



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HOTELLILAIVA WUOKSEN KEINUMISEN ESTOJÄRJES- TELmä

Kehittämistyö

TEKIjÄ/T: Mikael Laurila

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tuotantotalouden koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Mikael Laurila			
Työn nimi Hotellilaiva Wuoksen keinumisenestojärjestelmä			
Päiväys	29.10.2019	Sivumäärä/Liitteet	25/1
Ohjaaja(t) Arto Urpilainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sleeplines Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella järjestelmä, jonka avulla Sleeplines Oy:n hotellilaiva Wuoksen keinuminen aallokossa saadaan mahdollisimman pieneksi. Tasapohjaisen laivan rullaus sai osalla asiakkaista aikaan epämiellyttäviä tuntemuksia, joten tämän ongelman ratkaiseminen oli osa yrityksen asiakaskokemuksen parantamisprosessia.</p> <p>Lukuisista eri vaihtoehdoista päädyttiin rajaamaan aihe menetelmään, jolla laivaa keinuttavien aaltojen korkeus pyritään minimoimaan erillisen kelluvan aallonmurtajan avulla. Samalla suunniteltiin aallonmurtajasta laivaan lisärakenne, johon saadaan lisää oleskelutiloja laivan asiakkaille.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi kokoonpano-ohje kelluvalle aallonmurtajalle. Aallonmurtajan rakennetta kehitettiin yhdessä tilaajan kanssa sekä asiantuntijalausuntojen pohjalta. Aallonmurtajasta ei aikataulullisista ja byrokraattisista syistä tehty vielä prototyyppiä.</p>			
Avainsanat			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Mikael Laurila			
Title of Thesis Designing a Floating Breakwater for the Hotel Ship Wuoksi			
Date	October 2019	Pages/Appendices	25/1
Supervisor(s) Arto Urpilainen			
Client Organisation /Partners Sleeplines Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to design a system to minimize the rolling of the hotel ship Wuoksi. Wuoksi is a hotel ship owned by Sleepline Oy on the shore of Kallavesi. The rolling of the flat-bottomed ship caused some customers to experience unpleasant feelings, so solving this problem was part of the company's customer experience improvement process.</p> <p>There were several alternatives to solve the problem. It was decided to limit the thesis to a method of minimizing the height of the ship's rolling waves with a separate floating breakwater. At the same time, an additional structure from the breakwater to the ship was designed to provide additional lounges for the ship's customers.</p> <p>As a result of this thesis, assembly instructions for a floating breakwater were drawn up. The breakwater structure was developed together with the customer based on expert opinions. A prototype of the breakwater was not yet made due to scheduling and bureaucratic issues.</p>			
Keywords			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA.....	6
2.1	Hotellilaivan sijainti ja olosuhteet	6
2.2	Ratkaisumallit	7
3	KELLUVA AALLONMURTAJA.....	7
3.1	Aallonmurtajan kehitys.....	7
3.2	Aallonmurtajan rakenne	8
3.3	Kokonainen aallonmurtaja	9
4	KORKEATIHEYKSIINEN POLYETEENI PE-HD.....	10
4.1	PE-HD:n ominaisuudet	10
4.2	PE-putkien vastaanotto	11
5	PE-HD-PUTKIEN HITSAUS.....	12
5.1	Muovin hitsauksen peruseriaatteen	12
5.2	Hitsauspaikan valinta	12
6	AALLONMURTAJAN KOMPONENTTIEN HITSAUSMENETELMÄT	13
6.1	Kuumakaasuhitsaus	13
6.2	Puskuhitsaus	15
7	AALLONMURTAJAN KOKOONPANO.....	16
7.1	Kasaaminen.....	17
7.2	Teknisiä ominaisuuksia.....	19
8	TULOKSET JA POHDINTA.....	20
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	21

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on suunnitella järjestelmä, joka minimoi Hotellilaiva Wuoksen keinumisen aallokossa. Hotellilaiva Wuoksi on Sleeplines Oyn omistama laiva Kuopion satamassa Kallaveden rannalla. Laiva on tasapohjainen ja 36 metriä pitkä vanha höyrylaiva, josta on poistettu moottorit. Moottorin poistamisen seurauksena laivan painopiste on noussut ylemmäksi. Painopisteen nousu ja tasapohjaisuus tekevät laivasta kokoonsa nähden helposti keinuvan. Pahimmat ongelmat aiheutuvat, kun aallot tulevat Kallavedellä idän ja kaakon väliltä. Tällöin laiva keinuu sekä pitkittäis, että poikittaisakselinsa ympäri. Laivan keinumisen on saanut osassa asiakkaita aikaan pahoinvointia, joten keinumisen eliminointi parantaa asiakaskokemusta ja viihtyvyyttä. Asiakaspalautteeseen reagointi on tärkeä osa palveluyrityksen liiketoiminnan kehittämistä.

Muutamista vaihtoehtoisista lähestymistavoista tässä opinnäytetyössä päädyttiin ratkaisemaan ongelmaa kelluvan aallonmurtajan avulla. Tällä ratkaisutavalla aallonmurtajan päälle saadaan lisäksi rakennettua terassilaituri ja aallonmurtajan sisälle jäävä vesialue erottuu satama-altaasta. Valitulla ratkaisumallilla ei siis ainoastaan poisteta ongelmaa, vaan sillä avataan myös mahdollisuuksia hotellilaivan palveluiden kehittämiseen. Aallonmurtajan runkoraaka-aineena käytetään korkeatiheyksistä polyeteenimuovia (PE-HD). Kelluva aallonmurtaja mallinnettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa käyttäen ja siitä tehtiin samalla ohjelmalla kokoonpanopiirustukset. Ensimmäisessä versiossa aallonmurtaja koostui kolmion muotoon asetetuista putkista, joista yksi oli veden alla. Tämä ratkaisu todettiin hyväksi, mutta päätimme tehdä siihen pieniä muokkauksia, jotka tehostavat aallonmurtajan vaikutusta. Toisessa versiossa veden alla ollut putki korvattiin laipoilla, jotka estävät tehokkaammin pinnalla olevia putkia keinumasta kuin pyöreä putki.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi piirustukset polyeteenirunkoiselle aallonmurtajalle, jossa on kiinnikkeet terassin rakentamista varten sekä tietopaketti polyeteenimuovikappaleiden liittämistä toisiinsa. Aallonmurtajan kokoonpano tapahtuu hitsaamalla PE-HD putkia. Vaikka putket tulevat sellaiseen käyttöön, että esimerkiksi liitoskohtien ei tarvitse olla standardien mukaisia, on kokoonpanossa syytä noudattaa muoviputkien liittämiseen liittyviä standardeja.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA

Tämän opinnäytetyön suunnittelu lähti Sleeplines oy:n tarpeesta saada Kallaveden selältä tulevista aalloista johtuva Hotellilaiva Wuoksen keinuminen kuriin. Tilaajalla oli jo muutamia niksejä, joilla keinumista voitiin hieman rajoittaa, mutta ne olivat viritelmiä, joita joutui jatkuvasti säätämään vedenpinnan korkeuden mukaan. Tilaajalla oli tarve saada järjestelmä, joka eliminoi aallokon aiheuttaman keinumisen joko täysin automaattisesti tai mahdollisimman yksinkertaisella manuaalisella säätömekanismilla.

2.1 Hotellilaivan sijainti ja olosuhteet

Hotellilaiva sijaitsee Kuopion satamassa Kallaveden rannalla Koljonniemenkadun itäpäässä. Laivalta on avoin yhteys Kallaveden selälle itään ja kaakkoon. Näiden ilmansuuntien välistä tulevat aallot aiheuttavat laivaan voimakastakin keinumista. Sitä on toistaiseksi pyritty estämään esimerkiksi sitomalla laiva tiukasti kiinni sataman pollareihin. Ongelmana pollareihin sitomisessa on se, että köysiä ja liinoja on vaikea saada tarpeeksi tiukalle niin, että laiva ei pääsisi enää keinumaan.

Toinen ongelma on vedenpinnan korkeusvaihtelut. Vuoksen vesistön Kallaveden tasossa olevien järvien säännöstelyväli on 1,10 metriä (Kaakkois-Suomen, Etelä-Savon, Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon ELY-keskukset 2011. 9).

Vedenpinnan korkeuden vaihtelun seurauksena liinoja ja köysiä joutuu vähän väliä kiristelemään ja säätelemään. Sen lisäksi, että sitominen ei vakauta laivaa tarpeeksi, köysien ja liinojen virittelyyn ja säätämiseen tuhraantuu paljon tuottamattomia miestyötunteja, mikä syö laivan kannattavuutta. Koska laiva on tasapohjainen ja painopiste on moottorien poiston myötä noussut, pienetkin aallot saavat laivan keinumaan.

Merkittävin Hotellilaiva Wuokseen kohdistuvista voimista on rullaus. Rullaus on laivan kölin suuntaisen akselin ympäri tapahtuva kiertoliike.

Tämän liikkeen vaikutukset koetaan laivoilla yleensä epämiellyttävänä, koska kulmakiiltyvyudet ja keinumiskulmat voivat saada suhteellisen suuriakin arvoja. Rannan suuntaisesti olevassa laivassa kaikki selältä tulevat aallot aiheuttavat ainakin

jonkinasteista rullausta laivoissa ja tasapohjaisuus vain korostaa sitä, joten tämän liikekomponentin tutkiminen ja sen kompensointi on projektissa tärkeässä roolissa.

Rullauksen epämiellyttävyydestä kertoo sekin, että ihmisillä on taipumusta liioitella suurestikin arvioimiaan keinumiskulmia. Matkustajalaivoilla saattaa 10 asteen keinumiskulma aiheuttaa matkustajien keskuudessa paniikkia. Tässä esityksessä käytettävä yksinkertaistettu tarkastelutapa olettaa keinumisen tapahtuvan laivan painopisteen kautta menevän kiinteän akselin ympäri.

Tällä tavalla toimimalla rullausta

voidaan tarkastella ilmiönä, joka on riippumaton muista liikkeistä. (Jansson, Laivojen liikkeet ja rasitukset merenkäynnissä, 1975).

2.2 Ratkaisumallit

Tilaaaja ehdotti yhtenä ratkaisuna hydraulisesti säädettävää iskunvaimenninta, joka kiinnitetään laivaan ja pollareihin kiinni. Tämä olisi poistanut köysien ja liinojen säätämisestä aiheutuvat työt, mutta laiva olisi jäänyt edelleen toiselta sivulta vapaaksi ja keinumista olisi tapahtunut siitä huolimatta. Toinen ongelma oli, että vedenkorkeuden vaihdellessa laivassa olevat tukevat kiinnityspisteet menevät laituritason alapuolelle, jolloin suora iskunvaimennin vääntyisi laiturin reunaan. Laivan kohdalle laituriiin ei saa kiinnittää muualle kuin siinä valmiiksi oleviin pollareihin, joten säädettävien iskunvaimentimien asentaminen olisi ollut haasteellista.

Toinen vaihtoehtoinen ratkaisutapa oli pyrkiä minimoimaan laivaan asti pääsevien aaltojen korkeus. Tämä ratkaisumalli osoittautui suunnitteluvaiheessa houkuttelevammaksi, koska sitä voitaisi käyttää myös laiturina ja oleskelualueena. Se toteutettiin suunnitteleamalla rakenne, joka absorboi aaltojen liike-energian niin, että laivalle asti menevät aallot ovat niin pieniä, että laivan häiritsevä keinuminen loppuu. Myös laivan tukeminen pohjaan pukin avulla oli periaatteessa mahdollinen ratkaisu. Käytännössä säädettävän pukin rakentaminen, asentaminen veteen ja sen huoltaminen laivan alla vedessä olisi vaatinut sen mittaluokan erikoisvarusteita, että se ei osoittautunut relevantiksi vaihtoehdoksi.

Näiden erilaisten ratkaisumallien yhteensovittaminen ja toteuttaminen olisi ollut sen verran suuri projekti tuotekehityksineen, että päätimme rajata aiheen koskemaan ainoastaan aallonmurtaajan avulla tehtävää keinumisen minimointia. Tämä ratkaisumalli mahdollistaa parhaimmillaan myös ihan uudenlaisen liiketoiminnan kehittämisen hotellilaivan yhteyteen. Kolme metriä leveän aallonmurtaajan päälle rakennettavaa laituria voi helposti leventää 500mm halkaisijaltaan olevalla PE-HD putkella halutun levyiseksi (Kuvat 3 ja 4). Aallonmurtajaksi oli tarjolla esimerkiksi alumiini, betoni ja muovi. Lopulta päädyttiin valitsemaan materiaaliksi PE-HD, koska se on kestävä, kevyt ja helposti muokattavissa oleva materiaali, se ei reagoi veden kanssa ja sen käytöstä laiturit ja ponttoonirakenteissa on paljon hyviä kokemuksia.

3 KELLUVA AALLONMURTAJA

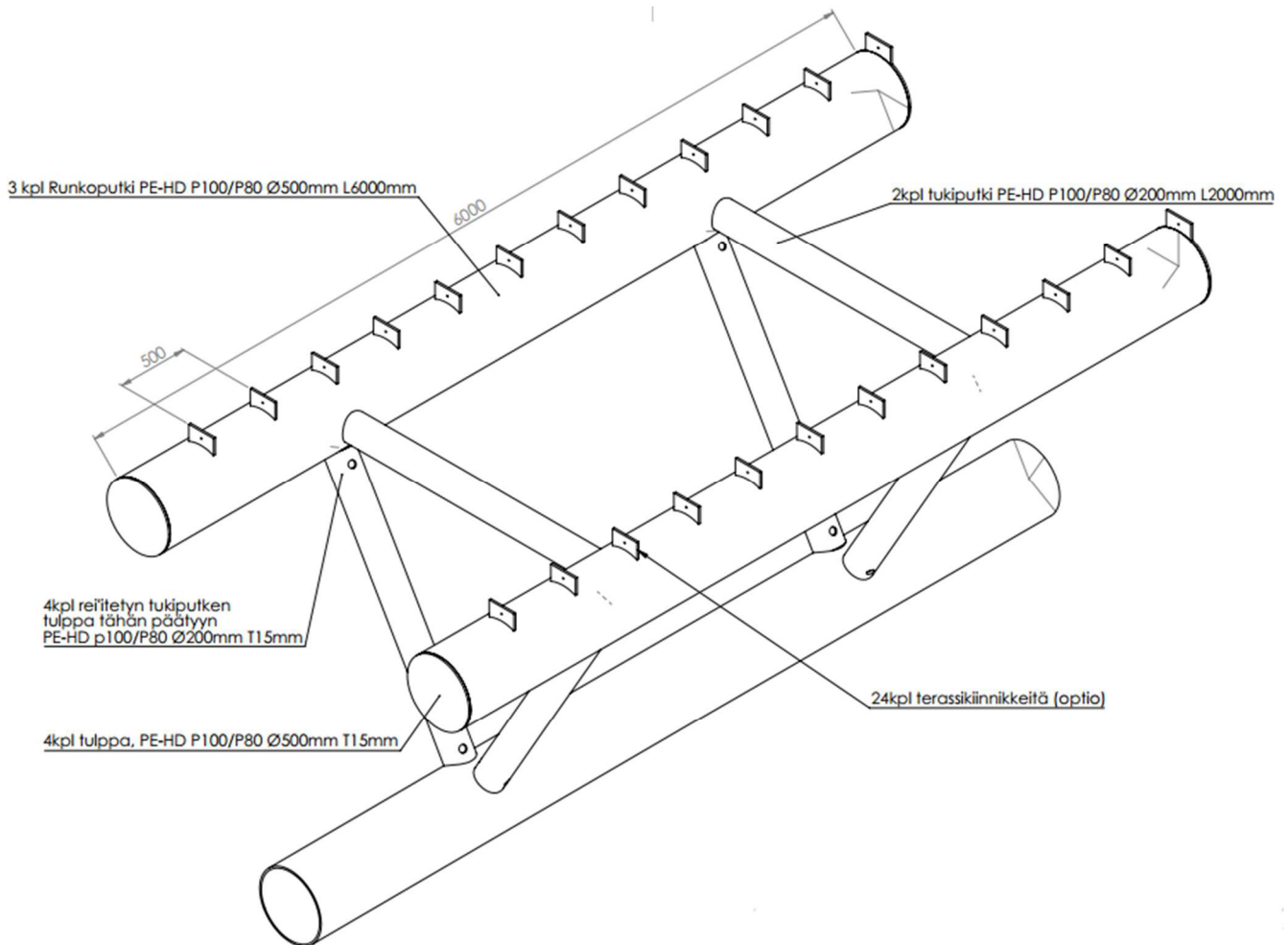
Kelluvan aallonmurtaajan toimintaperiaate on, että aallon ja veden nosteen aiheuttama voima ei riitä heiluttamaan aallonmurtajaa aallokon taajuudella, jolloin aallon liike-energia absorboituu kelluvan aallonmurtaajan liikuttamiseen. Tällä tavalla toimiessaan aallon amplitudi pienenee huomattavasti ja näin tasapohjainen laiva pysyy vakaampana. Aallonmurtaajassa päädyttiin muutaman suunnitteluversion jälkeen ratkaisuun, jossa aallonmurtaajan pohjalla olevalla purjeella pyritään estämään aallonmurtaajan keinumisen aaltojen tahdissa.

3.1 Aallonmurtaajan kehitys

Aallonmurtaajan materiaaliksi valittiin PE-HD, sen ominaisuuksien ja käytettävyyden vuoksi. Aallonmurtaaja toimii siten, että aalto pyrkii aiheuttamaan aallonmurtajaelementissä rullausta, eli pituusakselin ympäri tapahtuvaa liikettä ja aallonmurtaajan rakenne on suunniteltu rajoittamaan tätä

liikettä. Tähän perustuen allonmurtajasta tehtiin kolmion muotoinen, jossa alin osa on vedessä vastustamassa tätä rullausliikettä.

Ensimmäisessä versiossa aallonmurtaja koostui kolmesta samanlaisesta putkesta, joista yhdestä oli jätetty päät tulppaamatta (Kuva 1). Toimintaperiaate oli, että päistään avoin putki täyttyy vedellä ja olisi sen verran raskas, että se leikkaisi aallon amplitudia. Pohdinnan jälkeen päädyimme kuitenkin muuttamaan pohjassa olevan putken purjeeksi niin, että sen muoto vastustaa veden virtausta ohitseen ja näin aallot pienenevät.



KUVA 1. Ensimmäinen versio aallonmurtajasta, Mikael Laurila, 2018.

Kahdessa ensimmäisessä versiossa tukiputkien päät liitettiin suoraan runkoputkien ulkoreunaan kiinni. Rakennetta päätettiin kuitenkin vahvistaa viemällä tukiputket runkoputkien läpi putken toiseen reunaan, jolloin rasitus ei kohdistu suoraan hitsausseamaan ja aallonmurtajasta saatiin tällä tavalla kestävämpi. (Kuva 2 ja 10).

3.2 Aallonmurtajan rakenne

Suunnittelun lopputuloksena saatiin aallonmurtaja, joka koostuu kuusi metriä pitkistä elementeistä. Elementit voidaan liittää toisiinsa joko hitsaamalla tai päälle rakennettavan terassin runkorakenteella. Yksi elementti koostuu kahdesta tulpatusta PE-HD pitkesta ja pohjapurjeesta, jotka on

kiinnitetty toisiinsa yhdysputkilla (Kuva 2). Pintaputket ovat halkaisijaltaan 500mm ja seinämäpaksuus on vähintään 19,1 SFS-EN 12201-2 standardin SDR-luokan 26 mukaisesti (Muoviteollisuus ry, 2012).



KUVA 2. Aallonmurtajaelementin rakenne, Mikael Laurila, 2019.

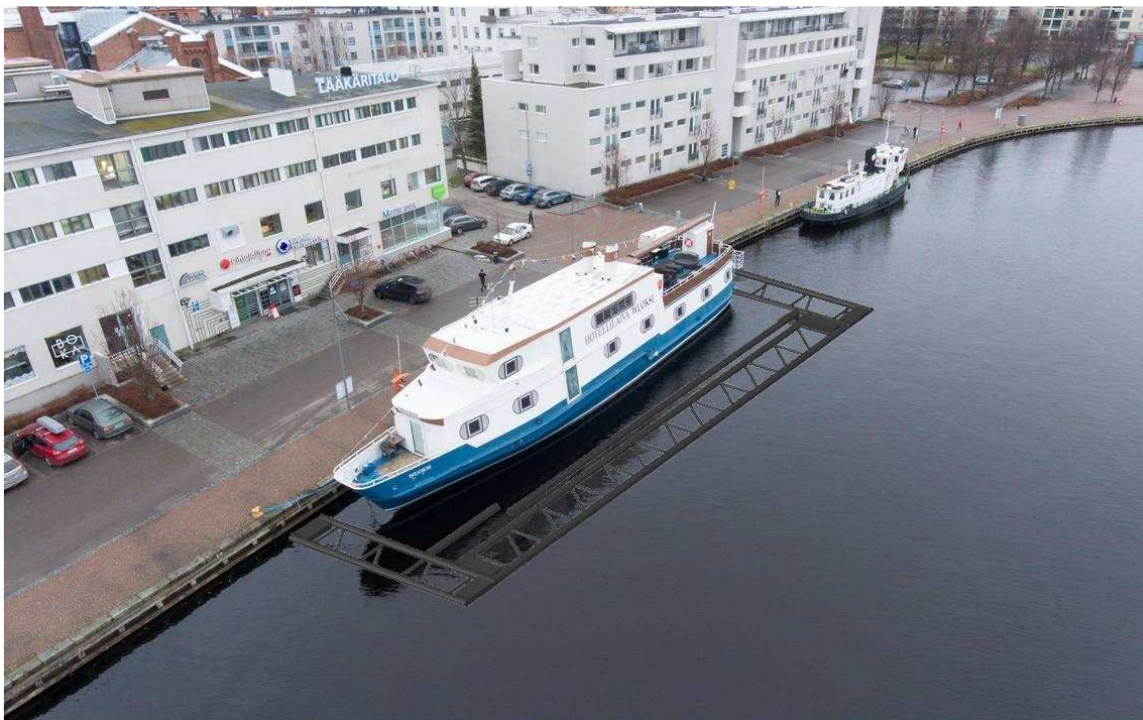
3.3 Kokonainen aallonmurtaja

Aallonmurtajaelementeistä tehdään kokonaisuus, joka ympäröi hotellilaivaa. Laiva jää aallonmurtajakokonaisuuden sisään pussiin ja näin heiluminen vähenee. (Kuva 3)

Aallonmurtajan on tarkoitus muodostaa laivan ympärille suljettu alue. Tällä tavalla laivan vierusta jää pussiin, johon Kallaveden selältä tulevat aallot eivät pääse ja näin laiva ei pääse rullaamaan. (Kuva 3).



KUVA 3. Aallonmurtajan havainnekuva1, Tuomas Pyhtilä ja Mikael Laurila, 2019



KUVA 4. Aallonmurtajan havainnekuva 2, Tapio Hartikainen ja Mikael Laurila, Savon Sanomat, 2019

4 KORKEATIHEYKSINEN POLYETEENI PE-HD

Tässä kappaleessa käsitellään PE-HD -muovia, sen ominaisuuksia ja sitä, miksi se valittiin aallonmurtajan runkoraaka-aineeksi. Maailman yleisimmällä muovilaadulla on paljon hyviä käytännöllisiä ominaisuuksia.

4.1 PE-HD:n ominaisuudet

Polyeteeni on yksi käytetyimmistä muovilaaduista ympäri maailman. Se kehitettiin jo 1930-luvulla Imperial Chemical Industries'n laboratoriossa Englannissa. Tekijät, jotka vaikuttavat eniten polyeteenin ominaisuuksiin ovat moolimassa, tiheys polymeeriketjujen laatu ja määrä sekä moolimassajakauma. (Järvinen 2000, 20). PE-HD-molekyyleissä on vähän lyhyitä sivuhaaroja. Lyhyet sivuhaarat mahdollistavat tiheän rakenteen. Tyypillisesti PE-HD: tiheys on noin $94\text{g}/\text{cm}^3$ - $0,97\text{g}/\text{cm}^3$. Mitä tiheämpää on polyeteeni, sitä jäykempää se on. (Järvinen 2000, 24). Polyeteenillä on hylkivä ja liukas pinta, joten sen liimaaminen on hankalaa eikä sitä voi pinnoittaa tai painattaa ilman esikäsitelyä (Järvinen 2017, 20). Nämä ominaisuudet myötävaikuttivat siihen, miksi valittiin juuri korkeatiheyksinen polyeteeni hitsattavaksi aallonmurtajan runkoraaka-aineeksi.

PE-muovit kestävät hyvin kemikaaleja voimakkaita happoja lukuun ottamatta. Ne palavat herkästi, ovat pinnalta vahamaisia ja eristävät hyvin sähköä. UV-säteily vanhentaa PE-muoveja. (Järvinen 2000, 20). Pe-muovit ovat sitkeitä, niillä on alhainen jäykkyys sekä hyvä kuumasaumautuvuus. Kaikki PE-muovit ovat vettä kevyempiä. (Järvinen 2017, 20-21).

PE-putket määritellään standardeissa SFS-EN 13244, SFS-EN 1555 ja SFS-EN 12201 seuraavien ominaisuuksien mukaisesti:

- Ulkohalkaisija (d_e)
- PE raaka-aineen tyyppi (esim. PE 80, PE 100)
- SDR-luokka (ulkohalkaisija/seinämänpaksuus). (Muoviteollisuus ry 2013, 2).

4.2 PE-putkien vastaanotto

PE-putkia vastaanottaessa kannattaa järjestää niille varastointialue, joka on puhdas ja tasainen. Putkia säilytetään päät suljettuina kehikoissaan. Pinotut putket tuetaan kaatumisen ehkäisemiseksi. Suurin sallittu PE-putkipinon korkeus on 2,6m. Irralliset putket tulee myös säilyttää tasaisella alustalla. (Muoviteollisuus ry 2013, 4)

PE-putkien vastaanottamisessa kannattaa tietenkin tarkastaa, että lasti on se, mitä on tilattu. Putkien määrä, materiaali, tavarán eheys ja SDR-luokka on hyvä tarkastaa heti. Myös putkien päiden tulppaus on tarkistettava. (Muoviteollisuus ry 2013, 4)



KUVA 5. Hotellilaiva Wuoksi laiturin puolelta, Tuomas Pyhtilä, 2019

5 PE-HD-PUTKIEN HITSAUS

Tässä kappaleessa käsitellään PE-putkien ja muiden PE-partikkelien hitsaamista. Muovin hitsaaminen on vaativaa puuhaa ja siinä on otettava huomioon useita asioita. Vaikka aallonmurtajaan tulevien putkien ei tarvitse teknisesti täyttää esimerkiksi maakaasu tai korkeapainejärjestelmien standardeja, kannatta ne hitsata alan yleisiä käytäntöjä noudattaen. Näin toimimalla elementtien käyttöikä ei ainakaan tarpeettomasti lyhene huolimattoman liittämisen seurauksena.

5.1 Muovin hitsauksen peruseriaatteet

Muovin hitsaus on materiaalien liittämistä paineen ja lämmön avulla. Muovia voidaan hitsata joko käyttämällä lisäainetta tai ilman sitä. Muovi pehmenee liitettäviä pintoja lämmitettäessä. Kun pehmeitä pintoja puristaa vastakkain, muovin molekyyliketjut puristuvat lomittain ja materiaali sekoittuu. Lämpötilan laskiessa pinnat tarttuvat eli hitsautuvat toisiinsa kiinni. (Kurri, Malén, Sandell ja Virtanen 2008, 178)

PE-muovin hitsaus tapahtuu yleensä 200-280°C lämpötila-alueella (Kurri ym. 2008, 182). Muoveilla ei ole tarkkaa sulamispistettä, jolla sulaminen tapahtuu, kuten metalleilla. Muovin hitsauksessa sen kapeampi sulamisalue tekee muovista helpomman hitsata. Oikea hitsauslämpötila vaikuttaa ratkaisevasti hitsin laatuun. Jos lämpötila on liian matala, muovi ei pehmene tarpeeksi, jos taas lämpötila on liian korkea, molekyyliketjut katkeilevat ja sulanut pinta hapettuu. Molemmissa tapaukset vaikuttavat heikentävästi hitsin laatuun. Oleellinen tekijä hitsin laadussa on puhtaus. Muovin varastoinnin, käsittelyn ja valmistuksen vuoksi pinnalla saattaa olla jäänteitä voitelu- tai irrotusaineista sekä pölyä tai kosteutta. Kaikki epäpuhtaudet pitää poistaa mekaanisesti tai sopivan lämpökäsittelyn avulla ennen hitsustyöhön ryhtymistä. Jos kuivatuksen jättää suorittamatta, lämmityksen aikana vesi höyrystyy ja aiheuttaa hitsiin kuplia sekä sisäisiä jännityksiä. Nämä voivat puolestaan johtaa muovin säröilyyn. (Kurri ym. 2008, 178).

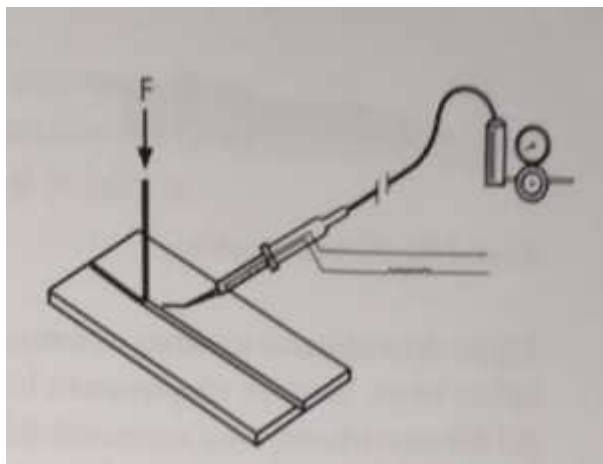
5.2 Hitsauspaikan valinta

Hitsattujen elementtien suuren koon takia on mielekästä suorittaa hitsaus mahdollisimman keskeisellä paikalla. Näin säästyään ylimääräisiltä logistiikkakustannuksilta, koska putket täytyy kuitenkin toimittaa tilaajan osoittamaan paikkaan ainakin kerran. (Muoviteollisuus ry 2013, 3).

Hitsauspaikan valinnassa paikan valintaa katsotaan hitsausteknisestä näkökulmasta. Hitsauspaikan pitää olla kuiva ja sen verran tilava, että hitsattavat putket on helppo asettaa hitsauslaitteeseen. Tuuli- ja sadesuojan käyttö huonolla säällä on välttämätöntä. (Muoviteollisuus ry 2013, 3).

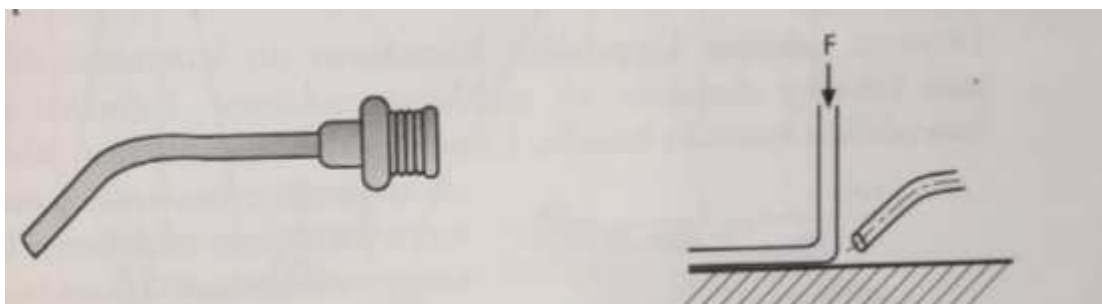
6 AALLONMURTAJAN KOMPONENTTIEN HITSAUSMENETELMÄT

6.1 Kuumakaasuhitsaus



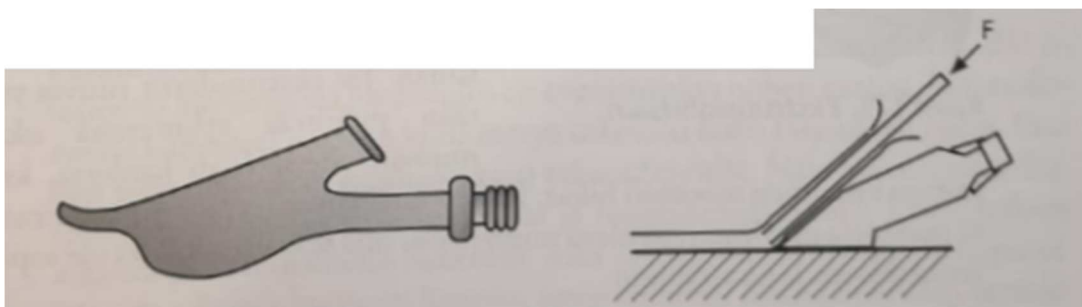
KUVA 5. Kuumakaasuhitsauksen periaate (Kurri ym. 2008, 179)

Kuumakaasuhitsaus on lähimpänä metallien kaasuhitsausta, jossa kuuma ilma tai typpi korvaa metallinhitsauksessa käytetyn kaasuliekkin. Kuuma ilma puhalletaan suuttimen läpi hitsauskohtaan sillä tavalla, että sekä lisäaine että perusaine pehmenevät (Kuva 5). Pyörösuutinta käytettäessä saadaan tarvittava paine aikaan painamalla lisäainelankaa nuolen F osoittamalla tavalla (Kuva 6).



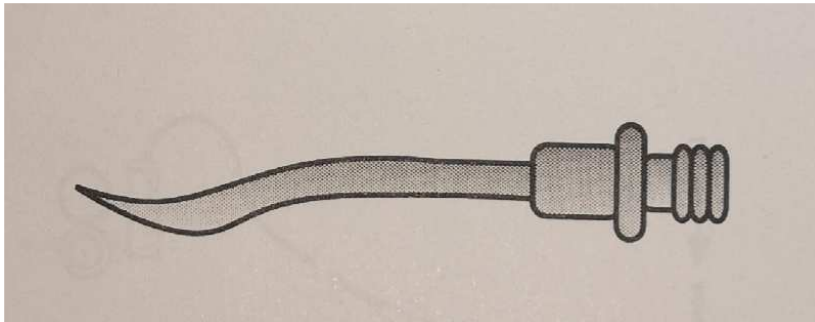
KUVA 6. Paine saadaan pyörösuuttimella aikaiseksi lisäainelankaa painamalla (Kurri ym. 2008, 179)

Kuumakaasuhitsaus on suhteellisen hidas hitsausmenetelmä. Sitä voidaan kuitenkin nopeuttaa käyttämällä esimerkiksi pikasuutinta, jossa lisäainelanka viedään hitsaussaumaan suuttimen läpi. Suuttimen käri on muotoiltu siten, että sen avulla saadaan sulatettu lisäaine painettua hitsausraioon. Langan syöttöputki on muotoiltu sopivaksi lisäaineen halkaisijalle ja muodolle. (Kuva 7). (Kurri ym. 2008, 179).



KUVA 7. Lisäaineelle muotoiltu syöttöputki pikasuuttimessa (Kurri ym. 2008, 179).

Suuttimena voidaan käyttää myös silloitussuutinta (Kuva 8.). Sitä käytetään kun liitettävät osat silloitellaan ennen varsinaista hitsausta paikoilleen ja se tapahtuu lisääineetta. Railopinnat lämmitetään ensin kuumalla ilmalla, jonka jälkeen suuttimen motoillulla kärjellä painetaan pehmenneet pinnat yhteen. Silloitussuutinta voidaan myös käyttää korjauskohteiden viimeistelyssä ja pienten repeämien korjauksessa.



Kuva 8. Silloitussuuttimella voidaan silloitella liitettävät osat yhteen ennen hitsaamista. (Kurri ym. 2008, 179).

Kuumakaasuhitsaus on menetelmänä varsin luotettava. Hitsin laatu on kuitenkin riippuvainen hitsaajan ammattitaidosta. Hitsausvirheistä yleisimmät ovat reunahaavat, ilmahuokokset sekä erilaiset juurivirheet. Edellytykset onnistuneelle hitsaukselle ovat oikea lämpötila, oikea hitsausnopeus sekä tärkeimpänä hitsattavien pintojen puhtaus (taulukko 1)

TAULUKKO 1. Hitsausarvoja kuumakaasuhitsauksessa (Kurri ym. 2008, 182).

KUUMAKAASUHITSAUS	Polyeteeni
Kuumennuslämpötila (°C)	
– pyörösuutin	210-230
– pikahitsaussuutin	260-280
Hitsausnopeus (cm/min)	
– pyörösuutin	12-20
– pikahitsaussuutin	40-70
– ilmamäärä (l/min)	60-70

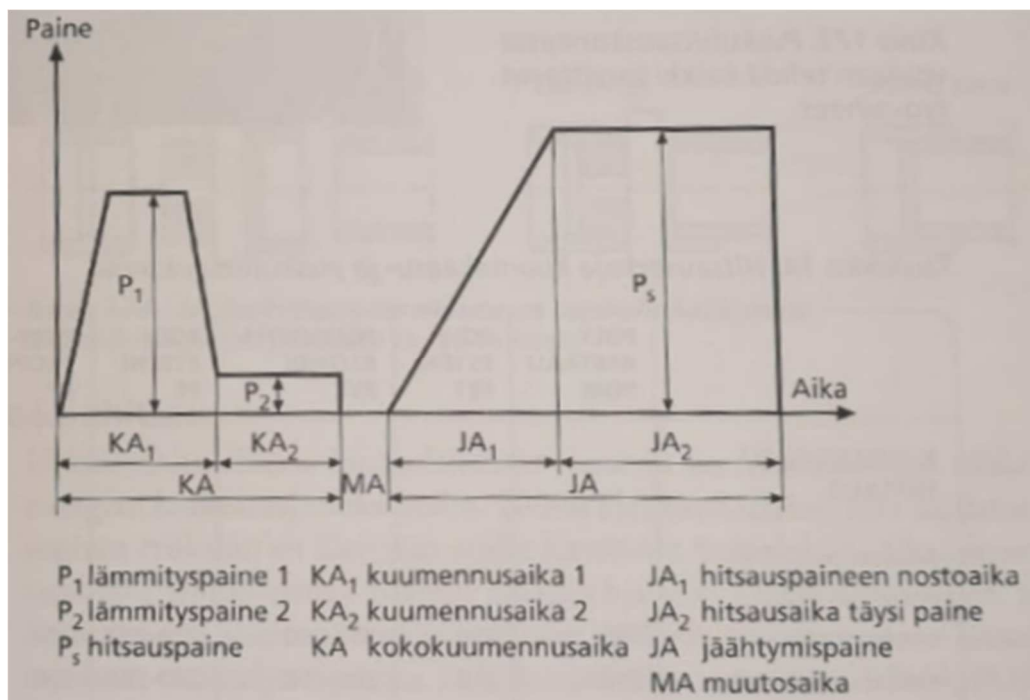
Aallonmurtajan kokoonpanossa kuumakaasuhitsausta käytetään putkien tulppaamiseen ja terassikannakkeiden liittämiseen. Terassikiinnikkeet ja tulpat kiinnitetään lopuksi, kun elementti on muuten kasassa, koska terassikiinnikkeet estävät puskuhitsauslaitteen esteettömän käytön.

6.2 Puskuhitsaus

Pusku- eli peilihitsaus on muovituotteiden päittäisliitosten hitsausmenetelmä. Periaatteena puskuhitaussauksessa on hitsattavien pintojen sulattaminen puristamalla niitä lämpöelementtiä vasten. Sulatuksen jälkeen kappaleet puristetaan toisiaan vasten ilman lisäainetta. (Kurri ym. 2008, 180).

Puskuhitaussauksen työvaiheet noudattavat seuraavaa kaavaa (kuvio 1):

- Hitsattavien kappaleiden kiinnitys hitsauskoneeseen
- pintojen oikaisu ja puhdistus
- lämmittäminen
- lämmityselementin poistaminen
- puristus
- jäähtytys
- hitsauskoneesta irrotus sekä tarkastus



KUVIO 1. Puskuhitaussauksen työvaiheet ja paineen vaihtelut (Kurri ym. 2008, 181).

Jotta puskuhitsaus onnistuu, on oikeastaan välttämätöntä käyttää hitsauskoneetta, sillä irtopeilejä käytettäessä onnistuminen on epätodennäköisempää. Hitsauskoneetta käytettäessä hitsattavat kappaleet saadaan kiinnitettyä tukevasti koko hitsausprosessin ajaksi. Puskuhitaussauksessa on oikohöylä, jolla putkien päät saadaan oikaistua suoriksi. Tällä varmistetaan, että hitsattavien putkien päät ovat yhdensuuntaiset ja puhtaat. Lämmityksen aikana paine elementtiä vasten lasketaan siinä vaiheessa, kun saumapintaan tulee pieni purse (kuvio 1). Huonon lämmänjohtavuuden vuoksi muovia joudutaan lämmittämään melko pitkään, jotta sulamissyvyydestä saadaan riittävä.

Kun liitettävien putkien päät on elementissä saatu sulatettua halutuksi, peilit pitää poistaa sen verran nopeasti, että putkien sulat päät eivät ehdi hapettua. Varsinainen hitsaus tapahtuu viemällä pinnat vastakkain ja lisäämällä puristusta ohjearvoon, johon kone lukitaan. Jos puristaminen on liian

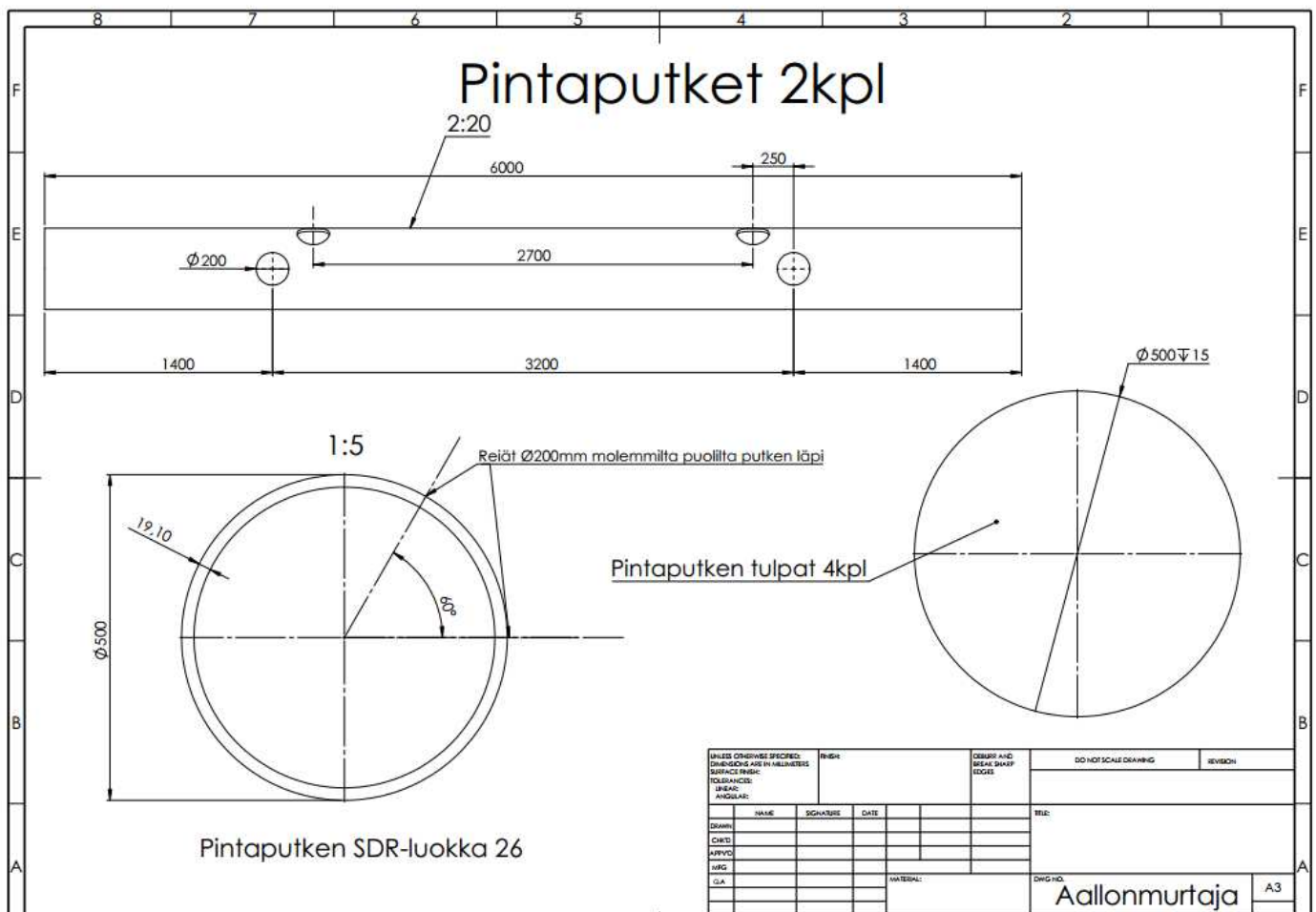
nopeaa, sula materiaali voi virrata pois saumasta ja liitoksesta tulee kylmäliitos. Varma merkki hitsauksen onnistumisesta on putken ympärille muodostunut tasainen purse. (taulukko 2) (Kurri ym. 2008, 181).

TAULUKKO 2. Hitsausarvoja puskuhitsauksessa (Kurri ym. 2008, 181).

PUSKUHITSAUS	Polyeteeni
– lämpötila (°C)	200
– kuumennusaika (s)	30-90
– Kuumenusaine (N/mm ²)	0,05
– liitäntäpaine	0,15

7 AALLONMURTAJAN KOKOONPANO

Tässä kappaleessa käsitellään sitä, millä tavalla kuuden metrin pituisista PE-HD-putkista saadaan rakennettua laivan ympärille suoja Kallaveden selältä tulevia aaltoja vastaan. Elementit kiinnitetään puskuhitsaamalla ensin salkoja jonoon ja kiinnittämällä siihen vedenalaiset elementit (Liite 1).



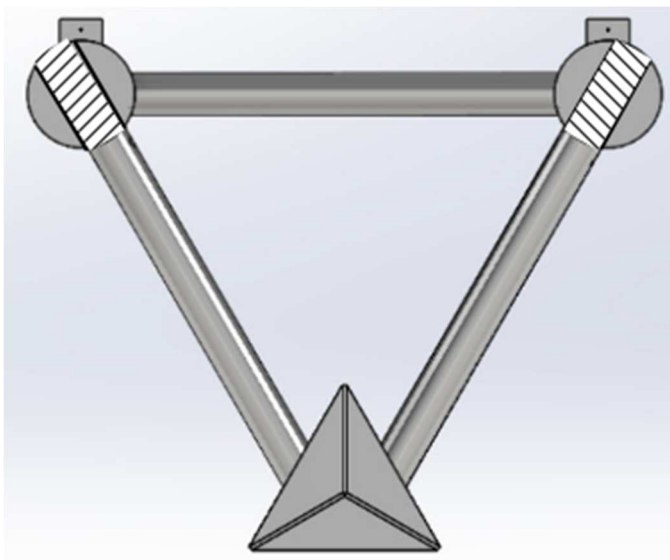
KUVA 9. 6 metrin runkoputkien sivuprofiili ja poikkileikkaus, Mikael Laurila, 2019

7.1 Kasaaminen

Aallonmurtaja on laivan sivulle tehtävä 36 metriä pitkä moduuli (Kuva 2). Aallonmurtajan kasaaminen aloitetaan tekemällä kaksi 36 metriä pitkää salkoa pintaptekemällä ensin reiät putkiin tukiputkia varten (Kuva 9). Sen jälkeen kaksistoista kappaletta 500 millimetriä halkaisijaltaan olevaa PEHD-putkea hitsataan puskuhitsauksella ensin toisiinsa kiinni kahdeksi kuuden salon sarjaksi. Sen jälkeen putket reiätetään ja sarjat liitetään toisiinsa kahden metrin pituisilla 200 mm halkaisijaltaan olevalla tukiputkilla kuumakaasuhitsauksessa pikasuuttimen avulla. (Kuva 4) (Kuva 7).

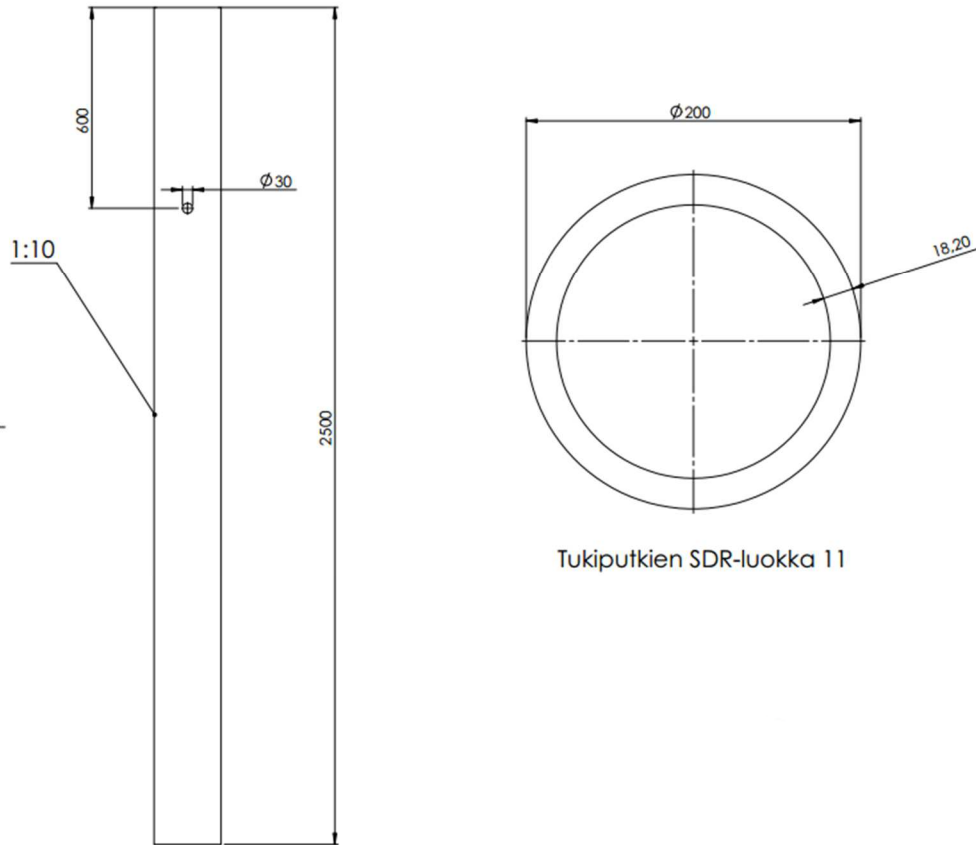
Vedenpinnan alle tuleviin tukiputkiin porataan n.30mm halkaisijaltaan olevat reiät. Aaltojen aiheuttama hydrostaattisen paineen muutos saa veden virtaamaan rei'istä ja reikä vastustaa veden virtausta. Näin toimimalla saadaan rakenteeseen lisää massaa ja samalla saadaan hieman absorboitua aaltojen liike-energiaa iskunvaimentimen tavoin. Tällä tavalla rakenteeseen saadaan lisää massaa, joka auttaa absorboimaan aaltojen energiaa. Lisäksi putken vedenpintaa kohti osoittava puoli tulpataan. (Kuva 2).

Tukiputket (Kuva 11) kiinnitetään runkoputkiin niin, että vääntömomentti ei kohdistu suoraan hitsaussaumaan (Kuva 10). Liittäminen suoritetaan kuumakaasuhitsauksena pikasuuttimen avulla.

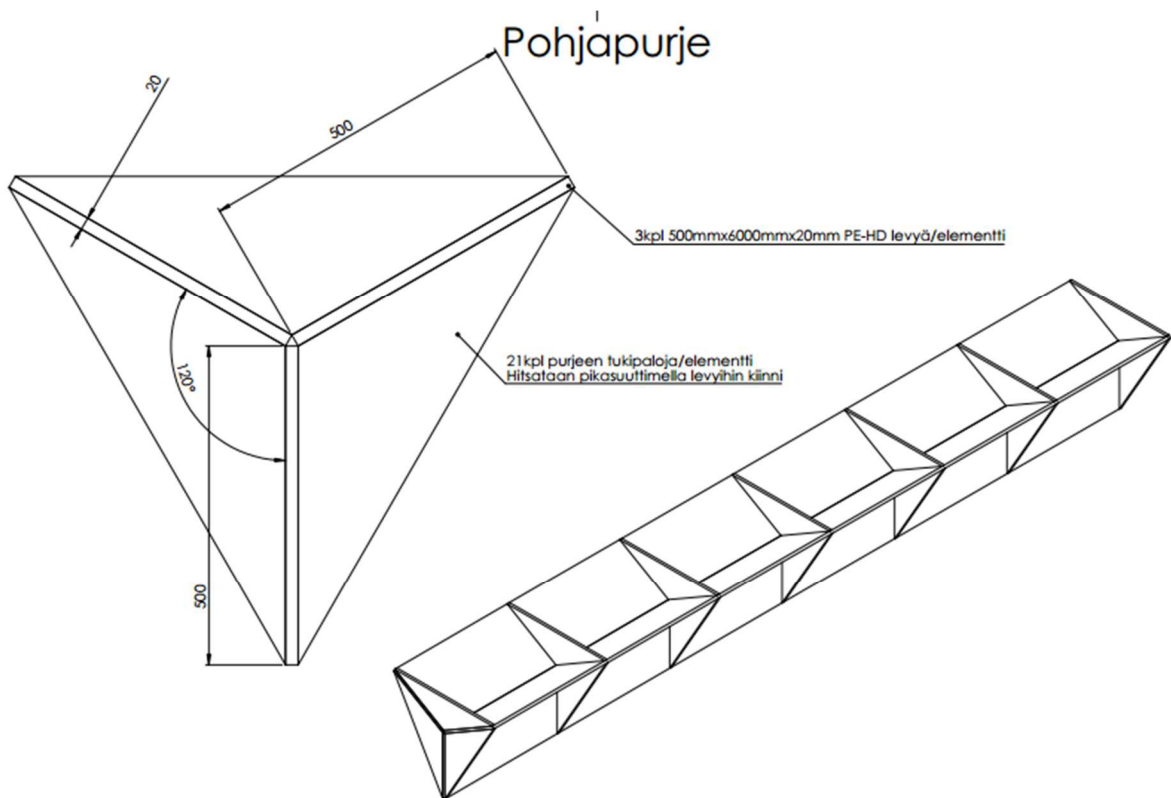


KUVA 10. Vedenalaisten tukiputkien leikkauskuva, Mikael Laurila, 2019

Pohjapurje tehdään kolmesta 500mmx6000mmx20mm kokoisesta PE-HD-levystä. Levyt hitsataan 60° kulmaan purjeen tukipalojen avulla (Kuva 12). Tukipalojen jako on 1000mm eli yksi metri. Lopuksi pohjapurje hitsataan kiinni vedenalaisiin tukiputkiin ja aallonmurtaja on käyttövalmis. Jos tarve vaatii, voidaan pintaputkiin hitsata vielä terasiikiinnikkeet, joihin terassi voidaan rakentaa.



KUVA 10. Vedenalaisen tukiputken rakenne, Mikael Laurila, 2019



KUVA 12. Pohjapurjeen rakenne ja mittakuva, Mikael Laurila, 2019

7.2 Teknisiä ominaisuuksia

6 metriä pitkän aallonmurtajaelementin massa ilman terassia on 714 kilogrammaa ja terassin kanssa 1394 kilogrammaa. PE-HD muovin määrä aallonmurtajaelementissä on $0,75\text{m}^3$. Elementin ulkotilavuus on käytetyn PE-HD muovin määrän sekä pintaputkien ja pintaputkien vaakatuukien sisätilavuuden summa:

$$0,75\text{m}^3 + 2 \cdot \pi \left(\frac{0,5\text{m}}{2} - 0,0191\text{m} \right)^2 \cdot 6\text{m} + \pi \left(\frac{0,2\text{m}}{2} - 0,0182\text{m} \right)^2 \cdot 2\text{m} = 2,80\text{m}^3$$

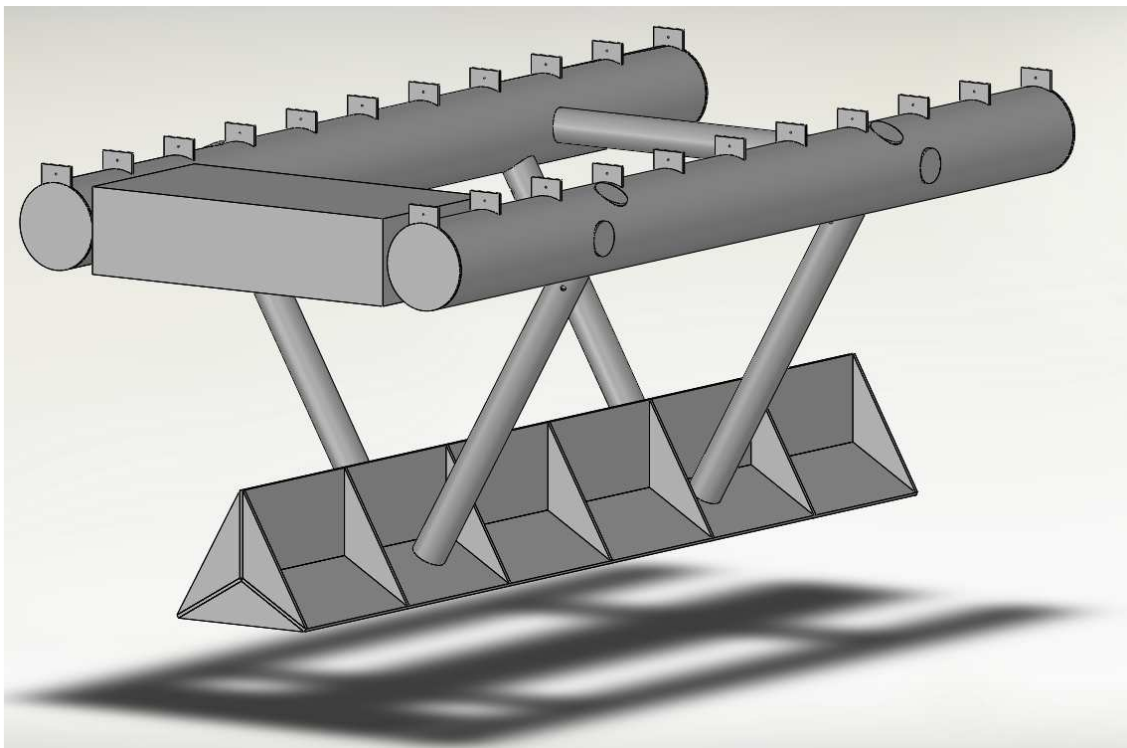
Elementin noste on ulkotilavuuden syrjäyttämän veden massa:

$$2,8\text{m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 27468\text{N}$$

Kantavuus on nosteen ja massan erotus:

$$27468\text{N} - \left(1394\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 13,8\text{kN} = 1406\text{kg}$$

Koska pyöreään putken kantavuus heikkenee lopussa nopeasti kuorman lisääntyessä, on suositeltavaa käyttää aallonmurtajan päissä PE-HD ponttoonin (Kuva 13). Tällä tavalla aallonmurtajan päät saadaan vakaammaksi, mikäli siihen päälle rakennetaan terassi oleskelua varten.



Kuva 13. Aallonmurtajan pään stabiloiva neliskantainen ponttooni, Mikael Laurila, 2019.

8 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tilaajalla ollut ongelma oli ratkaistavissa lukuisilla eri keinoilla. Kävimme useita eria palavereita, joissa pohdimme ratkaisumalleja ja mahdollisuuksia. Tilaajan visiona oli, että laivaan saataisi automaattinen hydraulikalla toimiva järjestelmä, joka sitoo laivan tiiviisti laituriin kiinni, mutta on helposti säädettävissä veden korkeuden mukaan. Ongelmaksi tässä ratkaisussa muodostui aivan rakenne, jossa ainoat tukevat tukipisteet vajoavat matalan veden aikaan suhteessa laituriin niin alas, että tällaisen järjestelmän käyttö ei olisi käytännössä onnistunut. Toinen eri kantilta mietitty ratkaisu oli esittämäni malli kelluvasta aallonmurtajasta. Aiheiden kirjon vuoksi päätimme rajata tämän opinnäytetyön pelkästään kelluvan aallonmurtajan suunnitteluun.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin yksityiskohtaiset kokoonpano-ohjeet PEHD muovista valmistettavalle aallonmurtajaelementille, jonka päälle voi rakentaa oleskelutiloja. Ratkaisutapa on mielestäni innovatiivinen, koska varsinaisen ongelman poistamisen lisäksi se mahdollistaa suoraan myös liiketoiminnan kehittämisen. Kelluva aallonmurtaja mahdollistaa Kallaveden ääreen pääsyn suoraan vuoteestaan, mikä on Kuopiossa täysin ainutlaatuinen mahdollisuus. Koska kyseessä on laiva, ei pieni keinuminen ole haitaksi. Aallonmurtajan tarkoituksena on leikata suurimpia aaltoja niin, että niiden synnyttämä rullaus aiheuta asiakkaille pahoinvointia.

Aallonmurtajan osat ja materiaali on tehty helposti saatavilla olevista materiaaleista ja esimerkiksi standardipituisista 500mm halkaisijaltaan olevista PEHD putkista ei synny lainkaan hukkapätkiä riippumatta siitä, kuinka monta 6 metrin osaa rakennetaan. Tarvittavien leikkausten tekeminen onnistuu kenttäolosuhteissa rakennuspaikalla. Moduulirakenteen ansiosta aallonmurtajasta voi tehdä juuri sellaisen, minkä kukin alue sitä erikseen vaatii.

Aikataulupaineiden vuoksi ei valitettavasti ehditty tekemään prototyyppiä ja jatkokehittelyä tuotteelle. Rakenne on periaatteen tasolla toimiva ja osittain samaan menetelmään perustuvia rakenteita on käytetty myös muualla. Tilaaja on kuitenkin aloittanut jo alustavat menettelyt kaupungin viranomaisten kanssa aallonmurtajan tuomien mahdollisuuksien toteuttamiseksi. Jos lupa myönnetään, voidaan aallonmurtajasta tehdä prototyyppi ja suorittaa sen jälkeen vielä tarvittavat kehitystyöt, jos tilanne vaatii.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

JÄRVINEN Pasi 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: Muovifakta Oy.

JÄRVINEN Pasi 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Muovifakta Oy.

KURRI Veijo, MALÉN Timo, SANDELL Risto, VIRTANEN Matti. 2008. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus

SAARELA Olli, AIRASMAA Ilkka, KOKKO Juha, SKRIFVARIS Mikael, KOMPPA Veikko 2007. Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

KAAKKOIS-SUOMEN, ETELÄ-SAVON, POHJOIS-KARJALAN JA POHJOIS-SAVON ELY-KESKUKSET 2011. Tulvariskien alustava arviointi, Vuoksen vesistöalue. [Viitattu 21.8.2019] Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/download/04_Vuoksen_vesisto-
alue/29d2b827-b19b-4f5e-9dc6-352c415b4a87/92953](https://www.ymparisto.fi/download/04_Vuoksen_vesistoalue/29d2b827-b19b-4f5e-9dc6-352c415b4a87/92953)

JANSSON Jan-Erik 1976. Laivojen liikkeitä ja rasitukset merenkäynnissä. Helsinki: INSKO

MUOVITEOLLISUUS RY, 2012. Paineputkijärjestelmät polyeteenistä (PE). [Viitattu 13.8.2019] Saatavissa: https://www.plastics.fi/document.php/1/73/paineputkijarjestelmat_polyeteenista_2012/e95f31375bf0e5e263c2b1ea70449856

MUOVITEOLLISUUS RY, 2013. PE-putkien puskuhitisaus. [Viitattu 13.8.2019] Saatavissa: https://www.plastics.fi/document.php/1/73/paineputkijarjestelmat_polyeteenista_2012/e95f31375bf0e5e263c2b1ea70449856

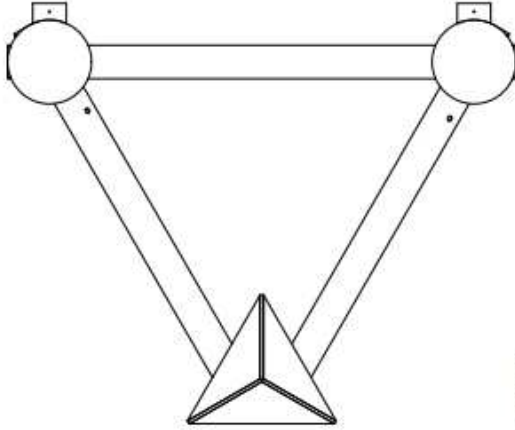
PYHTILÄ Tuomas, 2019. Hotellilaiva Wuoksi. M. Laurila, 2019

PYHTILÄ Tuomas, 2019. Hotellilaiva Wuoksi laiturin puolelta. Kuopio.

HARTIKAINEN Tapio, 2019. Hotellilaiva Wuoksi, Savon Sanomat. Saatavissa: <https://www.savonasanomat.fi/talous/Kuopio-yhten%C3%A4isti-s%C3%A4hk%C3%B6nhinnan-%E2%80%93%E2%80%89yll%C3%A4ttynyt-ravintolayritt%C3%A4j%C3%A4-Olemme-ilmeisesti-maksaneet-s%C3%A4hk%C3%B6st%C3%A4-liikaa-jo-kuusi-vuotta/1435912>

Kokoonpanon periaateohje

- 1. PINTAPUTKET LIITETÄÄN PUSKUHITSAUKSELLA KAHDEKSI 36m PITKÄKSI SALOKSI
- 2. SALKOIHIN TEHDÄÄN PUTKEN LAPPI ASTI MENEVÄT REIÄT SIVUN 2 KUVAN MUKAISESTI
- 3. TUKIPUTKIIN HITSATAAN PIKASUUTTIMELLA TULPAT (YHT 8 KPL: VAAKATUET TULPATAAN KOKONAAN JA VEDEN ALLE MENEVISTÄ PUTKISTA TULPATAAN YLÄÖSÄ.)
- 4. TUKIPUTKET HITSATAAN PIKASUUTTIMELLA KIINNI PINTAPUTKIIN
- 5. POHJAPURJEESEEN HITSATAAN TUKIPALAT 1000mm JAOLLA JA LEVYIT HITSATAAN MYÖS SAUMOISTAAN KIINNI
- 6. ASETETAAN VALMIS PURJE TUKIPUTKIEN PÄÄLLE JA HITSATAAN SE TUKIPUTKIIN KIINNI PIKASUUTTIMELLA.
- 7. LOPUKSI HITSATAAN PIKASUUTTIMELLA TERASSIKIINNIKKEET PINTAPUTKIIN KIINNI PIKASUUTTIMELLA.



PARTS CHECKING SPECIES CHECKING AND SIGNATURE SURFACE FINISH DIMENSIONS WEIGHT MATERIAL				DATE	DRAWING AND REVISIONS	DO NOT SCALE DRAWING	REVISED
DATE	NAME	REVISED	DATE				
CHECK							
APPROVE							
AWD							
C.A.				MATERIAL	DWG NO.	Aallonmurtaja A3	
					SCALE	SHEET OF 1	