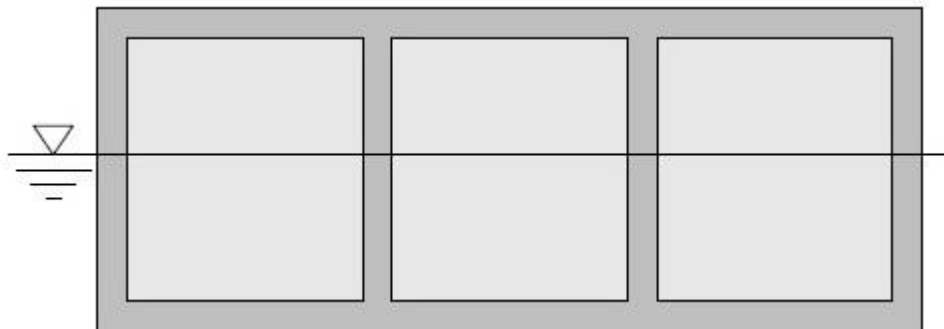
$$120 \text{ t} - 4.34 \text{ t} = 115.66 \text{ t} \quad (20.)$$

Talon rakennukseen jää huomattavan suuri vara ponttonin kokonaispainon jälkeen. Lasikuituponttonirakenne kestää jäätä ja on stabiili sen vaikutuksen alaisena. Rakenne ei todennäköisesti kestä kuitenkaan yhtä suuria massoja kuin teräs- ja teräsbetoniponttoni rakennelmat. [7.]

6 PONTTONIEN MALLIT

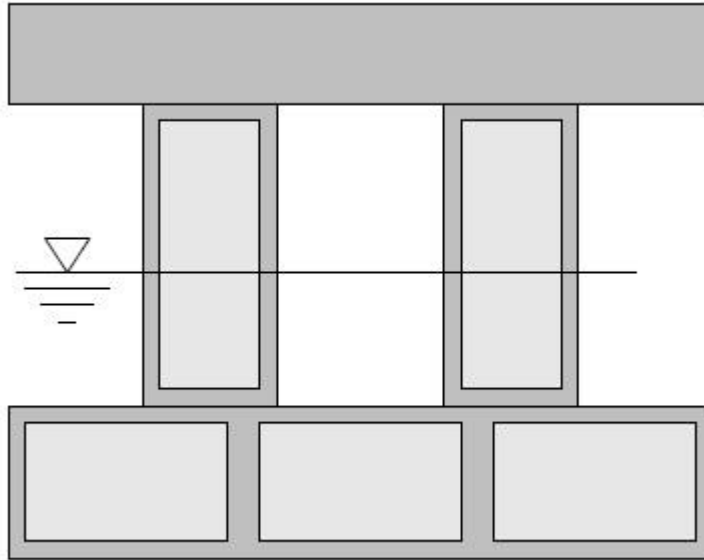
Ponttoneille löytyy useampia erilaisia malleja, jotka soveltuvat suuremman massan kannattelemiseen vesillä. Kyseisillä ponttoneilla säädellään toimivuutta vedessä, jotta rakennus ei heiluisi aaltojen myötäisesti ja näin ollen on mukavampi asua ihmisille.

Ponttoni on normaalia mallia edustava suorakulmion muotoinen rakenne. Ponttonit on laitettu valettuun tukirakenteeseen niille sovitettuihin koloihin. Kuvassa oleva kolmio viivan päällä tarkoittaa vesirajaa, jossa ponttonirakenne kelluu. Kuvassa 4 on yleisin ponttonimalli, jota käytetään kelluvissa taloissa. [8.]



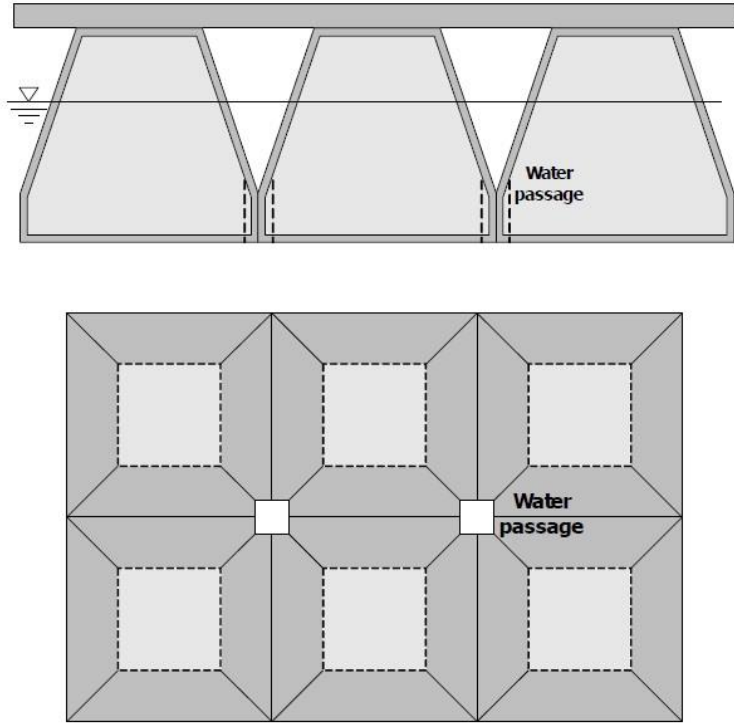
Kuva 4. Normaali ponttonimuoto. [8.]

Puolisukeltava ponttoni, joka esitetään kuvassa 5 on suunniteltu kannattelemaan suuria massoja ja sitä pystytään käyttämään haastavissa meriolosuhteissa. Ponttonissa on kolumneja, joiden välistä vesi pääsee liikkumaan ja ei aiheuta tämän takia suuria voimia ponttonirakenteisiin. [8.]



Kuva 5. Puolisukeltava ponttoni. [8.]

Viimeinen malli on hybridi kahdesta ensimmäisestä, eli siinä yhdistyy normaalin ponttonin muoto ja puolisukeltavan ponttonin muoto, jonka avulla vesi kulkee pilareiden välistä. Kyseisellä ponttonin muotoilulla voidaan säästää resursseja ponttonin rakennuksessa, mutta saadaan toivotut ominaisuudet mukaan. Kuvassa 6 voidaan havaita, kuinka aiempien esimerkkien normaalia muotoa ja pilareita on yhdistelty, jotta saadaan vakaampi malli merenkäyntiin. [8.]



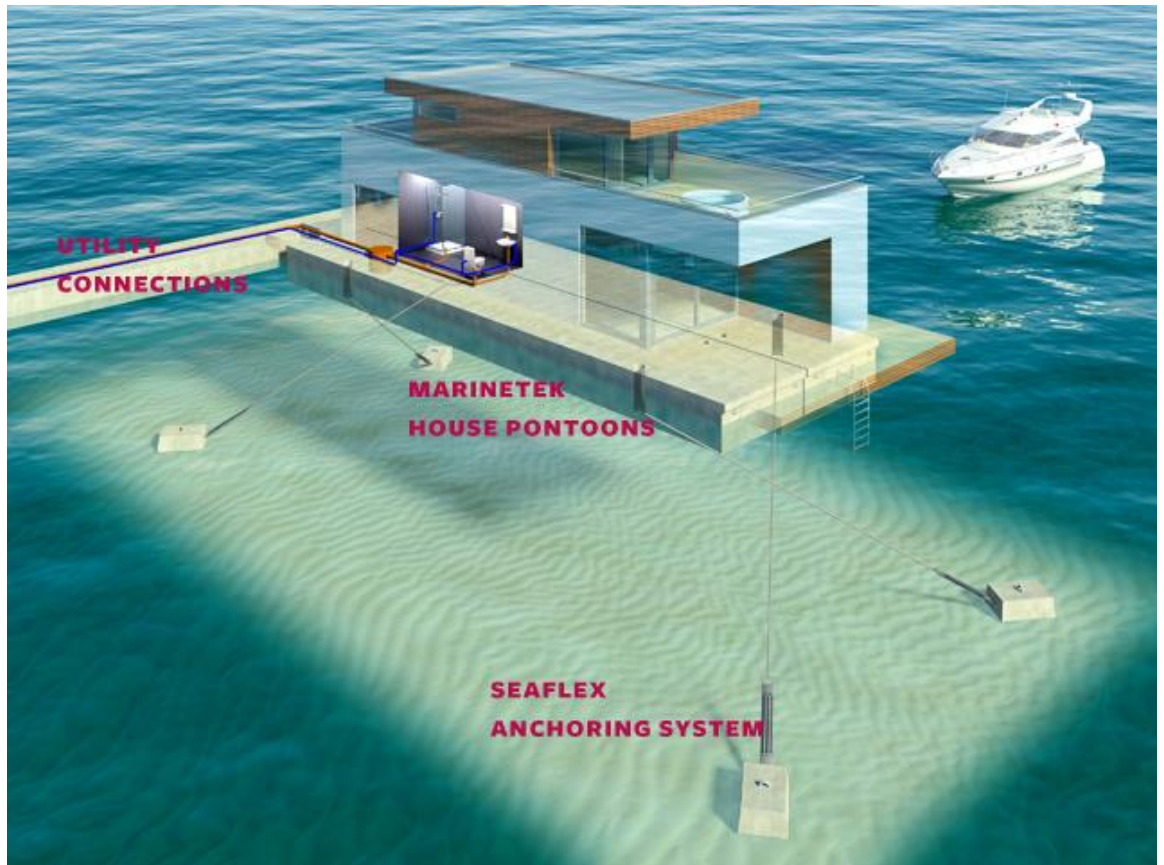
Kuva 6. Hybridiponttoni. [8.]

7 PIENTALOPONTTONIN ANKKUROINTI

Pientalojen ponttonit tulee ankkuroida, jotta ne eivät kulkeutuisi virtausten mukana muualle, jolloin asukas voi joutua vaaratilanteeseen. Ankkurointitapoja löytyy muutama, mutta niistä jokainen kiinnitetään yleensä veden pohjassa olevaan ja maan sisälle laitettuun betoniankkuriin (kuva 7). Betoniankkurit soveltuvat hyvin tarkoitukseen, koska ne eivät saastuta luontoa ja kestävät vedessä pitämistä hyvin sekä pitävät talon sillä alueella, mille se on tarkoitettu.

7.1 Kumikaapelit

Ponttonista menee useampi vetokumikaapeli veden pohjalle kiinnitettyihin betoniankkureihin, jotka estävät talon suuremmat liikkumiset vesillä, mutta antavat jälkeen, kun vesi laskee ja nousee. Kuvasta 7 voi nähdä, kuinka kumikaapelit on laitettu ristiin, että talo ei liikkuisi paljon pois paikaltaan. [5.]



Kuva 7. Ponttonitalon ankkurointi. [5.]

7.2 Paalut

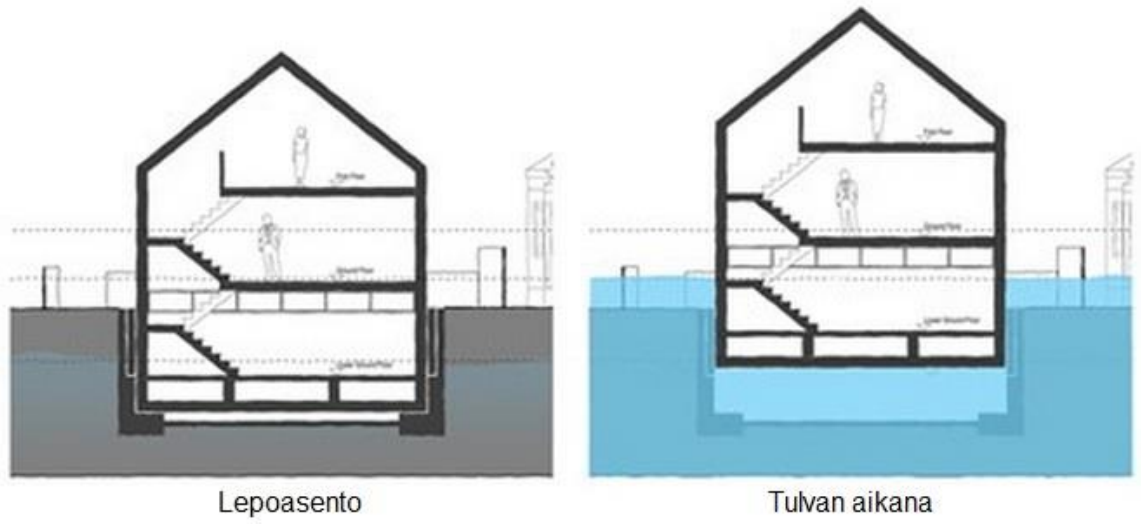
Kelluvaan taloon yhdistetty paalu, jota pitkin talo kelluu vesirajan vaihdellessa. Paalu estää talon siirtymisen paikalta pois, mutta antaa sen liikkua vesirajan mukana. Yleensä paalut ovat muutaman metrin korkuisia ja ne menevät osittain läpi kelluvan talon rakenteista. Kuvassa 8 on paalu, jota pitkin rakennelma nousee veden rajan noustessa. [9.]



Kuva 8. Paalukiinnitys. [9.]

7.3 Maan sisäinen tukirakenne

Amfibinen talo on sijoitettu kuoppaan, minne on rakennettu talon paikallaan pitävä tukirakenne, joka estää talon lipumisen pois alueelta tulvan sattuessa. Talo nousee tulvan tapahtuessa tukirakenteita pitkin ylös, jolloin taloon ei tule kosteusvaurioita. Kuvassa 9 on esitetty normaali ja tulvatilanne maan sisään rakennetulle talolle. [10.]



Kuva 9. Amfibinen talo tukirakenteessa. [10.]

8 VEDEN PÄÄLLISET RAKENNUKSET

Veden päällä olevia asumisen muotoja on käytetty ympäri maailmaa jo pitemmän aikaa. Suomessa vesillä asuminen on alettu ottaa esiin vasta viime vuosien aikana. Suomesta löytyy kuitenkin jo veden päälle rakennettuja taloja ja etelän kaupunkeihin on suunnitteilla kelluvien talojen asuntoalueita.

8.1 Kelluva talo

Kelluva talo on suunniteltu pysymään veden pinnalla ponttonin avulla ja on täysin tarkoitettu vesillä asumiseen. Ponttonitalo ankkuroidaan kiinni maahan, jotta se ei lähde lipumaan avoimille vesille. Kelluville ponttonitaloille on tehty kaupunkiseuduille laiturin varressa olevia asuntoalueita, joiden läheisyyteen kelluvat talot on ankkuroitu. Laiturin kautta taloihin tulee myös mahdollisesti vesi, viemäröinti, sähkö ja nettiliitokset. Kuvassa 10 on esimerkki ponttonilla varustetusta pientalosta. [11.]



Kuva 10. Kelluva ponttonitalo.

8.2 Amfibinen talo

Amfibinen talo on myös ponttonin varaan rakennettu talo, mutta se voi olla sekä maalla että vedessä. Ponttoni suojaa taloa tulva- ja maanjäristystilanteilta. Amfibinen talo nousee veden mukana ja ankkuroidaan kuten ponttonitalo, jolloin se ei poistu alkuperäiseltä sijoitukseltaan. Kuvassa 11 on esitetty amfibista taloa erilaisien luonnonilmiöiden vaikutuksen alaisena.



Tulva

Maanjäristys

Normaali

Kuva 11. Amfibinen talo erilaisissa tilanteissa.

8.3 Pilaritalo

Pilaritalo on nostettu pilarien varaan, jossa se on suojassa veden nousulta. Pilarien tulee olla tarpeeksi korkeat veden tulvimisen varalta, jotta vesi ei nousisi liian ylös ja tuottaisi taloon kosteusvaurioita. Pilarien tulee olla hyvin kiinnitettyinä sekä taloon että maahan, jotta pilarit eivät alkaisi kallistumaan ja näin aiheuttaisi koko talon sortumista. Kuvassa 12 on esimerkki pilaritalosta tilanteessa, jossa vesiraja on noussut.



Kuva 12. Pilaritalo.

8.4 Venetalo

Venetalo on talon ja veneen hybridi, jota voi liikutella vesillä omalla moottorillaan. Veneestä on lähdetty rakentamaan taloa, kun on haluttu asua vesillä, mutta säilyttää myös liikekyky. Venetalo on asuntomuotona ulkomailla yleisempi varsinkin lämpimissä maissa, joissa vesillä asuminen ei ole niin viileää. Venetaloissa suositetaan yleensä katamaraanirakennetta, jossa se on tuettu kahdella pitkällä ponttonilla kummaltakin puolelta, kuten alla olevasta kuvasta 13 voi havainnoida. Venetaloille on tehty myös omia satamia, missä venetalon omistavat ihmiset voivat asua naapureina. Kuvassa 13 on venetalo, joka on rakennettu katamaraanimallilla. [11.]



Kuva 13. Venetalo.

9 KELLUVAN RAKENNUKSEN SIJOITUS

Suomessa eli tuhansien järvien maassa on paljon vesistöjä, joihin veden päällistä asumista on hyvä soveltaa, mutta Suomi on pohjoinen maa, joten vesistöt ovat hyvin viileitä ja kylmiä suurimman ajan vuodesta. Vesistöillä on tuulista ja korkea ilmankosteus, joita vastaan vedenpäälliset rakennukset tulee suojata. Olosuhteiden kanssa voidaan pärjätä paremmin sijoittamalla rakennus hyvään kohtaan vesistöä, jossa se on paremmassa suojassa tuulelta ja muilta olosuhteilta.

Kelluvalle rakennukselle paras paikka on sisävesillä ja suojassa aaltoilemiselta tai suuremmilta vedenpinnan muutoksilta. Sijoitus vaikuttaa erityisesti kelluvan talon suunnittelemisessa, koska olosuhteet vaihtuvat alueittain suuresti. Eli sijoitusta valittaessa tulee ottaa huomioon alueella vaikuttavat tuuli, lämpötila, aalto, virtaus ja jääolosuhteet. Rakennus tulee suojata alueella vaikuttavien olosuhteiden mukaisesti. Muuten asuminen rakennuksessa voi osoittautua haastavaksi.

Amfibisessa rakennuksessa tulee myös ottaa huomioon olosuhteiden vaihtelut, mutta se on yleensä maalla enemmän kuin veden päällä, joten siihen ei vesistöjen olosuhteet vaikuta niin paljon kuin kelluvaan rakennukseen, mutta kuitenkin se tulee suojata kyseisiä olosuhteita varten. Amfibinen rakennus on hyvä tulvivien vesistöjen lähellä, jossa se nousee veden pinnan mukaisesti sekä säilyttää nykyisen sijaintinsa ja palaa maan tasalle tulvan päättyessä.

Pilaritalo soveltuu hyvin sekä veden päälliseen asumiseen että tulville seuduille, mutta sekin tulee suojata hyvin vedestä ja suolasta johtuvia korroosioita vastaan. Maanjäristysalueilla rakennus on huono valinta, koska pilarit ovat maahan kiinnitettyjä ja maanjäristyksen tapahtuessa pilarit liikkuvat maan mukana, jolloin taloon tulee suuria vaurioita.

Suomessa suunnitellaan juuri muutamille alueille kelluvien talojen kortteleita, joista voidaan saada ihmisille lisää asuintiloja isompiin kaupunkeihin. Liitteissä 1 ja 2 on mallikuvia suunniteltavista korttelialueista kelluville taloille Helsingissä ja Turussa.

10 YHTEENVETO

Pientaloa varten rakennettavassa ponttonissa siihen vaikuttaa monia tekijöitä, kuten kosteus, ilmaston viileys ja materiaalit. Työssä näitä tekijöitä on pohdittu ja näiden vaikutus vaihtelee suuresti riippuen maantieteellisestä sijoituksesta. Materiaalin valinta on tärkeää ponttonin rakentamisessa, koska oikean materiaalin valinnalla voidaan saavuttaa parempi kestävyys ja elinikä. Talon rakentamisessa on myös tärkeää, että sen painopiste on matalalla, jotta talo ei kallistuisi nurin.

Kolmesta vaihtoehdosta teräsbetonilla on parhaimmat ominaisuudet kestää Suomen pohjoista ilmastoa. Teräsbetoniponttoni on huolella tehtynä pitkäikäinen, noin 20 vuotta ja huoltovapaa, kun taas teräkselle ja lasikuidulle ei samanlaista takuuta annettu. Kaikilla materiaaleilla ongelmana oli peruuttamaton rakenteen murtuminen, joka johtaa veden sisään vuotamiseen ja näin tuottaa ponttoniin epävakautta. Teräsbetoni ja lasikuitu pärjäävät jäisissä olosuhteissa ja pysyvät stabiileina, mutta teräs tarvitsee todennäköisesti tukien lisäämistä rakenteeseen. Teräsbetonin rakenne on yksinkertainen, koska siihen ei tarvitse lisätä tukirakenteita, kuten teräs ja lasikuituversioille, vaan teräsbetoni kantaa talon painon itsestään.

Suomessa tulva-alueilla amfibinen talo tai pilaritalo ovat hyviä ratkaisuja. Pilaritalo ja kelluva talo sopivat paremmin vesistöalueille. Venetalo voi olla Suomen olosuhteissa liian viileä asuttavaksi.

Luonnonilmiöt eivät Suomessa vaikuta oikeastaan ollenkaan mihinkään näistä asumismuodoista, koska luonnonilmiöt ovat hyvin pieniä tai jopa olemattomia kooltaan. Maanjäristykset Suomessa ovat olleet heikkoja ja aiheuttaneet korkeintaan astioiden tärisemistä talon sisällä, joten talon sortumista ei näiden ilmiöiden takia tarvitse pelätä.

Talon sijainti Suomessa vaikuttaa paljon taloon vaikuttavissa olosuhteissa, sillä lämpötilaerot Pohjois- ja Etelä-Suomessa voivat olla kymmenien asteiden luokkaa. Tämä vaikuttaa talossa asumisen mukavuuteen, koska vesistöillä on kylmempää, tuulisempaa ja kosteampaa kuin maalla, niin rakennelmat vaativat parempaa eristämistä ja tukemista, joka tuo lisää rakenteiden massaansa ja näin ollen vaikuttaa

olennaisesti kokonaisuuteen. Sijoitus vesillä oleville taloille on edullisempi etelässä kuin pohjoisessa, koska talon suojaaminen kylmempää ilmastoa vastaan voi olla jopa 20 prosenttia suurempi kustannusarvoltaan.

Työn aihe on mielenkiintoinen sekä suhteellisen uusi Suomessa. Vasta viime vuosina Suomeen on alettu kaavailemaan ponttonitaloille asunto-alueita. Suomesta löytyy kuitenkin muutamia ratkaisuja, kuten vuokrattava vesihuvila, mutta suurimmilta osin veden päälle rakentaminen on Suomessa ollut laitureihin liittyvää.

LÄHTEET

- (1) Opetushallituksen etälukion opetusmateriaali. : <http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/fysiikka/kurssi1/alus/voima2.html>.
- (2) Nikulainen Pasi. Ponttonilaiturin kallistusvakavuus. 2011-2013. : <http://www.tekeville.fi/ponttonilaiturin-kallistusvakavuus>.
- (3) SW Ratkaisut, laituri-opas. 2014.: <http://www.laiturit-opas.fi/>.
- (4) EPS Rakennuseristeteollisuus, Mitä EPS on. 2010. : <http://www.eps-eriste.fi/mita-eps-on>.
- (5) Marinetek Group, Floating technology. : <http://marinahousing.fi/en/technology/>.
- (6) Parsian Group, What is floating concrete structure. : <http://www.parsiangrp.com/what-is-floating-concrete-structure>.
- (7) Studio Noach, Aquahouse pontoon comparative analysis. : <http://www.studionoach.com/default.asp?pageCID=2&lang=&catpage=ponton%20construction&catID=%7BAD839942-CDC6-4A7E-8BF2-1374FA38C5FC%7D&subID=ponton%20construction>.
- (8) Young-Jun You. Experimental study on hydrodynamic motion of hybrid type of pontoon. 2011. : <http://dx.doi.org/10.1109/Oceans-Spain.2011.6003578>.
- (9) Davis Rebecca. Dutch architects plan for a floating structure. 2008. : <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=18480769>.
- (10) Anatol Rahman. UK's first amphibious house – a floating pontoon. 2012. : <http://thetechjournal.com/development/uks-first-amphibious-house-a-floating-pontoon.xhtml>.
- (11) Merrington Eve. Houseboats and floating houses (s.2, 4, 6-7). 2004. : http://www.tboake.com/sustain_casestudies/merrington_floating_houses.pdf.

LIITTEET



Kuva 14. Lauttarantaan kaavailtu kelluvien talojen kortteli.



Kuva 15. Verkkosaareen kaavailtu kelluvien talojen kortteli.



Kuva 16. Verkkosaaren kaavaitujen talojen mallit.