

Janne-Markus Lehtimäki

ROOTTORIPURJEEN JÄLKIASENNUSMENETELMIEN OPTIMOINTI

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK), merenkulku

Toukokuu 2016



KYAMK
University of Applied Sciences

| | | |
|--|-----------------------|-------------------------|
| Tekijä | Tutkinto | Aika |
| Janne-Markus Lehtimäki | Insinööri, merenkulku | Toukokuu 2016 |
| Roottoripurjeen jälkiasennusmenetelmien optimointi | | 50 sivua 1 liitesivu |
| Toimeksiantaja | | |
| Norsepower Oy Ltd | | |
| Ohjaaja | | |
| Lehtori Ari Helle Jarkko Väinämö, CTO, Norsepower Oy Ltd | | |
| Tiivistelmä | | |
| <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millä eri tavoilla roottoripurjeiden jälkiasentaminen kauppa-aluksiin on mahdollista toteuttaa. Tarkastelun kohteena olivat irtolasti-, öljysäiliö-, ro-ro-alukset sekä risteilijät. Roottoripurjeiden loppuasennusta koskien oli erityisesti määrä kiinnittää huomiota noston toteuttamiseen, sillä se muodostaa suurimman yksittäisen osan suorista asennuskustannuksista. Oletuksena oli, että jälkiasennus kannattaa suorittaa siten, että sillä on mahdollisimman pieni vaikutus aluksen normaaliin käyttöön ja liikenteeseen. Lähtökohtana oli tieto, että roottoripurjeiden jälkiasennus voidaan suorittaa kokonaan telakalla.</p> <p>Työssä tutkittiin, mitä roottoripurjeiden jälkiasentamiseen liittyviä töitä voitaisiin tehdä aluksen ollessa merellä ja satamassa. Näitä tilanteita koskevia merenkulun turvallisuusmääräyksiä tarkasteltiin siltä osin, miten ne vaikuttavat roottoripurjeiden jälkiasennustöihin. Asennustöiden suorittamista tarkasteltiin paikkakohtaisesti myös siitä näkökulmasta, kuinka käytännöllistä eri töitä on missäkin tehdä.</p> <p>Tutkimustyötä tehtiin haastattelemalla useita merenkulkualan vanhoja toimijoita joilla on kokemusta aluksiin tehtävistä muutostöistä. Roottoripurjeiden loppuasennusta käsiteltiin hankkimalla tietoa erilaisista työhön soveltuvista nostolaitteista, haastattelemalla asiantuntijoita, sekä lähettämällä hintatiedusteluja ajoneuvonosturiurakoitsijoille.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena luotiin matriisi, josta ilmenee mitä roottoripurjeiden jälkiasentamiseen liittyviä töitä voi merellä sekä satamassa tehdä. Voidaan myös sanoa että roottoripurjeiden eri jälkiasentamismahdollisuudet eri paikoissa eivät juurikaan riipu alustyyppistä. Poikkeuksen muodostavat kuitenkin öljysäiliöalukset joissa paloturvallisuudesta ollaan äärimmäisen tarkkoja. Roottoripurjeet havaittiin olevan mahdollista nostaa monella eri satamanosturityypillä alukseen, joiden käyttäminen on tulevaisuudessa suosittelavaa.</p> <p>Jokaiseen jälkiasennukseen liittyy merkittäviä tapauskohtaisia piirteitä, joiden vaikuttavuutta ei tässä työssä pystytä arvioimaan. Tästä syystä työn tulokset toimivat suuntaa-antavana tietopakettina mahdollisista roottoripurjeiden jälkiasennusmenetelmistä.</p> | | |
| Asiasanat | | |
| aputuulipropulsio, muutostyöt, kauppa-alus, nosturi | | |

| Author | Degree | Time |
|--|-------------------|-----------------------------|
| Janne-Markus Lehtimäki | Marine Technology | May 2016 |
| Optimization of Rotor Sail Retrofitting Methods | | 50 pages 1 appendix page |
| Commissioned by | | |
| Norsepower Oy Ltd | | |
| Supervisor | | |
| Ari Helle, Senior Lecturer Jarkko Väinämö, CTO, Norsepower Oy Ltd | | |
| Abstract | | |
| <p>The aim of this thesis was to explore different possible methods for how different types of merchant vessels could be retrofitted with Rotor Sails. Retrofitting methods for bulkers, oil tankers, ro-ro-vessels and cruisers were particularly examined. A major part of this thesis covers the lifting of Rotor Sails into a vessel, as it composes a major part of the direct installation costs. The presumption was that retrofitting should be carried out in such manner, that it would not limit the vessel's ability to be in service.</p> | | |
| <p>Study was done by interviewing various shipping industry professionals who had experience of large scale retrofit projects. In addition, the lifting of the Rotor Sails onto a vessel was studied by collecting information about different types of cranes which are suitable for the task. A few cost inquiries were also made to different crane contractors in order to have an estimation about relative costs between the suitable crane types.</p> | | |
| <p>A matrix, which presents different installation options, was created as a result of this thesis. It was discovered that there is little difference with the possible retrofit methods between different ship types, although oil tankers make an exception. It was also discovered that Rotor Sails can be lifted onto a vessel by means of various different harbor cranes which should be preferred over other crane types in the future lifting tasks.</p> | | |
| <p>Usually retrofit projects contain very case-specific features. Therefore, the results of this thesis can only serve as a general guideline for what can be done, rather than generalize how every retrofit of Rotor Sails should be carried out in the future.</p> | | |
| Keywords | | |
| auxiliary wind propulsion, renewals, merchant vessel, crane | | |

KÄYTETYT LYHENTEET

| | |
|---------|--|
| COLREGS | The International Regulations for Preventing Collisions at Sea, yleissopimus kansainvälisistä säännöistä yhteentörmäämisen ehkäisemiseksi merellä. |
| IAPH | The International Association of Ports and Harbors, kansainvälinen satamien yhdistys. |
| ICS | The International Chamber of Shipping, kansainvälinen merenkulun piirin kauppaliitto joka muodostuu kansallisista laivanvarustajien yhteisöistä. |
| IMDG | International Maritime Dangerous Goods Code, kansainvälinen ohjeistus vaarallisten aineiden kuljettamiseen meriteitse. |
| IMO | The International Maritime Organization, kansainvälinen merenkulkujärjestö. |
| IMSBC | International Maritime Solid Bulk Cargoes Code, kiinteiden bulklastien ahtaamisen ja kuljettamisen turvallisuusmanuaali. |
| ISGOTT | International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, öljysäiliöalusten ja –terminaalien turvallisten työtapojen ohjeistus. |
| ISM | International Safety Management Code, kansainvälinen turvallisuusjohtamissäännöstö. |
| LFL | Lower flammable limit, syttymiskelpoisen kaasuseoksen konsentraation alaraja. |
| LR | Lloyd's Register Group Limited, tunnettu luokituslaitos. |
| MHB | Materials hazardous only in bulk, hyödyke joka on vain irtolastina vaarallinen. |

| | |
|-------|---|
| OCIMF | The Oil Companies International Marine Forum, kansainvälinen öljy-yhtiöiden yhdistys, jolla on vaikutusvaltaa öljytuotteiden merikuljetukseen ja öljyterminaalien toimintaan liittyviin asioihin. |
| SMS | Safety Management System, ISM-koodin aluksille velvoittama turvallisuusjohtamisjärjestelmä. |
| SOLAS | Vuoden 1974 kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä. |
| STS | Ship-To-Shore crane, laiturikonttinosturi. |
| UFL | Upper flammable limit, syttymiskelpoisen kaasuseoksen konsentraation yläraja. |

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 8 |
| 1.1 | Norsepower | 9 |
| 1.2 | M/V Estraden | 9 |
| 2 | ROOTTORIPURJE | 10 |
| 2.1 | Toimintaperiaate | 10 |
| 2.2 | Roottoripurjekäytön hyödyt | 11 |
| 2.3 | Roottoripurjeen tekninen järjestelmä | 12 |
| 3 | ALUKSIIN TEHTÄVÄT MUUTOSTYÖT | 14 |
| 3.1 | Aluksille tehtävät muutostyöt | 14 |
| 3.2 | Lippuvaltion viranomaisen ja luokituslaitos | 15 |
| 3.3 | Muutostyöprosessi varustamon näkökulmasta | 16 |
| 3.4 | Muutostöiden projektinhallinta | 16 |
| 3.5 | Varustamoiden vaatimukset urakoitsijoille | 18 |
| 4 | ROOTTORIPURJEEN JÄLKIASENNUS | 19 |
| 4.1 | Roottoripurjeen asennustyöt | 19 |
| 4.2 | Asennuspaikkojen vertailu | 21 |
| 4.2.1 | Meriajo | 21 |
| 4.2.2 | Satama | 25 |
| 4.2.3 | Telakka | 27 |
| 4.3 | Alustyyppikohtaiset tarkennukset | 27 |
| 4.3.1 | Irtolastialukset | 27 |
| 4.3.2 | Ro-ro-alukset | 29 |
| 4.3.3 | Öljysäiliöalukset | 30 |
| 4.3.4 | Risteilyalukset | 33 |
| 5 | LOPPUNOSTO | 34 |
| 5.1 | Nostojen suunnittelu | 34 |
| 5.2 | Nosto satamassa | 34 |
| 5.3 | Loppuasennukseen soveltuvat nostolaitetyypit | 37 |
| 5.3.1 | Maantiekäyttöiset ajoneuvonosturit | 37 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.3.2 | Satama-ajoneuvonosturit | 40 |
| 5.3.3 | STS-nosturit | 42 |
| 5.3.4 | Nivelpuominosturit..... | 43 |
| 5.3.5 | Proomunosturit..... | 44 |
| 5.4 | Loppunosto terästorni ja roottori erillään..... | 44 |
| 6 | TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 45 |
| 6.1 | Kokonaisasennus | 45 |
| 6.2 | Nostotyön toteuttaminen..... | 46 |
| 6.3 | Tulosten arviointi..... | 47 |
| | LÄHTEET..... | 49 |
| | LIITTEET | |
| | Liite 1. Roottoripurjeen jälkiasennusmahdollisuudet merellä ja satamassa | |

1 JOHDANTO

Roottoripurje on Flettner-roottorista modernisoitu versio, jonka käyttö aluksessa lisää sen energiatehokkuutta perustuen tuulivoiman hyödyntämiseen aluksen liikuttamisessa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää roottoripurjeen eri jälkiasennusmenetelmien välisiä eroavaisuuksia ja tuottaa toimeksiantajalle, Norsepower Oy Ltd:lle (jatkossa viitataan nimellä Norsepower), tietoa eri tavoista, joilla roottoripurje voidaan jälkiasentaa aluksiin. Tällä hetkellä yhtiö on asentanut kaksi roottoripurjetta yhteen ro-ro-alukseen, joten tutkimus on tulevien toimitusten kannalta ajankohtainen.

Jälkiasennusta tarkastellaan yleisellä tasolla, eikä tutkittavana ole mitään yksittäistä roottoripurjeen asentamista olemassa olevaan alukseen. Roottoripurjeen sisäpuolisen tekniikan asentamista ei käsitellä tässä työssä, sillä sen asennus tapahtuu jo ennen kun roottoripurje kuljetetaan jälkiasennuspaikalle. Saatavilla olevien roottoripurjeiden koko vaihtelee, mutta niiden tekninen rakenne pysyy samanlaisena, mistä johtuen tässä työssä esitetään vain roottoripurjeen teknisen rakenteen yleiskuva.

Roottoripurjeen jälkiasennukseen liittyviä muutostöitä käsitellään tässä työssä kuutena erillisenä osa-alueena ja tarkastellaan, miten ne ovat toteutettavissa eri tilanteissa. Nämä tilanteet jakautuvat kahdeksi pääryhmäksi, joita ovat alustyyppi sekä asennuspaikka. Jälkiasentamista käsitellään öljytankkereiden, ro-ro-, irtolasti- ja matkustaja-alusten osalta, sillä roottoripurje on suunniteltu käytettäväksi pääasiallisesti kyseisissä alustyypeissä. Asennuspaikkaa käsitellään vertailemalla asennusten suorittamista meriajon, satamaoperoinnin ja telakoinnin aikana.

Asennuspaikan osalta tutkimuksessa oli oleellista selvittää, kuinka pitkälle roottoripurjeen asennustyöt voitaisiin suorittaa meriajon aikana. Eri tilanteisiin liittyviä jälkiasennusta rajoittavia tekijöitä kartoitetaan merenkulkualan turvallisuussäännösten, työn teon käytännöllisyyden ja taloudellisuuden osalta.

Roottoripurjeen siirtämisessä alukseen loppuasennuksen yhteydessä, mikä on yksi tässä työssä tutkittavista jälkiasennuksen osa-alueista, joudutaan käyttämään raskasta nostokalustoa, josta syntyvät kustannukset ovat tämänhetkis-

ten asennusten kohdalla olleet eräitä suurimpia yksittäisiä jälkiasennusten kulu-
lueriä. Tässä työssä oletetaan tulevien jälkiasennusten nostojen tapahtuvan
hajanaisesti eri satamissa ja telakoilla, jolloin niiden olosuhteet myös poikkea-
vat merkittävästi toisistaan. Tästä johtuen optimaalisen nostolaitteen valintaa
päätettiin tässä tutkia kartoittamalla ja vertailemalla erityyppisiä nostolaitteita,
joiden avulla roottoripurjeen nosto alukseen voidaan suorittaa.

Merkittävä osuus tutkimusaineistosta hankittiin Norsepowerin sisäisten doku-
menttien pohjalta laadittujen yksilöhaastattelujen avulla. Haastateltaviksi valit-
tiin joukko asiantuntijoita siten, että heidän yhdistetty asiantuntemuksensa kat-
taa mahdollisimman hyvin tutkimusaiheen. Haastattelut pyrittiin laatimaan
mahdollisimman objektiivista tietoa kerääviksi, mutta asiantuntijoiden omille
kokemuksille ja näkökulmille annetaan tutkimuksessa tilaa.

1.1 Norsepower

Norsepower on vuonna 2012 perustettu suomalainen yhtiö, joka on tuonut
markkinoille kehitetyn version Flettner-roottorista. Norsepower tarjoaa roottori-
purjetta kolmena eri kokona, ja pyrkii sisällyttämään toimittamiin tuotteisiinsa
asennuksen ja täyden käytönaikaisen huollon mekaniikan ja ohjelmiston
osalta. (1)

Yhtiö on saanut tunnustusta voittamalla mm. pääpalkinnon 9. syyskuuta 2015
järjestetyssä vuosittaisessa alusten energiatehokkuutta koskevassa Fathom
Maritime Intelligence -palkintogaalassa. Yhtiön visiona on kasvaa vahvaksi
markkinajohtajaksi aputuulipropulsiojärjestelmien toimittajana. (1)

1.2 M/V Estraden

Norsepower on tähän asti toimittanut kaksi roottoripurjetta, jotka molemmat on
asennettu Bore Ltd:n omistamaan ro-ro-alus M/V Estradeniin. Ensimmäisen
roottoripurjeen asennustyöt saatiin päätökseen Turussa 28. marrasuuta 2014
ja toisen Rotterdamissa 23. marraskuuta 2015. Kyseisinä päivinä suoritettiin
roottoripurjeen nosto alukseen ja kytkeminen aluksen sähköverkkoon. Muu
tekniikka, jonka roottoripurje vaatii toimiakseen aluksessa, oli asennettu jo
näitä päiviä ennen osittain aluksen telakoinnin ja osittain normaalin lastiope-
roinnin aikana aluksen ollessa satamassa. Molemmat loppuasennukset tapah-
tuivat satamassa, häiritsemättä aluksen normaalia aikataulua. (2)



Kuva 1. M/V Estraden varustettuna kahdella roottoripurjeella. (1)

2 ROOTTORIPURJE

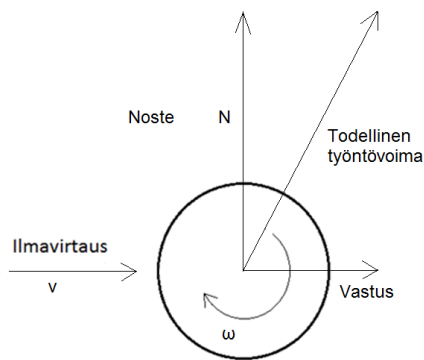
2.1 Toimintaperiaate

Roottoripurjeen toiminta perustuu Magnus-ilmiiöön, joka kuvaa pyörivään sylinteriin kohdistetun ilmavirtauksen aikaansaamaa työntövoimaa. Lähtökohtana ilmiön selittämiseksi on se, että mitä tahansa kappaletta ympäröivän ilman molekyylit tarttuvat kappaleen pintaan. Kun sylinteriä pyöritetään niin sen pinnassa oleva ohut molekyylikerros vetää mukaansa muita ilman molekyylejä pinnan suuntaisesti. Jos pyöritettävä sylinteri on paikoillaan suhteessa sitä ympäröivään ilmaan, alkaa ilma pyörimään sylinterin ympärillä samaan pyörimissuuntaan, ja sylinteri pysyy paikoillaan. Sen sijaan, jos ilma virtaa kohtisuoraan pyörivän sylinterin seinämää vasten, ilmavirtauksen nopeus eri puolilla sylinterin pintaa vaihtelee, koska toisella puolella sylinteriä pyöriminen antaa lisävauhtia ilman molekyyleille, mutta toisella puolella se vastustaa virtausta. Koska ilmavirtauksen nopeus vaihtelee sylinterin puolilla, on myös paineen vaihduttava. Tämä paine-ero saa aikaan ilmavirtauksen suunnasta kohtisuoran nostovoiman, jonka suuruus on riippuvainen ilmavirtauksen nopeudesta, sylinterin säteestä ja korkeudesta, pyörimisnopeudesta sekä ilman ti-

heydestä. Nosteen teoreettinen arvo saadaan yhtälöstä (1). (3.) Todellisuu-
dessa sylinteri vastustaa virtausta myös sen omassa suunnassa, jolloin nos-
teen lisäksi sylinteriin vaikuttaa ilmavirtauksen suuntainen vastusvoima. Täl-
löin todellinen työntövoima on nosteen ja vastuksen resultantti. (2)

$$N = 2\pi\omega r^2 L v \rho \quad (1)$$

| | | | |
|-------|----------|------------------------|----------------------|
| jossa | N | Noste | [N] |
| | ω | sylinterin kulmanopeus | [rad/s] |
| | r | sylinterin säde | [m] |
| | L | sylinterin pituus | [m] |
| | ρ | Ilman tiheys | [kg/m ³] |
| | v | ilmavirran nopeus | [m/s] |



Kuva 2. Yksinkertaistus roottoripurjeen toimintaperiaatteesta.

2.2 Roottoripurjekäytön hyödyt

Roottoripurjeen kehittämä työntövoima välittyy sen perustusten kautta aluksen runkoon ja saa aikaan aluksen liikkumista. Tämän vaikutuksesta alus saavuttaa halutun matkanopeuden vähemmällä pääkoneiston kuormittamisella, koska potkurin ei tarvitse tuottaa kaikkea työntövoimaa aluksen liikuttamiseen.

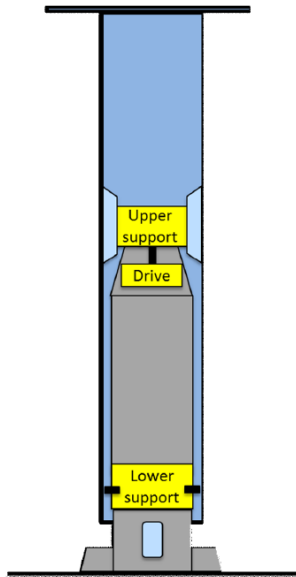
Pääkoneen kuormituksen alentamisesta seuraa aluksen polttoaineenkulutuksen laskeminen ja näin ollen myös aluksen energiatehokkuuden parantuminen. (1)

M/V Estradenilla on suoritettu roottoripurjeen merikokeita, joiden avulla on todennettu roottoripurjekäytön alentavan aluksen polttoaineen kulutusta. Merikokeiden aikana kerätyn datan analysoinnin perusteella yhden roottoripurjeen alentava vaikutus polttoaineen kulutukseen M/V Estradenilla oli 2,5% ja kahden 6,1%. Merikokeissa ja sen tulosten analysoinnissa mukana ollut NAPA Oy, joka on maailman johtava merenkulkualan tietoteknisten järjestelmien toimittaja, kertoo kahden roottoripurjeen saavuttaneen suuremmat polttoainesäästöt kuin yksikään NAPAn aiemmin tutkima alusten energiatehokkuutta parantava ratkaisu. M/V Estradenilla roottoripurjeet ovat käyntimoodissa 80% meriajasta ja alentavat tällöin pääkoneen kuormitusta keskimäärin 460 kW. (1)

M/V Estradenilla suoritettujen roottoripurjeiden merikokeiden perusteella Norsepower kertoo suotuisilla reiteillä operoivien alusten energiatehokkuuden olevan parannettavissa jopa 20 %:lla, jos alus käyttää useita suurikokoisia roottoripurjeita. (1)

2.3 Roottoripurjeen tekninen järjestelmä

Roottoripurje koostuu roottorista ja sitä tukevasta teräsrakenteesta. Teräsrakenne koostuu terästornista, alukseen hitsattavasta roottoripurjeen perustuksesta sekä mahdollisista aluksen rakenteeseen tehtävistä lisäjäykistyksistä. Roottori on kiinnitetty terästornin päällä olevan painelaakeroidun levyn päälle, jolle on järjestetty veto terästornin sisäpuolella olevalta oikosulkumoottorilta. Roottori on laakeroitu terästorniin myös alaosastaan, mutta siellä laakerointi on toteutettu radiaalivoimia vastaanottavaksi. Terästorni kiinnitetään pulteilla perustuksiin laippaliitoksella. (2)

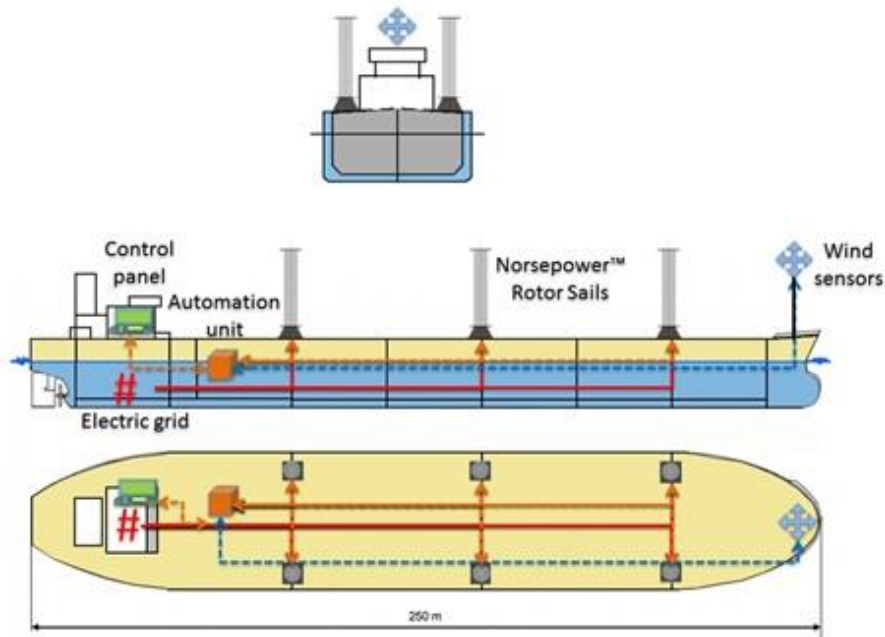


Kuva 3. Roottoripurjeen roottori esitettynä sinisenä, ja sitä tukeva teräsrakenne esitettynä harmaana. Laakerointi ja teholähde on esitetty keltaisella. (2)

Roottori valmistetaan kerroslevyrakenteisena komposiitista. Sen pyörimisnopeutta ja -suuntaa säädellään käyntimoodin aikana parhaan nettohyödyn saavuttamiseksi. Säättely perustuu sähkömoottorin kulutuksen, ja roottoripurjeen tuottaman työntövoiman vertailuun: maksimityöntöä ei pyritä tuottamaan tilanteissa, jossa sähkömoottorin oma kulutus olisi suurempi kuin työntövoimasta saatu hyöty. Pyörimisnopeuden säätö tapahtuu ohjaamalla roottoria pyörittävää oikosulkumoottoria taajuusmuuttajan avulla. Roottorin nopea pysähtyminen saadaan tarvittaessa aikaan jarruvastuksella. Roottori varustetaan aina ukkosenjohtimella ja valinnaisesti jään muodostumista estävillä sähkövastuksilla tai jään kertymistä vähentävällä pinnoituksella. (2)

Terästornin sisäpuolella sijaitsee roottoria pyörittävän oikosulkumoottorin ja taajuusmuuttajan lisäksi monia muita sähköisiä laitteita, joille johdetaan virta aluksen sähköverkosta. Vetävälle moottorille tuodaan sen tehokkuuden vuoksi virta suoraan aluksen päätaululta vahvavirtana, mutta muille laitteille riittää heikkovirta. Näitä laitteita ovat terästornin sisäpuolinen valaistus, lämmityslaite, taajuusmuuttajaa ohjaava logiikkalaite, palohälyttimet, automaattinen voitelujärjestelmä ja roottorin käytönvalvontaan liittyvät anturit. (2)

Roottoripurjeen automaatio-, sähkönsyöttö- ja palohälytysjärjestelmä ovat ne kokonaisjärjestelmän osat, jotka ulottuvat roottoripurjeen ulkopuolelle. Automaatiojärjestelmään kuuluu alukseen asennettavat tuulianturit, automaatioyksiköt jokaisen roottoripurjeen sisäpuolella, aluksen sisätiloihin sijoitettavat automaatioyksiköt, ja komentosillalle sijoitettava ohjauspaneeli. (2)



Kuva 4. Roottoripurjeen tekniikka sommiteltuna tyypilliseen Aframax –luokan tankkeriin. (1)

3 ALUKSIIN TEHTÄVÄT MUUTOSTYÖT

3.1 Aluksille tehtävät muutostyöt

Aluksiin tehtävillä muutostöillä tarkoitetaan niitä töitä, joissa aluksen järjestelmiä tai rakennetta muutetaan jollain tavalla tai alukseen lisätään kokonaan uusia järjestelmiä. Muutostöitä ei voi tehdä millä tahansa tyylillä merenkulun ollessa tarkan sääntelyn kohteena.

Liikenteessä olevan aluksen tulee aina täyttää Lontoossa 1.11.1974 solmittuun SOLAS-yleissopimukseen kirjatut säännöt sekä sen luokituslaitoksen, jonka luokittama alus on, alustekniikalle asettamat standardit. Alusten katsastuskohteisiin ei SOLAS-yleissopimuksen mukaan saa tehdä muutoksia ilman lippuvaltion vastaavan viranomaisen hyväksyntää. (4.) Myös luokituslaitokset vaativat, että heidän luokittamiaan järjestelmiä tai rakenteita ei muuteta ilman heidän hyväksyntäänsä (5). Alus joudutaan aina katsastamaan soveltuvin osin uudestaan sen jälkeen, kun siihen on tehty muutostöitä (4).

Muutostöiden mittavuudesta ja luonteesta riippuu miten ja missä niitä voidaan toteuttaa. Suuret työt toteutetaan yleensä aluksen ollessa telakalla, mutta sellaisia muutostöitä, joilla ei ole negatiivista vaikutusta aluksen merikelpoisuuteen tai aluksella olevien ihmisten turvallisuuteen, voidaan suorittaa myös aluksen ollessa liikenteessä. (6)

3.2 Lippuvaltion viranomainen ja luokituslaitos

Liikenteen turvallisuusvirasto, TraFi, on Suomen merenkulkuasioista vastaava viranomainen, jonka tehtävänä on varmistaa Suomessa, että merenkulun kansallisia ja kansainvälisiä turvallisuuteen liittyviä sopimuksia noudatetaan. TraFi edistää alusturvallisuutta varmistamalla merenkulkijoiden ammattipätevyyden sekä suorittamalla aluksille katsastuksia ja tarkastuksia.

Luokituslaitokset asettavat standardit alusten suunnittelulle, rakentamiselle ja kunnossapidolle ja antavat niille luokitustodistuksen. Alukseen, jolla on voimassaoleva luokitustodistus, ei saa tehdä muutoksia ilman luokituksen antaneen luokituslaitoksen hyväksyntää. Flettner-roottoreita nimenomaisesti koskevia säädöksiä luokituslaitokset eivät vielä ole kehittäneet, mutta LR on laatinut oman ohjeistuksensa aikaisempien sääntöjensä pohjalta. (3)

Roottoripurjeen asennuksen kohdalla LR kiinnittää hyväksymisessä erityistä huomiota siihen, että roottoripurje ei vaikuta epäsuotuisasti aluksen turvalliseen operointiin eikä aluksella olevien ihmisten turvallisuuteen. Hyväksymisprosessissa otetaan huomioon se, että roottoripurje itsessään ei ole välttämätön laite aluksen turvallisen operoinnin kannalta. Roottoripurjeen vaikutuksesta alusturvallisuuteen on kuitenkin tehtävä riskien arviointi, joka kattaa laitteen normaalin toimintatilan sekä vikatilanteet. Riskien arvioinnin lisäksi LR tarkastaa roottoripurjeen ja aluksen välisen rajapinnan kattaen sen kiinnittämisen aluksen kanteen, kannen alapuolisen rakenteellisen kestävyuden, sähkönsyöttö- ja automaatiojärjestelmän sekä kaikki muut mahdolliset mekaaniset liitännät. (3)

TraFi on vuonna 2012 myöntänyt valtuudet seitsemälle EU:n tunnustamalle luokituslaitokselle osittain katsastaa suomalaisia aluksia. Hyväksytyjä luokituslaitoksia ovat American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Lloyd's Register, RINA Services S.p.A., Russian Maritime Register of Shipping, Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK) ja DNV GL AS. Nämä luokituslaitokset voivat tehdä SOLAS-yleissopimukseen liittyviä katsastuksia ja tarkastuksia rungon rakenteen, aluksen koneiston ja sähköasennusten osalta. (7)

Näiden valtuuksien johdosta TraFi:n ei tarvitse välttämättä olla ollenkaan mukana suomalaisiin aluksiin tehtävissä muutostyöprojekteissa, vaan luokituslaitokset voivat hoitaa kaikki sille SOLAS-yleissopimuksessa määrätyt tehtävät

muutostöihin liittyen. Näin on esimerkiksi roottoripurjeen kohdalla, missä LR voi hoitaa luokituksen ohella kaikki katsastuksiin liittyvät asiat, joista on kansainvälisesti säädetty. TraFi:n on ainoastaan siinä tapauksessa tultava mukaan muutostöiden osapuoleksi, jos jotain SOLAS-sääntöä joudutaan tulkitsemaan muutostöiden toteuttamisessa. (5)

3.3 Muutostyöprosessi varustamon näkökulmasta

Aluksille tehtävien muutostöiden toteuttaminen lähtee liikkeelle varustamojen sisäisistä alkusuunnitelmista. Nämä voivat olla hyvin karkeita, ja monta kertaa varustamot joutuvat jo tässä vaiheessa ottamaan erilaisia konsultteja apuunsa, sillä harvalla varustamolla on tietotaidollisia resursseja kaikkiin muutostöihin liittyviin erityisvaatimuksiin, kuten teräsrakenteiden lujuusopilliseen tarkasteluun. Suunnittelun jälkeen sen toimivuus on tarkastettava luokituslaitoksella. (8)

Kun luokituslaitos on hyväksynyt alkusuunnitelmat, projekti etenee urakoitsijoiden valitsemiseen, jossa mahdolliset urakoitsijat kilpailutetaan ja valitaan vakuuttavin vaihtoehtoista. (8.) Urakoitsijan valinnan jälkeen alkaa työsuunnittelu, jossa on mukana varustamon johdon ja konetarkastajien sekä urakoitsijan lisäksi aluksen miehistön päällystön jäseniä. (9)

Työsuunnitelman laadinnan jälkeen alkaa käytännön muutostöiden tekeminen, jonka aikana työn laatua valvotaan varustamon projektipäällikön sekä luokituslaitoksen tarkastajan toimesta. (9.) Kun kaikki muutostyöt on saatu valmiiksi, luokituslaitos tekee alukselle tarvittavat lopputarkastukset. (5)

3.4 Muutostöiden projektinhallinta

Muutostöiden projektipäällikkönä toimii yleensä varustamon konetarkastaja, mutta varustamorakenteissa on keskinäisiä eroavaisuuksia, mistä johtuen projektipäälliköksi määräytyvän nimike voi vaihdella varustamoittain. (8.) Projektipäällikön vastuulla on projektinhallintaan liittyvä työsuunnittelu, projektiin liittyvien osapuolten koordinointi ja töiden seuranta aikataulun ja työn laadun osalta. (9)

Mitä enemmän osataan varautua etukäteen mahdollisiin ongelmatilanteisiin projektin aikana, jotka voivat liittyä esimerkiksi viranomaismääräyksiin ja muutostöiden alustekniseen kokonaisvaikutukseen, sitä paremmat edellytykset

projektilla on onnistua sujuvasti. Projektipäällikön tulee siis hankkia tarpeen mukaan konsulttien palveluita niihin asioihin liittyen, missä oma tietämys on puutteellista. On myös tärkeää, että aluksen päällystön kanssa tehdään läheistä yhteistyötä projektin aikana sen lisäksi, että keskitytään urakoitsijan kanssa toimimiseen. (8)

Jokainen tätä opinnäytetyötä varten haastateltu varustamon edustaja sekä luokituslaitoksen edustaja pitivät yhtenä muutostöiden toteuttamisen kannalta tärkeimpänä asiana hyvän työsuunnitelman laatimista ja siinä pysymistä. Toisaalta pelkät suunnitelmat eivät itsessään riitä, vaan yhtä tärkeää töiden sujuvuuden kannalta on tiedon välittäminen jokaiselle muutostöissä mukana olevalle osapuolelle. (8.) Urakoitsijan työn tehokkuuden määrittää puolestaan sen oman työnjohdon toimivuus: pätevinkään työntekijä ei ole tuottelias, jos työnjohdollinen koordinointi ei ole tasokasta (9). Toinen haastatteluissa ilmennyt asia, joista samat henkilöt olivat samaa mieltä, oli se, että projektinhallinnasta tulee sitä vaikeampi mitä enemmän urakoitsijoita käytetään samassa projektissa. Urakoinnin hajauttamista voi olla esimerkiksi se, että varustamo hankkii projektiin liittyvät materiaalihankinnat ja asennustyöt eri paikoista tai se, että eri asennustöitä suorittavat eri urakoitsijat (8). Urakoinnin hajauttamisen perusteena voi olla se, että tulee halvemmaksi käyttää useita urakoitsijoita tai se, että ei ole tarjolla sopivaa urakoitsijaa joka kykenisi hoitamaan kaiken itse (8).

Vaikka muutostöihin liittyvissä kokonaiskustannuksissa pystyttäisiin saavuttamaan säästöä hajauttamalla eri urakoitsijoita suorittamaan projektin eri töitä, on haittapuolena työn tekemiseen liittyvät vastuukysymykset, joiden rajat voivat olla häilyviä, jos muutostöiden yhteydessä törmätään odottamattomiin tilanteisiin (9). Tyypillinen ristiriitaa aiheuttava tilanne on se, että jonkin urakoitsijan työ on aikataulussa jäljessä, mikä aiheuttaa sen, että toinen urakoitsija ei pysty jatkamaan omia töitään, koska on riippuvainen toisesta urakoitsijasta. Tällöin jälkimmäinen urakoitsija joutuu tahtomattaan tilanteeseen, jossa se ei pysty tekemään tuottavaa työtä. Tähän liittyen voi syntyä vastuukysymys siitä, kuka maksaa toimettomana olemisesta. Jos samassa projektissa käytetään eri urakoitsijoita, on laadittava erittäin tarkka erittely harmaiden vastualueiden välttämiseksi siitä, mitä kukin urakoitsija tekee. (8.) Kun käytetään useampaa kuin yhtä urakoitsijaa, on työsuunnitelmassa otettava huomioon myös se, että kenenkään työt eivät osu päällekkäin (6).

Projektinhallinta on helpompaa varustamon näkökulmasta, jos muutostöiden toteutus ostetaan turnkey-sopimusperiaatteella (9). Muutostöiden alkusuunnittelussa mukana ollut suunnittelija voi olla sellaisesta yhtiöstä, joka kykenee toteuttamaan suunnittelun lisäksi muutostöiden toteutuksen alusta loppuun (8). Turnkey-sopimus on siis liikejärjestely, jossa asiakas ostaa projektin toteutuksen kokonaisuena pakettina urakoitsijalta. Alusten muutostöiden yhteydessä turnkey-sopimukseen kuuluu, että urakoitsija hoitaa tarvittavat materiaalihankinnat (9), toimittaa laitteet, valmistaa tarvittavat osat, hoitaa asennustyöt sekä järjestee luokituksen. Tämän menetelmän hyvä puoli on se, että projektiin liittyvät vastuuasiat yksinkertaistuvat, koska urakoitsija suunnittelee itse projektin toteuttamisen, joten siinä ilmenevien ongelmien ratkaisu on myös sen kontolla. (8.) Turnkey-sopimuksen huono puoli on, että urakoitsija esittää työn tarjouksen loppusummana, eikä erittele erikseen, mistä summa koostuu. Urakoinnin hinta varustamolle voi tällöin muodostua suuremmaksi kuin mitä se olisi, jos urakointia hajautettaisiin eri urakoitsijoiden kesken. (9)

3.5 Varustamoiden vaatimukset urakoitsijoille

Urakoitsijan valintaan vaikuttaa hinnan kilpailuttamisen lisäksi projektinhallinnallinen näkökulma. Oikea valinta on tehtävä eräänlaisen riskianalyysin kautta, jossa urakoitsijan tulee vakuuttaa projektipäällikkö siitä, että se kykenee siihen, mitä lupaa. (8.) Kilpailuttamisen yhteydessä urakoitsijoilta kysellään sitä miten he aikoisivat toteuttaa työt, kuinka monta työntekijää he käyttäisivät sekä minkälaisessa aikataulussa he pystyisivät työt tekemään. Eduksi luetaan, jos urakoitsijalla on kokemusta aikaisemmista vastaavanlaisista töistä. Tarvittaessa asia voidaan varmistaa tiedustelemalla muiden varustamoiden kokemuksia yhteistyöstä kyseisen urakoitsijan kanssa. (9.) On myös tärkeää varmistua, että urakoitsijoiden käyttämien työntekijöiden ammattitaito ja työkalut ovat ajan tasalla. Työntekijöiden on myös kyettävä kommunikoimaan sellaisella kielellä, jota muutkin projektissa mukana olevat ymmärtävät. Myös urakoitsijan oma työturvallisuuskulttuuri on yksi luotettavuutta lisäävä ominaisuus. (8.) Kun urakoitsijaa ei valita pelkän halvan hinnan perusteella, on mahdollista säästyä odottamattomilta ongelmilta projektin aikana ja näin ollen jopa saavuttaa säästöä kokonaiskustannuksissa. (9)

Urakoitsijan toimintaan on myös kiinnitettävä huomiota sen osalta mitä tilaajavastuulaisissa 22.12.2006/1233 määrätään. Tilaajavastuulaki velvoittaa tilaajan

selvittämään, että sopimuskumppani täyttää työnantajalle säädetyt lain velvoitteet. Tähän kuuluu esimerkiksi, että työntekijöiden työehtosopimukset ja työehdot toteutuvat, heille on järjestetty työterveyshuolto sekä heidän eläkkeisiinsä liittyvät asiat on järjestetty oikein. On yleistä, että aluehallintovirasto tekee tarkastuksia telakoilla, kysellen urakoitsijoiden työntekijöiltä tietoja työso-
pimuksistaan. Hyvästä juristista voi olla apua työntekijöiden taustojen selvittä-
misessä ja tilaajavastuulakiin liittyvien asioiden hallinnoinnissa. (9.) Jos ura-
koitsija käyttää aliurakoitsijoita, niin näidenkin työntekijöiden tiedot on selvitet-
tävä (8).

4 ROOTTORIPURJEEN JÄLKIASENNUS

4.1 Roottoripurjeen asennustyöt

Roottoripurjeen jälkiasentamista rajoittavien tekijöiden kartoittamiseksi kokonaisasennusta on tarkasteltava yksityiskohtaisesti kaikkien siihen sisältyvien töiden osalta. Taulukossa 1. on esitetty karkea jako niistä töistä mitä roottoripurjeen jälkiasentamiseen liittyy. Jokaiseen taulukossa esitettyyn työhön riippuu aluskohtaisia eroja, jolloin myös niihin liittyvät vaikutukset alusturvallisuuden vaihtelevat tapauskohtaisesti. Tämän jaon pohjalta on kuitenkin mahdollista tarkastella asennustöitä mahdollistavia ja rajoittavia tekijöitä tämän opin-
näytetyön myöhemmissä kappaleissa.

Taulukko 1. Roottoripurjeen jälkiasennukseen liittyvät työt.

| |
|---|
| Sähköasennukset 400 V |
| Kulkuvalomuutokset ja aluksen rakenteelliset muutokset – <i>(sisältää aluskohtaisia eroavaisuuksia)</i> |
| Automaatioasennukset |
| Integraatio aluksen järjestelmiin - <i>(optio)</i> |
| Perusta-asennus |
| Roottoripurjeen nosto alukseen ja loppuasennus |

Roottoripurjeen 400 Voltin sähköasennukseen kuuluu sen oikosulkumoottorin ja aluksen pääsähkötaulun välisen kaapeloinnin järjestäminen. Tähän liittyy mahdollisten uusien kaapeliratojen rakentaminen kaapelin reitille, kaapelin läpivieminen osastojen läpi sekä kaapelien sähköisten kytkentöjen tekeminen. (2.) Jokaiseen näistä liittyy turvallisuusnäkökulma kaapeliratojen rakentamisen

sisältäessä tulitöitä, läpivientien aukaisun heikentäessä SOLAS-yleissopimuksessa määrättyjä vaatimuksia osastojen vesitiivyydestä sekä paloturvallisuudesta ja sähköisten kytkentöjen suorittamisen ollessa ehdollinen sähkötyöturvallisuudesta asetetuille määräyksille. (5)

Kun roottoripurjeita suunnitellaan asennettavaksi alukseen, on niiden muodon ja paikan vaikutus navigointiin otettava huomioon. SOLAS V/22 ja COLREGS 22 asettavat vaatimukset aluksen turvalliselle navigoinnille näkyvyyden osalta. Näkyvyys komentosillalta ei saa heikentyä liikaa roottoripurjeiden muodostamien katvealueiden vuoksi. Myös muiden alusten on pystyttävä havaitsemaan alus sen kulkuvaloista normaalisti. (3.) Jotta mastovalot näkyvät korkeiden roottoripurjeiden takaa sääntöjen mukaisesti joka suuntaan, on mahdollista että mastoa joudutaan korottamaan kuten M/V Estradenilla. Maston korottamiseen liittyy tulitöiden lisäksi raskaita nostoja ja kulkuvalojen sähkösaannin järjestäminen.

IMO ja luokituslaitokset ovat asettaneet määräyksiä koskien alusten rakennetta ja sitä, millaisia rasituksia rakenteiden tulee kestää. Tästä syystä ennen roottoripurjeen asentamista alukseen on alukselle tehtävä osittainen rakennetarkastelu jossa tutkitaan onko asennuksen edellytyksenä aluksen rakenteiden vahvistaminen. Norsepowerin liiketoimintaan kuuluu rakennetarkasteluiden tekeminen, ja se voi tehdä sen joko yksin tai yhdessä alihankkijan kanssa. Kun rakennetarkastelu on valmis, se lähetetään luokituslaitokselle tarkistettavaksi, joka hyväksyy sen sellaisenaan, tai vaatii lisämuutoksia. (2.) Aluksen rakenteen vahvistamiseen liittyvät tulitöiden lisäksi maalaustyöt.

Automaatioasennuksiin liittyy mekaaninen toimilaitteiden asentaminen paikoilleen ohjauspaneelin, automaatioyksikön sekä tuuliantureiden osalta, sekä näiden ja roottoripurjeiden välisen datakaapeloinnin järjestäminen. Yksi asennukseen liittyvä työ on myös roottoripurjeen automaation integrointi aluksen järjestelmiin, joka voi tulla kyseeseen, jos aluksessa on entuudestaan sellaisia toimilaitteita, joita voidaan siinä hyödyntää. (2.) Datakaapelivedossa on otettava huomioon samat turvallisuuteen liittyvät asiat kuin 400 voltin sähköasennusten kohdalla, jos kaapeleita viedään vesitiiviiden osastojen lävitse tai niille joudutaan rakentamaan kaapeliratoja (5).

Perusta-asennuksissa tehdään aluksen rakenteeseen muutoksia hitsaamalla maissa koottu roottoripurjeen perusta aluksen runkoon. Perustan nostamisessa alukseen joudutaan käyttämään raskasta nostokalustoa, mitä ennen on suoritettava hitsaukseen liittyvä valmisteleva esityö asennuskohteessa. Perusta-asennuksiin liittyvät myös maalaustyöt, jotka luonnollisesti suoritetaan hitsaustöiden jälkeen. Roottoripurjeen loppuasennus sisältää sen noston alukseen, terästornin ja perustan välisen laippaliitoksen kiinnityksen sekä roottoripurjeelle tulevien kaapelien kytkennät. (2)

4.2 Asennuspaikkojen vertailu

Taulukossa 2. esitettyjen ja kappaleessa 4.1 kuvailtujen asennustöiden toteutumismahdollisuudet ja -rajoitukset vaihtelevat merkittävästi sen mukaan suoritaanko niitä aluksen ollessa meriajossa, satamassa vai telakassa. Nämä vaihtoehdot eroavat toisistaan turvallisuuteen liittyvien määräysten sekä vastuukysymysten, töiden käytännöllisen toteuttamisen sekä asennustöihin liittyvien kustannusten muodostumisen osalta. Asennuspaikan valintaan liittyvät vahvasti myös logistiset kysymykset asennustarvikkeiden toimittamisen sekä työntekijöiden matkustamisen ja majoittumisen osalta. Tämän kappaleen alaosikoiden alle on kerätty edellä mainittuihin asioihin liittyviä yleispiirteisiä asennuksessa huomioitavia tekijöitä, ja kappaleessa 4.3 tarkennetaan sitä miten alustyyppi vaikuttaa näihin.

4.2.1 Meriajo

Roottoripurjeen jälkiasennukseen liittyviä muutostöitä voidaan tehdä osittain meriajon aikana, jos sillä halutaan olevan mahdollisimman pieni vaikutus aluksen telakointiin. Vaikka kaikkea muutostöihin liittyviä töitä ei merellä pystytä suorittamaan, voidaan mahdollisimman pitkälle viedyllä esivalmistelulla säästää säästöjä siitä ajasta, joka jouduttaisiin muuten käyttämään joko telakassa tai satamassa. (6.) Muutostöiden suorittaminen meriajon aikana on silti yleensä hitaampaa telakkaan verrattuna (9).

Kaikkien meriajossa suoritettavien muutostöiden lähtökohtana on, että alus on merikelpoinen ja siellä olevien ihmisten on turvallista olla. Aluksen tulee täyttää kaikki merenkulkua koskevat kansainväliset säädökset, joista SOLAS-yleissopimuksella on suurimmat vaikutukset roottoripurjeen jälkiasentamis-

mahdollisuuteen. (6.) Aluksen miehistön sekä ulkopuolisen työvoiman on työsäännön noudatettava niitä turvallisuusmääräyksiä, mitä aluksen SMS:ssä on säädetty. Tämän opinnäytetyön liitteeseen 1. on koottu roottoripurjeen asentamismahdollisuuksia liikenteessä.

4.2.1.1 SOLAS

SOLAS-yleissopimuksen II-luvussa säädetään alusten vesitiiviistä osastoista, joka rajoittaa kaapelinvetomahdollisuuksia meriajon aikana asettaen esteen kaapelien läpivientieristeiden aukaisulle vesitiiviiden osastojen rajapinnoissa (6). Myös muut vesitiiviit luukut ja aukot, kuten vesitiiviit ovet, tulee pitää meriajon aikana suljettuina, joten niiden toiminta on otettava huomioon, jos muutostöitä päätetään tehdä meriajossa (9). Läpivientien aukaisua rajoittavat myös yleissopimuksen samaan lukuun kirjatut määräykset koskien aluksen paloturvallisuutta (6). Luvussa mainitaan, että aluksen palo-osaston tulenkestävyys ei saa heikentyä sähköjohtojen läpivientien kohdalla (4). Muutostöiden yhteydessä on myös varmistettava, että aluksen palonhavaitsemislaitos pysyy sellaisessa toimintakunnossa, että se kykenee havaitsemaan tulipalon niissä tiloissa, joihin palonhavaitsemislaitteita on asennettu. Myöskään automaattisten palonsammutuslaitteiden, kuten sprinklereiden, toimintaa ei saa rajoittaa. SOLAS-yleissopimuksen III-luku voi asettaa esteitä rahtialuksilla, joiden matkustajakapasiteetti on suunniteltu pieneksi. Tällöin urakointia voi rajoittaa majoitustilojen puute sekä hengenpelastuslaitteiden määrä. (5)

SOLAS-yleissopimuksen I-luvun 4. säännön b-kohtaan on kirjattu lippuvaltion viranomaiselle mahdollisuus myöntää vapautuksia kansainvälisessä liikenteessä oleville aluksille olla noudattamatta II-1, II-2, III ja IV luvun määräyksiä. Säännön mukaan vapautuksia voi saada sellaisissa tapauksissa, joissa aluksen rakenne käsittää uudenlaisia osia, joiden asentaminen käyttöön vaikeutuisi vakavasti, jos kaikkia sääntöjä noudatettaisiin. Erikoisluvan myöntämisen ehtona on kuitenkin, että aluksen riittävä turvallisuus on kokonaisuutena varmistettu. Sen valtion viranomaisen, joka luvan myöntää, on myös varmistettava siitä, että ne valtiot joihin alus liikennöi, hyväksyvät poikkeusluvan. (4.) Luokituslaitokset eivät ota kantaa erikoislupamenettelyyn sen ollessa varustamon ja lippuvaltion viranomaisen välinen asia (5). Sen sijaan vakuutusyhtiöt

voivat olla hyvinkin kiinnostuneita vakuuttamansa aluksen heikentyneestä turvallisuuden tilasta. Siksi varustamon tulisi varmistaa vakuutusyhtiöiden mielipide ennen erikoislupaan tarttumista. (6)

Kolmesta tätä opinnäytetyötä varten haastatellusta varustamon edustajasta yhden varustamossa oli turvauduttu kyseisen poikkeuslupan käyttöön. Poikkeuslupaa oli tällöin käytetty, koska vesitiiviiseen osastoon oli jouduttu tekemään aukko. Kaikki haastatellut olivat kuitenkin lähtökohtaisesti sitä mieltä, että helpoimmalla pääsee, kun välttelee erikoislupamenettelyn kautta toimimista. Asennustyöt tulisi suunnitella niin, että merenkulun turvallisuusmääräykset toteutuvat, jos niitä aiotaan suorittaa alukseen ollessa liikenteessä.

4.2.1.2 Merenkäynti

Merenkäynti on yksi oleellinen muutostöiden toteuttamista rajoittava tekijä. Liikennealueiden välillä on merkittäviä eroja merenkäynnin voimakkuudessa, mutta se ei aseta muita, esimerkiksi lainsäädännöllisiä, rajoitteita asennustöiden kannalta. (6.) Merenkäynnillä on vaikutusta työturvallisuuteen, työn tehokkuuteen sekä käytettäviin menetelmiin. Työturvallisuuteen merenkäynti vaikuttaa esimerkiksi korkeissa paikoissa työskentelemisen sekä raskaiden nostojen suorittamisen osalta. Raskaat irtoesineet on myös pidettävä kiinnitettyinä aluksen kiinteisiin rakenteisiin vaaratilanteiden välttämiseksi. (9.) Mittavat maa- ja laustyöt hankalasti tavoitettavissa paikoissa tulisi jättää telakassa tai satamassa suoritettavaksi työturvallisuussyistä (8). Omien kokemuksieni pohjalta merenkäynti vaikuttaa myös ihmisten henkilökohtaiseen työtehokkuuteen sen mukaan, kuinka helposti henkilö tulee merisairaaksi. Ulkopuolisen työvoiman käyttö meriajon aikana suoritettaviin asennuksiin voi johtaa tilanteeseen, jossa merenkäyntiin tottumaton asentaja joutuu kantamaan oksennusämpäriä mukanaan yhtenä työkalunaan.

Luokituslaitokset eivät normaalisti ota kantaa siihen, miten muutostyöt tulisi toteuttaa paitsi silloin, kun käytetyillä menetelmillä on vaikutusta lopputuloksen laatuun. Näin on esimerkiksi aluksen rakenteen muuttamisen ja roottoripurjeen perusta-asennusten kohdalla. Merenkäynnin aikana aluksen runko on voimakkaasti rasitetussa tilassa, jolloin sen muuttaminen, esimerkiksi hitsaamalla tai polttoleikkaamalla sen osia, voi vaurioittaa sitä. Aluksen rakenteellisia muutostöitä meriajon aikana tulisi siksi välttää. (5)

Vaikka rakenteellisten muutostöiden suorittamista rajoitetaan meriajon aikana, voi roottoripurjeen perusta-asennus olla meriajon aikana mahdollista. Edellytyksenä asennukselle on, että perustan alla sijaitsevat aluksen rakenteet eivät ole merkittävän jännityksen alaisuudessa merenkäynnin aikana. Perusta olisi myös liitettävä alukseen jo ennen merelle lähtöä kunnollisilla väliaikaisilla hit-saussaumoilla, jotta se ei lähtisi luisumaan paikoiltaan ja vaarantaisi näin turvallisuutta. (5)

4.2.1.3 Tulityöt

Tulitöiden suorittaminen aluksilla on aina luvanvaraista toimintaa niillä alueilla, jotka eivät ole merkattu virallisiksi tulityöalueiksi. Tulityölupa myönnetään aina tapauskohtaisesti aluksen SMS:n mukaisella menettelytavalla. Yleinen varustamohaastatteluissa ilmennyt piirre tulitöitä koskien oli, että niitä ei lähtökohtaisesti tulisi meriajon aikana suorittaa. Jos tulitöitä kuitenkin päätetään tehdä liikenteessä, aluksen lastin ominaisuudet on otettava huomioon sekä muutenkin varmistettava yleisellä tasolla kaikkien turvallisuusnäkökulmien täytymisestä.

4.2.1.4 Esivalmistelut

Roottoripurjeen jälkiasentaminen voidaan viedä hyvin pitkälle meriajon aikana. Sähkö- ja automaatioasennuksiin liittyvät mekaaniset toimilaitteasennukset voidaan suorittaa esteettä. Järjestelmään kuuluvien kaapeleiden vetämisestä voidaan tehdä merkittävä määrä, mutta palo- ja vesitiiviiden osastojen läpivientien aukaisuun vaaditaan maan hallinnon viranomaisten lupa. (5.) Kaapelinvetämisessä on otettava huomioon käytännöllisyys, paksujen ja pitkien vahvavirtakaapeleiden ollessa hankalasti käsiteltäviä. Automaatioasennuksiin liittyvät kytkennät voidaan tehdä ongelmitta järjestelmän ollessa jännitteetön, mutta sähköisiä kytkentöjä aluksen pääsähkötauluun ei työturvallisuuteen liittyen ole suositeltava tehdä merellä. (8.) Kaapeliratoja voi rakentaa varustamon ja aluksen turvallisuuskäytänteiden niin salliessa. Jälkiasennukseen liittyvissä maalaustöissä kannattaa huomioida se, että meriajon aikana on hankala maalata ruiskulla, jolla saavutetaan parempi maalauksen laatu verrattuna telalla ja pensselillä maalaamiseen. (6.) Meriajon aikana voidaan myös hiekkapuhalttaa, joka voisi tulla kyseeseen silloin kun perusta-asennus on määrä suorittaa satamassa (8).

4.2.2 Satama

4.2.2.1 Logistiikka ja satamakustannukset

Jos roottoripurjeen asennustöitä tehdään satamassa, voi olla loogisinta suorittaa asennus sellaisessa satamassa, joka on aluksen normaalilla reitillä. Roottoripurjeen sekä muiden asennustarvikkeiden kuljetuskustannukset määräytyvät merimatkan tai maakuljetuksen pituuden mukaan, johon sataman sijainnilla on luonnollinen vaikutus. Jos aluksen reitillä olevien satamien välimatkat ovat pitkät, tulevat urakoitsijoiden valinnassa kyseeseen työntekijöiden matkustamiseen ja majoittumiseen liittyvät kulut. Koska eri satamissa on käytettävissä erilaiset nostolaitteet, voidaan myös olettaa että myös nostoon liittyvät kustannukset vaihtelevat satamittain.

Satamakäynnin kustannuksia ei tarvitse huomioida jälkiasennusmenetelmien optimoinnissa sen aluksen osalta johon roottoripurje asennetaan, jos asennustyöt pystytään suorittamaan häiritsemättä aluksen lastioperaatioita tai normaalia aikataulua. Satamamaksuja on syytä tarkastella sen kuljetusaluksen osalta, jolla roottoripurje toimitetaan meriteitse asennussatamaan hakurahtina, sillä satamien hinnoitteluissa voi olla eroja. (10)

Aluksen satamakäyntiin liittyviä kustannuksia ovat väylä-, laitur-, kiinnitys- ja irrotusmaksut sekä tavarantoimittajan ja lastinkäsittelymaksut. Alusten on maksettava väylämaksuja valtiovesireittien käyttämisestä, ja niiden suuruus määräytyy Suomessa aluksen jääluokan sekä nettovetoisuuden mukaan, ja väylämaksut eroavat toisistaan lastialusten ja matkustaja-alusten kohdalla. Laiturimaksujen hinnoitteluperiaate riippuu aluksen rahtausmuodosta. Hakurahtiliikenteen, johon roottoripurjeen kuljettaminen sisältyy, laiturimaksut määräytyvät suoraan laiturissa käytettyjen tuntien mukaan. Laivan kiinnittämiseen ja irrottamiseen liittyvät työt hinnoitellaan erikseen, mutta niiden osuus kokonaiskustannuksista on häviävän pieni. Tavara- ja lastinkäsittely voidaan hinnoitella joko lastin painon, tilavuuden tai kappaleiden mukaan. Lisäkustannuksiin lukeutuvat mahdolliset hinauspalvelut joita joudutaan käyttämään. Aluksen siftaukseseen, eli aluksen siirtämiseen sataman sisällä laituripaikasta toiseen sen oman propulsiolaitteiston voimin, ei kuulu muita kustannuksia kuin aluksen kiinnitys- ja irrotusmaksut. (10)

4.2.2.2 Työturvallisuus

Kun aluksella, joka on satama-alueella, tehdään töitä, on sen oman SMS:n lisäksi noudatettava sataman työturvallisuusmääräyksiä. Tämä voi rajoittaa roottoripurjeen asennusmahdollisuuksia satamakohtaisesti etenkin tulitöiden suorittamisen osalta ja se on siksi huomioitava roottoripurjeen jälkiasennuksen suunnittelussa. Tulityöluopien saaminen EX-merkityille alueille, joita ovat esimerkiksi öljyterminaalit, voi olla vaikeaa töille, jotka voidaan suorittaa muuallakin. (10)

Kun alus on satamassa, sen lasketaan olevaan normaalissa liikenteessä, jolloin sen on noudatettava SOLAS-yleissopimusta. Palo- ja vesitiiviiden laipioiden heikentäminen kaapelien läpivientien aukaisemisen osalta vaatii yhtälailla erikoisluvan viranomaisilta. (5.) Toisaalta erikoisluvan saaminen voi olla helppoa, jos alus ei poistu satamasta, sillä viranomaisen ei erikoislupaa koskevan SOLAS-säännön mukaan tarvitse olla yhteydessä muihin valtioihin. Lisäksi aluksen riski joutua merihätään on satamassa huomattavasti pienempi kuin avomerellä.

4.2.2.3 Roottoripurjeen asennusmahdollisuudet

Tätä opinnäytetyötä varten haastatellut varustamoiden edustajat arvioivat, että koko roottoripurjeen jälkiasentaminen alukseen voi olla mahdollista suorittaa satamassa. Tällöin aluksen tulisi viettää satamassa tarpeellinen määrä huoltopäiviä, mielellään yhtämittaisesti, jotta muutostöiden toteuttaminen olisi mahdollista. Esimerkiksi kulkuvalomuutosten kohdalle olisi syytä varata aluksen normaalia satamavierailua enemmän aikaa. Yhtämittaisen huoltoseisokin etu olisi, että urakoitsijoiden työ helpottuisi, kun heidän ei tarvitsisi keskeyttää töitensä aina aluksen lähtiessä liikkeelle.

Aluksen huoltopäivät satamassa ovat huomattavasti telakkapäiviä edullisempia, eikä alusta kannata telakoida pelkästään roottoripurjeen asennusta varten. Satama, jossa huoltoja tehdään, tulee valita sellaiseksi, että siellä saa olla pitkään, eivätkä sen turvallisuusmääräykset rajoita työntekoa. Satamakohtaisia työrajoituksia liittyy tulitöiden lisäksi maalaustöihin sekä hiekkapuhaltamiseen: kaikissa satamissa ei saa ruiskumaalata eikä tehdä hiekkapuhallustöitä. (8)

4.2.3 Telakka

Luokituslaitokset edellyttävät, että alukset on telakoitava viisivuotiskauden aikana vähintään kaksi kertaa niin, että näiden kertojen aikaväli ei ylitä 36 kuukautta (11). Varustamot voivat tarpeensa mukaan telakoida aluksiaan useammin, mutta alusten telakointikustannukset ovat niin suuria, että ylimääräinen aluksen telakointi vaatii painavan syyn.

Aluksen normaalia telakointia kannattaa hyödyntää roottoripurjeen jälkiasennuksessa silloin, kun se vain on mahdollista. Tällöin varustamon on varmistuttava telakointiin liittyvän työsuunnittelun osalta siitä, että roottoripurjeen asentamiseen liittyvissä muutostöissä urakoitsijoiden työt eivät osu päällekkäin minkään aluksen korjauserittelyyn merkityn työn kanssa. Tehokkaan jälkiasennuksen kannalta voi olla järkevää, että kaikki roottoripurjeet jotka alukseen on määrä asentaa, asennetaan saman telakoinnin aikana. (6)

Alusten muutostöihin liittyvä työskentely on huomattavasti tehokkaampaa telakassa kuin merellä tai satamassa, koska siellä voidaan suorittaa kaikkia asennustöitä päivin ja öin (9). Tämän lisäksi aluksen ei tarvitse telakassa noudattaa merenkulun kansainvälisten sopimusten täyttymistä töiden aikana. Kun alus telakoidaan, korjauksiin ja muutostöihin liittyvät työturvallisuusmenettelyt siirtyvät sen omasta SMS:stä telakan SMS:ään. (12)

4.3 Alustyyppikohtaiset tarkennukset

4.3.1 Irtolastialukset

Irtolastialuksilla voidaan kuljettaa lukuisia erilaisia hyödykkeitä, joiden ominaisuudet vaikuttavat alusturvallisuuteen hyvin erilaisella tavalla verrattuna aluksiin, jotka kuljettavat kappaletavaraa tai kontteja. Useilla hyödykkeillä on ominaisuus hapettua, mikä johtaa happikatoon ruumassa, ja näin aiheuttaa ihmisille vaaran tukehtumiskuolemaan. Tällaisiin hyödykkeisiin kuuluvat esimerkiksi vihannekset, puutavara, rautametallit sekä hiili. Joistain hyödykkeistä puolestaan haihtuu, etenkin kastuessaan, myrkyllisiä höyryjä ja jotkin ovat puolestaan kastuessaan syövyttäviä. Hyvin monelle hyödykkeelle on tyypillistä pölyäminen, joka aiheuttaa lastin luonteesta riippuen terveyshaittoja tai räjähdysvaaraan. Vaaraa-aiheuttavia ominaisuuksia on näiden lisäksi useita muitakin, joista kaikki on koottu IMO:n julkaisemaan IMSBC-koodiin tuotteittain. Kyseisen koodin tarkoitus on antaa ohjeet turvalliseen irtolastin kuljettamiselle

merenkulussa. Irtolastialuksilla työskentelevien henkilöiden on joka tilanteessa tunnettava kuljetettavan lastin ominaisuudet, jotta aluksella on turvallista työkennellä. (13.) Lastin ominaisuudet vaikuttavat myös merkittävästi muutostöihin liittyvään työsuunnitteluun (8).

Irtotavaralastina kuljetettavat hyödykkeet voidaan jakaa vaarattomiin tai vaarallisiin sen mukaan, liittykö niiden kuljettamiseen erityistoimenpiteitä. Kivilasti on yksi esimerkki vaaraa-aiheuttamattomasta lastista. Kaikki vaaralliset aluksilla kuljetettavat lastit on luokiteltu IMDG-koodissa jota IMSBC-koodissa täydennetään vastaamaan paremmin irtolastialuksia. (13)

IMSBC-koodissa irtolasit luokitellaan kolmeen ryhmään, joita ovat A, B ja C. A-ryhmään kuuluvat hyödykkeet, jotka voivat muuttua nestemäiseksi kostuessaan riittävästi. B-ryhmään kuuluvat hyödykkeet, joiden kemialliset ominaisuudet voivat aiheuttaa vaaratilanteen aluksella. C-ryhmän hyödykkeet eivät täytä A- eikä B-ryhmän ominaisuuksia. Hyödyke, joka ei ole IMDG-koodin mukaan vaarallinen aine, voi olla irtolastina vaarallinen aine. Tällainen hyödyke luokitellaan MHB-luokkaan. (13)

Roottoripurjeen jälkiasennusmenetelmien kannalta A- ja C-ryhmän hyödykkeet ovat luonteeltaan sellaisia, että tämän työn kappaleessa 4.2 esitetyt yleiset asennustöihin pätevät säännöt voidaan olettaa kattavan näitä kuljettavat irtolastialukset. Sen sijaan B-ryhmän hyödykkeiden vaikutusta roottoripurjeen asentamiseen on syytä tarkastella tarkemmin. Valitsin kivihillen esimerkiksi, koska se on tyypillinen irtolastialuksilla kuljetettava tällainen hyödyke.

4.3.1.1 Kivihilli irtotavaralastina

Kivihilli on koostumukseltaan kiinteää ja muodostuu amorfisesta hiilestä sekä hiilivedyistä. Se on MHB-luokiteltu hyödyke ja sen ryhmäluokitus on B (ja A). Se luokitellaan palavaksi aineeksi, josta voi haihtua metaania sekä vetyä, jotka ilmaan sekoittuessaan voivat muodostaa syttymisherkin kaasuseoksen. Metaani/ilma –seos, joka sisältää 5...16% metaania kokonaistilavuudesta, on räjähdysherkkä, ja vety/ilma –seokselle vastaavat lukemat ovat 4...75%. Kivihillellä on myös ominaisuus hapettua, mikä johtaa irtolastialuksilla hapen määrän laskemiseen sekä hiilidioksidin ja hään määrän nousemiseen ruumati-loissa. Myös häkä muodostaa ilman kanssa räjähtävän kaasuseoksen, jos hä-

kää on kokonaistilavuudesta 12...75%. Hapettumisessa vapautuu myös lämpöä, mikä voi johtaa kivihiililastin itsestään lämpenemiseen, mikä jatkuessaan voi johtaa koko lastin itsestään syttymiseen. Kivihiili voi myös syövyttää teräsrakenteita sekä kostuessaan muuttua nestemäiseksi, mikä voi äärimmäisessä tapauksessa aiheuttaa aluksen kaatumisen. (13)

Tarkat paloturvallisuusmääräykset rajoittavat roottoripurjeen jälkiasennusmahdollisuuksia. Ne poissulkevat tulitöitä sisältävien töiden teon meriajon sekä satamaoperaatioiden aikana lastin syttymisominaisuuksien johdosta. Tupakointi tai avotulen tekeminen ei ole sallittua lastialueella eikä sen läheisyydessä. Tulitöiden suorittaminen lastitilojen läheisissä tiloissa ei ole sallittua, ellei tilaa tuuleteta kunnolla ja tilan metaanipitoisuutta mitata. Tulitöitä ei tulisi suorittaa satamaoperaatioiden aikana, sillä ilmassa on runsaasti syttymisherkkää pölyä ja kaasua. Ruumatilojen tyhjentämisen, puhdistamisen ja metaanipitoisuuksien mittaamisen jälkeen aluksella on mahdollista tehdä tulitöitä muuallakin kuin yleisellä tulityöpaikalla. (13)

4.3.1.2 Lastin pölyäminen ja maalaustyöt

Sen lisäksi, että pölyävä lasti saattaa aiheuttaa terveyshaittoja ihmiselle, se rajoittaa maalaustöiden tekemistä aluksilla. Satamassa lastioperaatioiden aikana pölyä on ilmassa eniten, joten maalaustyöt joudutaan suorittamaan meriajon aikana tai telakassa. Merellä maalaaminen edellyttää, että merimatkan pituus on sellainen, että maali ehtii kuivua ennen satamaan saapumista. (8)

4.3.2 Ro-ro-alukset

Roottoripurjeen jälkiasentamisessa ro-ro-aluksiin ei liity erityispiirteitä kappaleessa 4.2 ja liitteessä 1. esitettyihin turvallisuusnäkökulmiin tai lainsäädäntöön. Käytännön töitä saattaa kuitenkin rajoittaa tilanpuute, jos aluksella on paljon lastia kuljetettavanaan. Ro-ro-aluksilla kulkee myös usein matkustajina rekkakuskeja, jotka tuovat varustamolle tuloja. Tämä voi rajoittaa ulkopuolisen työvoiman käyttämistä meriajon aikana, sillä matkustaja-paikkojen määrä on yleensä rajattu kahteentoista. (6)

4.3.3 Öljysäiliöalukset

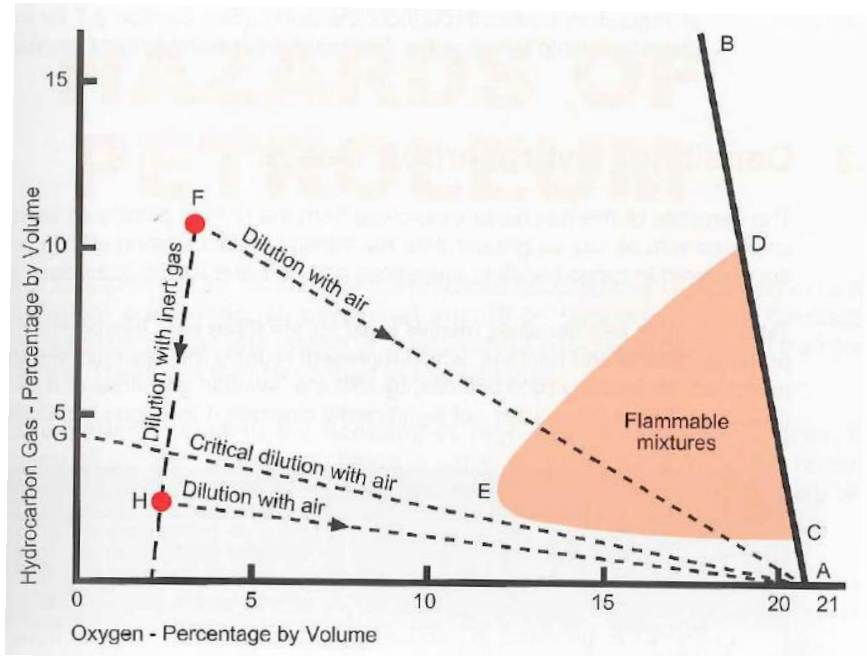
Öljysäiliöalusten rakenteellisten turvallisuusmääräysten, joista säädetään SOLAS-yleissopimuksessa ja luokituslaitosten taholta, lisäksi on laadittu operatiivisia ohjeita aluksella työskentelyä koskien. Tärkeimmäksi turvallisuuskäytäntöjen viitekehykseksi on muodostunut ISM-koodin ohella ISGOTT, jonka on laatinut alan toimijoiden yhteisöt ICS, OCIMF ja IAPH. ISGOTT antaa suositukset raaka-öljyn ja petrolituotteiden turvalliseen kuljettamiseen ja käsittelyyn ja ottaa kantaa siihen, kuinka ISM-koodia tulisi soveltaa öljysäiliöaluksilla: se ei kerro tarkalleen, kuinka tankkeri- ja terminaalioperaatiot tulee suorittaa, vaan kuvailee töihin liittyviä eri turvallisuusnäkökulmia ja antaa opastusta niiden hallintamahdollisuuksista. Öljytuotteiden vaaraa-aiheuttavia ominaisuuksia on tunnettava, jotta voidaan ymmärtää niiden käsittelyyn liittyviä turvallisuuskäytäntöjä. Näistä ominaisuuksista tärkeimmät ovat höyrynpaine sekä nesteestä muodostuneen kaasun syttyvyys ja tiheys. (12)

Raaka-öljy ja tyypillisimmät petrolituotteet koostuvat useista eri hiilivety-yhdisteistä, joiden kemialliset ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Näiden yhdisteiden kiehumispisteet vaihtelevat välillä -162°C ... 400°C , ja näin ollen öljyseoksen haihtuvuusominaisuudet määräytyvät pääosin sen mukaan, millaisessa suhteessa eri hiilivety-yhdisteitä seoksessa on. Öljyseoksen haihtuvuutta kuvaa sen höyrynpaine, mikä vaihtelee lämpötilan mukaan. Mitä suurempi höyrynpaine on, sitä enemmän neste muodostaa kaasua. Suljetussa tilassa säilyttäessä neste kaasuuntuu niin kauan, kunnes tila on nesteen lämpötilaa vastavassa höyrynpaineessa, jolloin kaasun molekyylit siirtyvät yhtä nopeasti nesteeseen kuin nesteestä siirtyvät molekyylit kaasuun. (12)

Öljyn palamisprosessissa kaasuuntuneet hiilivety-yhdisteet reagoivat ilman hapen kanssa muodostaen hiilidioksidia ja vettä. Tässä reaktiossa syntyy myös lämpöä, joka riittää nostamaan öljyn nestepinnan lämpötilaa niin, että nesteen haihtuminen kiihtyy. Nämä uudet hiilivety-yhdisteiden kaasut yhdistyvät taas ilman hapen kanssa, ja tämä jatkuva ketjureaktio ylläpitää palamisprosessia. (12)

Hiilivety-yhdisteiden ja ilman muodostama kaasuseos ei voi syttyä tuleen, ellei se ole konsentraatioltaan syttyvyysrajojen sisällä. Syttyvyysrajojen alapuolisen rajan, englanninkielinen lyhenne LFL, alla hiilivety-yhdisteiden määrä kaasussa ei riitä levittämään palamisreaktiota kaasun sisällä, kun taas yläpuolisen

syttymisrajan yläpuolella, englanninkielinen lyhenne UFL, hiilivety-yhdisteitä on liian paljon suhteessa tarjolla olevaan palamisilmaan. Kuvassa 5. on esitettyä hiilivety-yhdisteitä sisältävän ilman syttymisrajat konsentraation vaihdellessa. (12)



Kuva 5. Syttymisrajadiagrammi hiilivedystä, ilmasta ja inertikaasusta koostuvalle seokselle. (12)

Taulukossa 2. on esitetty öljytuotteista höyrystyvän kaasun suhteellinen tiheys ilmaan nähden. Näiden kaasujen tiheyden ollessa suurempi kuin ilman seuraa, että ilmaseoksessa se painuu ympäröivän tilan pohjalle. Tämä kohottaa vaaratilanteiden riskiä, koska kaasutaskuja voi muodostua aluksella arvaamattomiin paikkoihin. (12)

Taulukko 2. Hiilivetykaasujen suhteellinen tiheys ilmaan nähden. (12)

| | <i>Puhdas hiilivety</i> | <i>50% tilavuudesta hiilivetyjä / 50% tilavuudesta ilmaa</i> |
|-----------------|-------------------------|--|
| Propaani | 1,55 | 1,25 |
| Butaani | 2 | 1,5 |
| Pentaani | 2,5 | 1,8 |

Tulipalon ja räjähdysen mahdollisuuden ehkäisemiseksi öljysäiliöaluksilla tulee varmistua siitä, että syttymisen lähde ja syttymiskelpoinen kaasuseos eivät ole samassa paikassa samaan aikaan. Usein tilanne on se, että ei ole mahdollista poistaa kumpaakin tekijää samanaikaisesti, jolloin on keskityttävä vain

toisen näistä eliminoimiseen. Korkeimman riskin alueet öljysäiliöaluksilla, joissa tulee aina olettaa olevan hiilivetykaasuja ilmassa, ovat lastiosastot, pumppuhuoneet ja sääkansi. Turvallisuuden kannalta on erittäin tärkeää, että näille alueille ei tuoda, tai ei tehdä, mitään, mikä voisi aiheuttaa hiilivetykaasujen syttymistä. Aluksen ilmastoiduilla osastoilla puolestaan vaaditaan aina pidettävän yllä pientä ylipainetta ympäröivään ulkoilmaan nähden, jotta syttyviä kaasuseoksia ei pääsisi sisälle. Esimerkiksi aluksen keittiöstä ei pystytä eliminoimaan kaikkia hiilivetykaasujen syttymistä mahdollistavia lähteitä, joten ainoaksi mahdolliseksi eliminointitavaksi jää näiden kaasujen pääsyn estäminen kyseiseen tilaan. (12)

Öljysäiliöaluksilla on tapahtunut lukuisia tulipaloja ja räjähdyksiä. Ne ovat usein saaneet alkunsa tulitöistä, joita on tehty sellaisten tilojen lähellä, joissa on ollut, tai jotka ovat sisältäneet, syttymisherkkiä kaasuja tai öljyseoksia, jotka muodostavat niitä. Tästä johtuen tulitöitä tulisi tehdä tällaisten tilojen lähellä vain silloin, kun mitään muuta käytännöllistä tapaa suorittaa korjauksia tai muutostöitä ei ole. Ennen tulitöihin ryhtymistä on suoritettava siihen liittyvä riskinarviointi ja laadittava kirjallinen työsuunnitelma, jota jokaisen on tarkasti noudatettava. Korkeimpien riskien alueille, kuten sääkannella tankkien päällä, tulityölupaa ei tulisi myöntää lasti- ja painolastioperaatioiden eikä tankkien pesemisen, kaasuvapaaksi tekemisen, tuulettamisen eikä suojakaasulla täyttämisen aikana. (12)

Lastitankkien yläpuolella on mahdollista tehdä tulitöitä, jos työkohteen alapuolella oleva tankki tehdään kaasuvapaaksi. Lisäksi kaikki lastitankit 30 metrin säteellä työkohteesta tulee käsitellä jollakin seuraavista tavoista:

- Tankki pestään ja tehdään kaasuvapaaksi
- Tankki täytetään kokonaan vedellä
- Tankki tyhjenetään lastista, tuuletetaan, mitataan alle 2% hiilivetypitoisuus tankin sisällä, jonka jälkeen tankki täytetään suojakaasulla

Kaasuvapaaksi lasketaan tila jonka hiilivety-yhdistepitoisuus ilmassa on alle 1% siitä pitoisuudesta mitä se olisi LFL-rajalla, ja jonka happipitoisuus on 21% tilavuudesta. (12)

Tiukat turvallisuuskäytännöt öljysäiliöaluksilla rajoittavat roottoripurjeen jälki-asennusmahdollisuuksia aluksen normaalin operoinnin aikana meriajossa ja

satamassa, koska tulitöiden suorittamisella on suuri vaikutus aluksen normaaliin arkeen ja operointiin. Tulityöt öljysatamissa, joissa alus normaalisti vieraillee, eivät ole ongelmattomia, vaikka työkohte aluksella tehtäisiin turvallisiksi, sillä satamien omat turvallisuuskäytänteet rajoittavat töiden suorittamista.

Roottoripurje voisi määräysten pohjalta olla mahdollista asentaa öljysäiliöalukseen kokonaan telakan ulkopuolella. Jos alus valmisteltaisiin siihen kuntoon, että tulitöitä voidaan tehdä aluksella, ja se olisi satamassa, jossa tulityömääräykset eivät ole töitä rajoittamassa, niin mikään lainsäädäntö ei rajoittaisi esimerkiksi roottoripurjeen perusta-asennusten tekemistä. Tällaisen huoltoseisokin järjestäminen voi olla kuitenkin hankalaa, jos aluksella on normaalisti paljon lastia kuljetettavanaan. Todennäköisintä onkin, että roottoripurje kannattaisi asentaa öljysäiliöalukseen telakoinnin aikana.

4.3.4 Risteilyalukset

Matkustajamukavuus on oleellinen asia, joka on huomioitava risteilijäalusten kohdalla työsuunnittelussa. Siitä huolehtiminen on hyvin varustamokohtaista, eikä niillä yleensä ole mitään jäykkiä määräyksiä sitä koskien. Asennustöissä tulee ottaa huomioon, ettei tulitöiden yhteydessä muodostuva savu kantaudu aluksen sisätiloihin, eikä kovaäänisiä töitä tehdä esimerkiksi kokoustilojen lähellä niiden ollessa käytössä. (9)

Vaikka matkustajamukavuus on otettava risteilijöillä huomioon, niissä tehdään hyvin paljon muutostöitä meriajon aikana ja satamassa. Näin ollen myös roottoripurjeen asentamiseen liittyviä esivalmisteluita voi tehdä toimilaitteasennusten ja kaapelienvedon osalta hyvin pitkälle aluksen ollessa merellä tai satamassa. Tulitöitä ei saa tehdä meriajossa, joten ne on tehtävä joko satamassa tai telakassa. Roottoripurjeen jälkiasennus risteilijäänkin voi olla mahdollista ilman että alusta telakoidaan. Tällöin olisi järjestettävä riittävän pitkä huoltoseisokki satamassa, jotta tarvittavat tulityöt voitaisiin tehdä ilman, että niitä tarvitsisi keskeyttää aluksen merelle lähdön vuoksi. (9)

Risteilijöitä omistaville varustamoille on äärimmäisen tärkeää pysyä asiakkaille ilmoitetussa aikataulussa. Matkojen peruminen johtaa varustamon imago tappioon, joten esimerkiksi aluksen telakointi on suunniteltava erittäin tarkasti, eikä huoltoihin käytettävää aikaa saa suunnitella liian tiukaksi. (9)

5 LOPPUNOSTO

5.1 Nostojen suunnittelu

Roottoripurjeen nostaminen alukseen edellyttää raskaan nostokaluston käyttöä. Tämä nosto ostetaan palveluna urakoitsijalta, jonka laitteet soveltuvat nostotyön suorittamiseen. Satamaoperaattorit ja ajoneuvonosturiyritykset kattavat suurimman osan mahdollisista urakoitsijoista, mutta joissain tapauksissa noston voi suorittaa myös yhtiö, joka omistaa proomunostureita.

Nostolaitteilla suoritettavat nostotyöt on suunniteltava tapauskohtaisesti siten, että käytettävä nostolaite on käyttötarkoitukseen sopiva ja suoritusarvoiltaan riittävä. Noston suorittamiseen on varattava riittävästi tilaa, ja nostolaite on sijoitettava kantavalle ja tasaiselle alustalle sen kaatumisen välttämiseksi työn aikana. Nostoissa käytettyjen nostoapuvälineiden tulee olla tarkoitukseen sopivat. Myös työntekijöiden turvallisuus on otettava huomioon nostojen suunnittelussa. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei taakan alla tai vaara-alueella tarpeettomasti liikuta noston aikana. (14)

Kirjallinen nostotyösuunnitelma vaaditaan jos nostotyö luokitellaan vaikeaksi nostotyöksi. Jos nostolaitteen käyttäjällä ei ole jatkuvaa näköyhteyttä taakaan noston aikana, on käyttäjän apuna oltava merkinantaja. Nostotöissä on yleisesti ottaen noudatettava erityistä huolellisuutta taakan putoamisen ja hajoamisen estämiseksi. Sääolosuhteiden vaikutus noston suorittamiseen on myös otettava huomioon nostotyön turvallisuutta arvioitaessa. (15)

5.2 Nosto satamassa

Kun aluksen on määrä saapua satamaan, satama määrää alukselle laituripaikan käsiteltävän lastin mukaan siten, että lastinkäsittely- ja nostolaitteet ovat oikeat. Suomen satamissa harvoilla aluksilla on mitään sopimuksiin perustuvaa vakinaista laituripaikkaa, mutta vähäisen laivaliikenteen, verrattuna esimerkiksi Pohjanmeren rannikkovaltioihin, vuoksi laituripaikkojen on tapana vakiintua käytännön tasolla. Jos Suomen satamissa vieraileva alus tarvitsee vakiintuneesta laituripaikasta poikkeavan laituripaikan, esimerkiksi erikoisnoston vuoksi, sen pitäisi olla mahdollista ilman laituripaikkaan liittyviä lisäkustannuksia. Näissä tapauksissa varustamon on otettava hyvissä ajoin yhteyttä satamaan, jotta tarvittavat satamajärjestelyt pystytään toteuttamaan. (10)

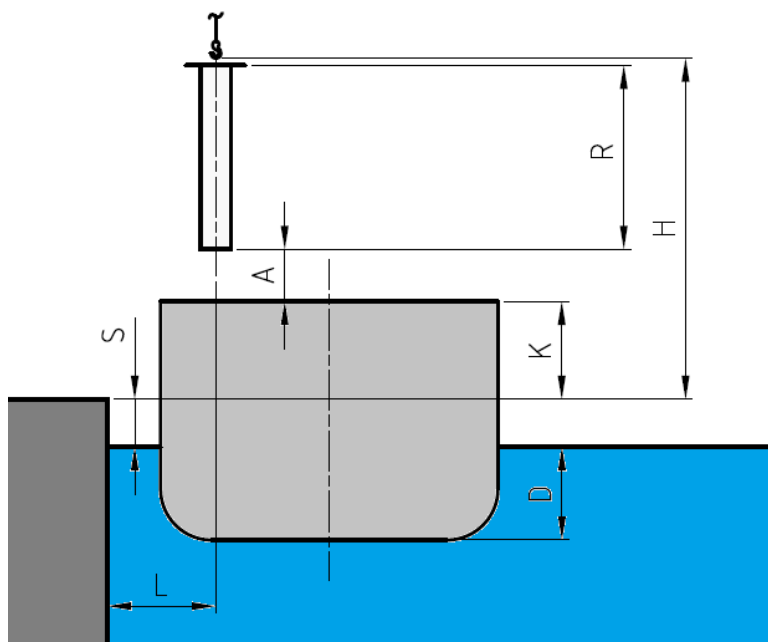
Roottoripurjeen nosto alukseen voidaan suorittaa satamassa satamaoperaattoreiden, ajoneuvonosturiurakoitsijoiden tai proomunostopalveluiden tarjoajien toimesta. Satamaoperaattoreiden käytettävissä oleva nostokalusto vaihtelee satamakohtaisesti, mutta yleisimmät niiden käyttämät nostolaitetyypit ovat satamamobiilinnosturit, STS–nosturit ja nivelpuominosturit. (16.) Ajoneuvonosturiurakoitsijoilla on laaja valikoima erikokoisia ajoneuvonostureita. Proomunostopalveluita voidaan joutua käyttämään erikoistapauksissa.

Kun roottoripurjeen nosto tehdään maista, tulee nosturin valinnassa ottaa huomioon kuvassa 7. esitetyt mitat sekä taulukossa 2. esitetyt roottoripurjeen tekniset tiedot. Näitä mittoja on verrattava tarkasteltavan nosturin nostotaulukoon, josta nähdään onko nosto mahdollinen kyseisellä laitteella.

Taulukko 3. Eri roottoripurjekokojen päämitat taulukoituna, missä D on roottorin rungon halkaisija, $D_{\text{top plate}}$ ylälevyn halkaisija, H korkeus ja m paino. (2)

| D [m] | $D_{\text{top plate}}$ [m] | H [m] | m [t] |
|-------|----------------------------|-------|-------|
| 3 | 5 | 18 | 22 |
| 4 | 6,7 | 24 | 29 |
| 5 | 8,3 | 30 | 45 |

Tärkeimmät nostolaitteen valintaan vaikuttavat mitat ovat useimmissa tapauksissa lenkkikorkeus [H] ja etäisyys [L]. Nämä mitat vaikuttavat suoraan vaadittuun nosturin kokoon: nostolaitteiden nostokyky heikkenee, mitä etäämmälle kappaletta on nostettava nostolaitteesta, ja nostokorkeus riippuu luonnollisesti nosturin puomin pituudesta.



Kuva 6. Satamassa tapahtuvaan nostoon liittyvät tärkeät mitat. Symbolit on selitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Kuvassa 6. esitettyjen merkintöjen selitykset.

| Kirjainsymboli | Selitys |
|----------------|--|
| R | Roottoripurjeen korkeus |
| H | Vaadittu nostolaitteen lenkkikorkeus |
| A | Roottoripurjeen alaosan ja aluksen kannen välinen pystysuora nostovara |
| K | Nostoalustan pystysuora etäisyys laituritasosta |
| D | Aluksen syväys nostohetkellä |
| L | Nostoalustan horisontaalinen etäisyys laiturin reunasta |
| S | Laituritason ja vedenpinnan välinen etäisyys |

Kuvassa 6. esitettyyn nostossa vaadittavaan lenkkikorkeuteen [H] vaikuttaa roottoripurjeen korkeus [R], aluksen syväys nostohetkellä [D], laituritason ja vedenpinnan välinen etäisyys [S], nostoalustan pystysuora etäisyys laiturin tasosta [K] ja roottoripurjeen alaosan ja aluksen kannen väliin jätettävä nostovara [A]. On huomattava, että näistä mitoista ainoa kiinteänä pysyvä mitta on roottoripurjeen korkeus [R]. Tästä johtuen vaadittuun lenkkikorkeuteen [H] on mahdollista vaikuttaa merkittävästi nostotyön suunnitteluvaiheessa. Aluksen syväys vaihtelee sillä olevan lastin, polttoaineen ja painolastin määrän sekä meriveden suolapitoisuuden mukaan. Esimerkiksi panamax-luokan aluksilla syvyyksen ero tyhjän- ja täyteen lastatun välillä on tyypillisesti yli kymmenen metriä. Mittaan [S] puolestaan vaikuttaa satamakohtaisesti vuorovesi-ilmiö, jonka vaikutus esimerkiksi Ranskassa Le Havren satamassa on parhaimmillaan kahdeksan metrin ja luoteen välillä (17). Lisäksi eri satamien laitureiden tekniset mitat ovat erilaisia, mikä osaltaan vaikuttaa [S] mittaan. Mitan

[A] määrittelee nostotyön suunnittelija, joka arvioi, millainen turvaväli on tarpeellinen nostotyön turvallisen suorittamisen kannalta.

Jos nostolaite ei ole kiinteä satamanosturi, on laiturin kantokyky arvioitava. Esimerkiksi HaminaKotka Satama Oy:n Hietasen ro-ro-laitureissa on paikkoja, joissa laiturin reuna on heikko. Jos nosto halutaan suorittaa tällaiselta kohdalta, on nostolaite asemoitava riittävän etäälle laiturin reunalta, jotta laiturilla ei sorru kesken noston. Mussalon irtolastisatamassa sen sijaan laiturirakenteet ovat erittäin vahvat, ja niiden reunat kestävät siirreltäviä nostolaitteita hyvin.

(16)

5.3 Loppuasennukseen soveltuvat nostolaitetyypit

Tässä luvussa tarkastellaan niiden nostolaitetyyppien ominaisuuksia, joilla roottoripurje on mahdollista nostaa alukseen. Nostolaittekohtaisten teknisten tietojen, kuten nostokyky, –etäisyys ja –korkeus, lisäksi on pyritty selvittämään tyyppikohtaiset käytön kustannukset sekä asiat joita on otettava huomioon nostotyön toteutuksessa. Tarkastelun kohteena ovat maantieajoneuvonosturit, satama-ajoneuvonosturit, STS–nosturit, nivelpuominosturit ja proomunosturit.

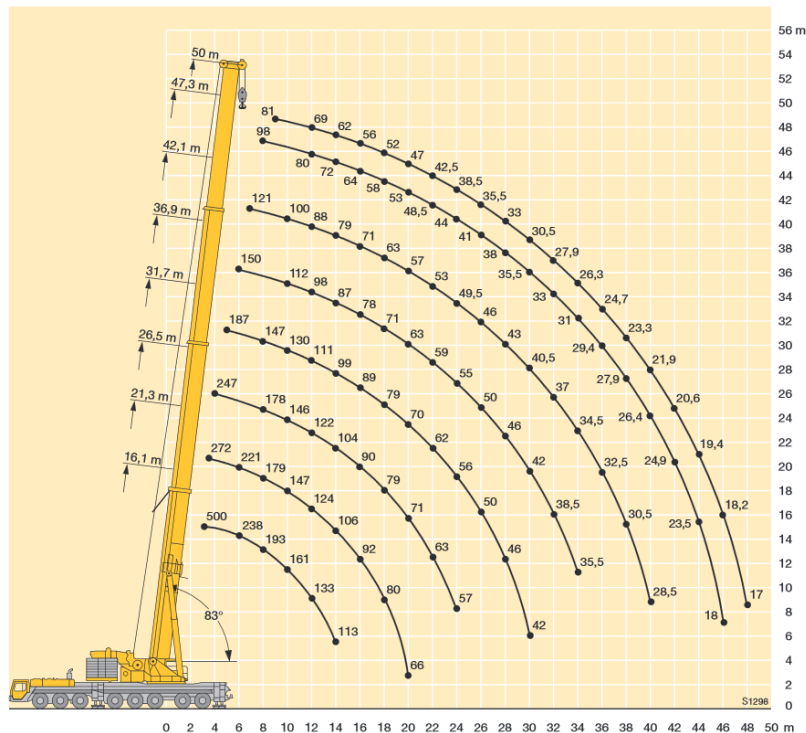
5.3.1 Maantiekäyttöiset ajoneuvonosturit

Ajoneuvonostureiksi määritellään pyörillä tai telaketjuilla varustetut nosturit, joita voidaan vapaasti siirtää paikasta toiseen niiden omien voimakoneiden avulla (18). Tässä kappaleessa käsitellään vain pyörillä kulkevia maantiekäyttöön rekisteröityjä ajoneuvonostureita, sillä ne ovat monipuolisia käyttöominaisuuksiltaan ja niiden palveluntarjoajia on useita.

Kyseisen nostolaitetyypin puomi on hydraulinen teleskooppisylinteri, joka mahdollistaa nostosäteen säätämisen. Nostosäteestä ja nostettavasta kuormasta riippuen on käytettävä vastapainoja, jotka ovat ajoneuvonostureiden yksi tärkeä osa. Nostosädettä voidaan kasvattaa ristikkopuomilla, joka kuuluu ajoneuvonosturin lisävarusteisiin, mutta sen käyttäminen alentaa merkittävästi sallittua taakan painoa.

Laitteen nostokyky ilmoitetaan tonneina minkä laite kykenee nostamaan lyhimmällä nostosäteellään. Toinen tärkeä tieto on puomin pituus ääriasemassaan. Kuvassa 7. on esitetty Liebherr LTM 1500 ajoneuvonosturin nostotau-

lukko, josta selviää sallittu taakan paino tonneina eri pysty- ja vaakasuuntai-
silla etäisyyksillä mobiilinosturista. Kyseisen nostolaitteen nostokyky on 500
tonnia, minkä voi havaita nostotaulukon pisteestä (3 m, 15 m).



Kuva 7. Liebherr LTM-1500:n nostotaulukko. (19)

Ajoneuvonostureilla suoritettavien nostotöiden hinnoitteluun liittyy monta eri tekijää, mikä hankaloittaa vuokraamisesta koituvien kulujen arviointia. Yleis-
tään voidaan sanoa, että mitä suurempi nostolaite tarvitaan noston suorittami-
seen, sitä suuremmiksi kustannukset muodostuvat. Kustannusten pääjako voi-
daan tehdä työmaa- ja mobilisointikustannuksiin. Työmaakustannuksiin kuulu-
vat nosturin valmisteleminen käyttöön, nostotyön suorittaminen ja työn suori-
tuksen jälkeinen valmistautuminen paluumatkalle. Mobilisointikustannuksiin
kuuluvat ajoneuvonosturin ja sen lisävarusteiden liikuttaminen työmaalle ja ta-
kaisin. (20)

Työhön liittyvät tiedustelut ajoneuvonostureiden hinnoista tehtiin kahdelle eri
alan toimijalle, joita olivat Pekkaniska Oy ja Nostokonepalvelu. Nostokonepal-
velu arvioi roottoripurjeen loppunoston kustannuksia muodostamalla loppu-
summan. Pekkaniska Oy antoi tietoa eri nostolaitteidensa tuntiveloituksista.

Molemmat tahot painottivat nostotöiden tapauskohtaisuutta ja sitä, kuinka vaikea on arvioida kustannusten muodostumista ilman tarkkaa tietoa nostopaikasta ja –olosuhteista.

Taulukossa 5. on esitetty Pekkaniska Oy:n ajoneuvonostureiden tuntiveloitukset. Vuokrahintoihin lisäksi tulevat vastapainojen kuljetukset, joita voivat olla Liebherr LTM 1500 koskien jopa seitsemän kappaletta, ja mahdolliset ristikkokuljetukset 95 t:sta isompiin nostureihin. Koneiden siirtojen kustannukset lasketaan siirtoon käytetyn ajan mukaan tuntiveloituksen ollessa sama kuin mitä nostotyötä tehdessä.

Taulukko 5. Pekkaniska Oy:n Liebherr-ajoneuvonostureiden tuntiveloitukset. (20)

| Ajoneuvonosturi | Nostokyky [t] | Pääpuomin pituus [m] | Tuntiveloitus ALV 0% [€/h] |
|-------------------|---------------|----------------------|----------------------------|
| Liebherr LTM 1090 | 90t | 50,00 | 135 |
| Liebherr LTM 1095 | 95t | 58,00 | 160 |
| Liebherr LTM 1130 | 130t | 60,00 | 180 |
| Liebherr LTM 1200 | 200t | 72,00 | 250 |
| Liebherr LTM 1250 | 250t | 72,00 | 295 |
| Liebherr LTM 1500 | 500t | 50,00 | 550 |

Nostokonepalvelu käyttää saman valmistajan ajoneuvonostureita kuin Pekkaniska Oy. Heidän antama päivävuokra-arvio Liebherr LTM 1500 nosturille oli 12 000 € ensimmäiseltä päivältä ja siitä ylimenevälle ajalle 5000 € päiväkohmainen lisä. Toisena vaihtoehtona heidän 220 t:n ajoneuvonosturin Liebherr LTM 1220 vastaavat kustannukset kerrottiin olevan 6000 € ensimmäiseltä päivältä ja ylimeneviltä päiviltä 2500 €. (21)

Ajoneuvonostureiden hyviä puolia ovat, että niitä on saatavilla joka satamaan. Ne myös soveltuvat hyvin satamakäyttöön, jossa alusta on tasainen, mäkiä ei ole ja laitteen vaatimaa tuenta-aluetta riittää laiturilla yleensä paljon. Suurilla ajoneuvonostureilla on pelkällä peruspuomilla hyvä nostokorkeus, jota pystytään kasvattamaan ristikkopuomilla. Yksi eduista on myös mahdollisuus suorittaa nosto kaksoisnostona kahden ajoneuvonosturin avulla, jos tilanne sitä vaatii. Haittapuolena on niiden käytön kalleus, joka riippuu paljon mobilisointikustannuksista. Toisaalta palveluntarjoajia on paljon, mikä mahdollistaa hintojen kilpailuttamisen.

5.3.2 Satama-ajoneuvonosturit

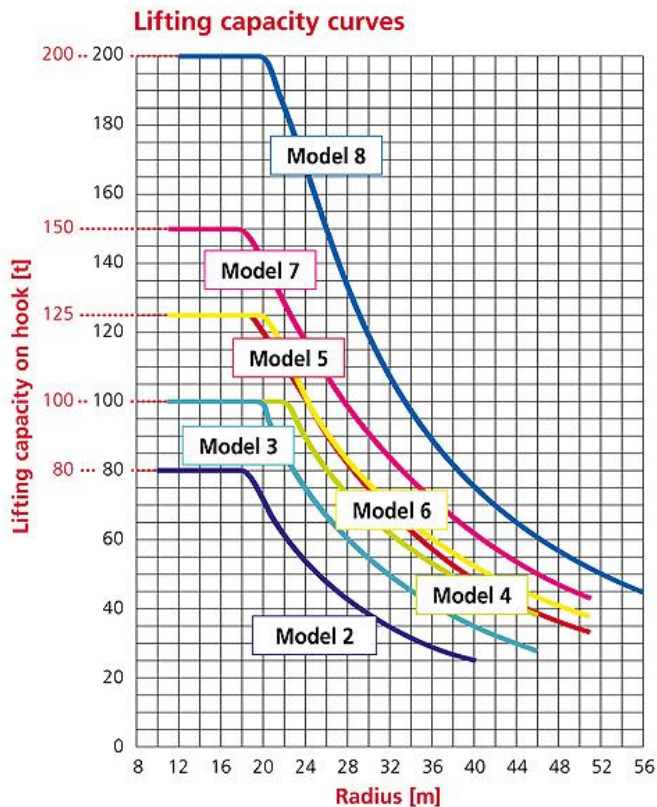
Satama-ajoneuvonosturit ovat yleisiä satamanostureita, joita useat satama-operaattorit käyttävät päivittäisessä työssään. Nämä nosturit liikkuvat sataman sisällä eri laiturien välillä, tehden työtä aina sen vaatimassa paikassa. Päivän aikana satamamobiilnosturilla voidaan tehdä alusten lastaus- ja purkaustyötä jopa kolmessa eri laiturissa, mikä kertoo nosturityypin hyvästä liikuteltavuudesta. (16)

Tämän nosturityypin puomi on tyypillisesti kiinteä ristikkopuomi, jonka liikettä ohjataan hydraulisylinterin ja vaijerien avulla. Satama-ajoneuvonostureiden käyttövoima on järjestetty useasti siten, että niitä voidaan käyttää niiden omilla diesel-moottoreilla tai maasähköllä kytkemällä ne sataman jakeluverkkoon. Nostovälineenä voidaan käyttää käsiteltävästä lastista riippuen koukkua, konttilukitsijaa tai kauhaa. (22)

Taulukossa 6. on esitetty esimerkkinä satama-ajoneuvonostureista Terex Corporation:n G HMK 6407:n toiminta-arvot. Steveco Oy käyttää kyseistä nosturia HaminaKotka Satama Oy:n ro-ro-satama Hietasessa (16). Nosturi kuuluu Gottwald-sarjaan, johon kuuluvien mallien nostokyvyt on esitetty kuvassa 10. Steveco Oy:n Hietasessa käyttämä nosturi on Model 6:n variaatio sen suurimman sallitun kuorman ollessa 100 tonnia, joten kuvassa 8. esitetty Model 6:n nostokykykäyrä ei ole suoraan sovellettavissa käytäntöön tämän osalta.

Taulukko 6. Satama-ajoneuvonosturi G HMK 6407:n nostokykyä kuvaavat tiedot. (23)

| Terex Model 6, G HMK 6407 | |
|------------------------------------|----------------------|
| <i>Ominaisuus</i> | <i>Toiminta-arvo</i> |
| Suurin sallittu kuorma | 100 t |
| Nostoetäisyys | 11...51 m |
| Suurin nostokorkeus laituritasosta | 47 m |



Kuva 8. Terex:n Gottwald –sarjan satamamobiilinostureiden nostokyvyt tonneina. 'Radius' on tässä yhteydessä taakan vaakasuuntainen etäisyys nosturin kiintopisteestä. (24)

Satama-ajoneuvonostureiden mitoitus eroaa maantiekäyttöisten ajoneuvonostureiden mitoituksesta siten, että niille ilmoitettua suurinta sallittua kuormaa voidaan nostaa laajemmalla alueella. Tätä havainnollistaa kuva 8., josta nähdään Gottwald-sarjan joka nosturimallin nostokyvyn pysyvän vakiona ensimmäisten metrien aikana. Kuvasta 8. ei suoraan selviä mahdollinen lenkkikorkeus nostoetäisyyden mukaan, mutta laitteiden teknisistä tiedoista löytyvä suurin nostokorkeus löytyy kuvan käyrien lähtöpisteestä vasemmalta luettuna.

Vertailemalla kuvan 7. nostotaulukon maksimisäteen nostokyvyn arvoja eri nostoetäisyyksillä kuvan 8. Model 6:n käyrään voidaan huomata, että maantiekäyttöinen 500 t:n ajoneuvonosturi jää reilusti jälkeen toiminta-arvoiltaan 125 t:n satama-ajoneuvonosturille kun suoritetaan nostoa, missä vaaditaan paljon lenkkikorkeutta. Vertailu voidaan tehdä, koska puomin pituudet ja suurin nostokorkeus ovat kyseisillä laitteilla hyvin lähellä toisiaan. Kuvaajien nostoetäisyyden välillä 11...20 m maantiekäyttöinen nosturi kykenee nostamaan 75 ... 47 t, missä satamakäyttöisen nosturin nostokyky pysyy 125 t vakiona. Nostureita vertaillen täytyy olla siis varovainen, ettei anna laitteen ilmoitetun nos-

tokyvyn hämätä. Eri nosturityypit säilyttävät nostokykynsä eri nostokorkeuksilla ja –etäisyyksillä eri tavalla, joten nosturikohtainen vertailu on syytä tehdä aina laitekohtaisia nostotaulukoita tutkimalla.

Satama-ajoneuvonostureiden käytön kustannukset asiakkaille määräytyvät käytetyn ajan mukaan niin, että huomioon otetaan nosturikohtainen vuokra ja työssä mukana olevien ahtaajien määrä. Tälläkin nosturityypillä pätee sääntö, että mitä suurempi on nosturi, sitä suurempi on sen vuokra. Steveco Oy:stä kerrotiin G HMK 6407:n tuntiveloituksen olevan välillä 450...500 €/h. Ahtaajien palveluista veloitetaan 55 €/h/hlö ja heitä vaaditaan olevan yleensä vähintään kaksi. (16)

Satama-ajoneuvonostureilla on, roottoripurjeen nostoa ajatellen, useita hyviä puolia niiden ollessa suunniteltu satamakäyttöön. Niitä käytetään yleisesti maailmalla satamissa, joten niiden saatavuus ei liene ongelma roottoripurjeen nostoa ajatellen. Suomessa käytettävien suurimpien satama-ajoneuvonostureiden kokoluokka on välillä 100...150 t. Nämä kykenevät nostotaulukoiden perusteella samoihin toimintoihin kuin 500 t:n maantiekäyttöiset ajoneuvonosturitkin. Tämän lisäksi ne ovat merkittävästi edullisempia käyttää verrattuna maantiekäyttöisiin ajoneuvonostureihin, sillä niiden käyttöön ei liity mitään mobilisointikustannuksia. Huonona puolena voidaan pitää sitä, että jos satama on erittäin vilkkaasti liikennöity, voi nosturia olla hankala saada käyttöön yksittäistä nostoa varten. Tämä koskee kuitenkin enemmän ulkomaiden suuria satamia, eikä sen pitäisi muodostua ongelmaksi Suomessa. (16)

5.3.3 STS-nosturit

STS-nosturit ovat kiskoilla liikuteltavia satamanostureita, joita käytetään pääasiassa kontti- ja irtolastialuksien lastioperaatioissa, mutta joskus myös ro-ro-alusten lastauksessa. Taakasta riippuen STS-nosturi voidaan varustaa koukulla, konttilukitsijalla tai kauhalla.

Muista opinnäytetyössä käsiteltävistä nostolaitetyypeistä poiketen STS-nostureiden puomi pysyy kiinteästi vaakatasossa noston aikana, ja taakkaa liikutellaan puomia pitkin liikkuvan kelkan avulla. STS-nosturit ovat pääosin sähköllä toimivia ottaen käyttövoimansa sataman suurjännitejakeluverkosta.

STS-nosturit lajitellaan yleensä kokonsa mukaan Panamax-, Post Panamax- ja Super Post Panamax-luokkiin perustuen siihen, kuinka suuria aluksia niillä

pystytään lastaamaan ja purkamaan. Taulukossa 7. on esitetty Liebherr:n valmistamien STS-nostureiden tyypillisiä mittoja. Suurin sallittu kuorma, joka ilmoitetaan STS-nostureille, on mitoitettu siten, että se pystytään nostamaan joka nostoetäisyyden arvolla (16). Tämä yksinkertaistaa nostotyön suunnittelua, sillä nosturin tekniset mitat kertovat suoraan, onko nosto mahdollinen, eikä nostotaulukoita ole syytä tutkia.

Taulukko 7. Liebherr STS-nostureiden eri kokoluokkien tyypilliset mitat. (25)

| <i>Mitta</i> | Panamax | Post Panamax | Super Post Panamax |
|------------------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| <i>Sallittu kuorma</i> | 40...50 t | 40...50 t | 65 t |
| <i>Nostoetäisyys</i> | 30...40 m | 40...45 m | 46...70 m |
| <i>Nostokorkeus</i> | 24...30 m | 30...35 m | 30...49 m |

STS-nostureiden käyttökustannukset määräytyvät samalla tavalla satama-ajoneuvonostureiden kanssa koostuen laitevuokrasta ja henkilöstökuluista.

Steveco Oy:n Mussalossa käyttämän Panamax-luokan STS-nosturin laitevuokra on noin 300 €/h, mutta suuremman kokoluokan nostureilla hinta on korkeampi. Suomen suurimmat STS-nosturit sijaitsevat Helsingissä Vuosaaren satamassa, ja niitä operoi Finnsteve. (16.) Nämä nosturit kuuluvat Post-Panamax-luokkaan, ja niiden nostokyky on 65 t (26).

STS-nostureiden hyvänä puolena on edullisten käyttöhintojen lisäksi, että vaakatasoinen puomi sallii roottoripurjeen yläosan olevan nosturin koukun tasossa. Näin ei voida toimia nostureilla joissa on kääntyvä puomi, sillä roottoripurjeen top-plate voisi ottaa siihen kiinni ja vaurioitua. Hyvänä puolena on myös se, että konttilukitsija voidaan vaihtaa helposti koukkuun, eikä tästä koidu lisäkuluja. Huonona puolena voidaan pitää sitä, että ne soveltuvat roottoripurjeen asennuksen kannalta lähtökohtaisesti vain niille aluksille, jotka kulkevat laituripaikkoihin, joihin on sijoitettu näitä nostureita. Lisäksi niiden nostokorkeus laituritasosta on suhteellisen matala, joten esimerkiksi roottoripurjeen nosto korkeisiin ro-ro-aluksiin voi tuottaa vaikeuksia. (16)

5.3.4 Nivelpuominosturit

Nivelpuominosturit ovat yksi yleisistä satamanosturityypeistä. Ne voivat olla kiinteästi maaperään sidottuja tai kulkea STS-nostureiden tavoin kiskoilla laiturin reunan mukaisesti. Muiden satamanostureiden tavoin nivelpuominostureita käytetään konttien, irto- ja kappaletavaralastin käsittelyssä. (27)

Nivelpuominostureiden yhtäläisyys STS-nostureihin on, että niiden lenkkikorkeus pysyy vakiona eri nostoetäisyyksillä noston aikana. Myös nostureiden nostokyvyn esitystapa on samanlainen: nosturille ilmoitettu maksimikuorma voidaan nostaa jokaisella nostoetäisyydellä. Tämän johdosta kyseisen nostolaitetyypin edut ja haitat muodostuvat samanlaisiksi STS-nostureiden kanssa.

5.3.5 Proomunosturit

Proomunosturit ovat erikoisaluksia, joita käytetään raskaissa nostoissa merirakennustyömailla, kappaletavaralastin purkamisessa ja lastaamisessa aluksista sekä pelastustöissä (28). Jos kuvassa 6. esitetty nostoalustan horisontaalinen etäisyys laiturin reunasta on pitkä, voi paras nosturivaihtoehto roottoripurjeen noston suorittamiseen olla proomunosturi. Näin toimittiin M/V Estradenin toisen roottoripurjeen asennuksen yhteydessä, jossa pitkä nostoetäisyys olisi vaatinut ajoneuvonosturin olevan niin suuri, että siitä koituvat kustannukset olisivat muodostuneet liian suuriksi. Tämän nosturityypin huono puoli on se, että sen käyttäminen on kallista vuokran ollessa 1000 €/h 400 t:n proomunosturilla, johon on lisättävä siirtokustannukset. (2)

5.4 Loppunosto terästorni ja roottori erillään

Yksi mahdollinen tapa suorittaa roottoripurjeen loppunosto on nostaa terästorni ja roottori alukseen erikseen. Tällä tyyllä suurin osa roottoripurjeen kokonaismassasta voitaisiin siirtää alukseen matalammalla nosturin lenkkikorkeudella kuin mitä roottoripurjeen nostaminen kokonaisuudessaan vaatisi, jolloin käytettävän nosturin tekniset vaatimukset olisivat myös matalammat. Tämä perustuu siihen, että terästornin korkeus on noin puolet roottoripurjeen korkeudesta ja sen massa muodostaa ylivoimaisesti suurimman osan roottoripurjeen kokonaismassasta. Tällä tyyllä voidaan saavuttaa nosturin valinnassa etua niissä tilanteissa, joissa saatavilla olevia nostureita on rajoitetusti.

Tähän tyyliin liittyvä haittapuoli on se, että nostotöihin satamissa kuluva aika pitenee, kun käsiteltäviä kappaleita on kaksi. Lisäksi mahdolliset ajoneuvonostureihin liittyvät mobilisointikustannukset voivat kaksinkertaistua, jos nostot suoritetaan eri päivinä. (16.) On myös syytä arvioida kuinka paljon roottoripurjeen kuljettamisen kustannukset nousevat, jos se kuljetetaan asennuspaikalle kahdessa eri osassa. Sääolosuhteiden vaikutuksella voi olla suurempi merki-

tys etenkin pitkällä nostoetäisyyksillä: aluksen lievä heilunta aiheuttaa merenpinnasta nähden korkealla olevan terästornin päällä olevien kohdistustappien merkittävää vaakatasoista liikettä. Pitkän nostopuomin päässä oleva kevyt roottori voi heilua tuulen vaikutuksesta.

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Kokonaisuasennus

Haastattelujen perusteella voidaan todeta, että muutostöiden toteuttaminen aluksilla niiden ollessa liikenteessä on arkipäivää: jokaisella haastatellulla varustamon edustajalla oli kokemusta aluksiin tehtävistä muutostöistä, joita oli suoritettu ainakin osittain merellä. Tälle on syynä se, että muutostöiden toteuttamista halutaan yleensä nopeuttaa siten, että ne eivät tarpeettomasti venytäisi telakointiaikataulua. Tämä tukee tutkimuksen hypoteesia, että roottoripurje kannattaisi jälkiasentaa alukseen siten, että sillä on mahdollisimman pieni vaikutus aluksen normaaliin käyttöön ja liikenteeseen.

Muutostöiden tekeminen on myös satamassa yleistä. Haastatellut arvioivat roottoripurjeen jälkiasentamisen olevan mahdollisesti kokonaan toteutettavissa telakan ulkopuolella. Työt, jotka vaativat paljon aikaa toteuttamiseen, kuten kulkuvalomuutoksiin liittyvä maston korotus, voivat olla mahdollista satamassa vietettyjen huoltopäivien aikana sen sijaan, että niitä yritettäisiin tehdä lastioperaatioiden aikana. Telakointia kannattaa kuitenkin ehdottomasti käyttää hyväksi roottoripurjeen jälkiasennustöissä, jos aluksen normaali telakointiaika osuu samalle ajalle roottoripurjeen asentamisen kanssa. Telakassa muutostöiden toteuttaminen on muihin vaihtoehtoihin nähden paljon käytännöllisempää, mutta erillisen telakoinnin järjestäminen roottoripurjeen asentamista varten ei ole varustamoiden näkökulmasta kannattavaa.

Havaintona voidaan todeta, että jälkiasennusmenetelmien eri mahdollisuudet eivät eroa merkittävästi alustyyppien välillä. Poikkeuksen kuitenkin muodostavat öljysäiliöalukset, joissa lastin ominaisuuden hankaloittavat tulitöiden tekemistä telakan ulkopuolella. Työssä tutkituilla asennuspaikoilla voidaan sanoa olevan vaikutusta roottoripurjeen jälkiasentamismahdollisuuksiin etenkin tulitöitä sisältävien töiden osalta.

Jokaisessa aluksessa on noudatettava SOLAS-määräyksiä, jotka rajoittavat roottoripurjeen jälkiasentamisen kohdalla eniten sähköasennuksiin liittyvää

kaapelinvetotyötä, kun alus on merellä. Tämän lisäksi aluksille on yhteisesti ominaista, että aluksen runko on voimakkaasti rasitetussa tilassa merenkäynnin aikana, jolloin sen muuttaminen polttoleikkaamalla tai hitsaamalla voi aiheuttaa siihen pysyviä vaurioita. Lisäksi alustyyppit rajoittavat kukin omalla tavallaan tulitöiden suorittamista meriajossa: matkustaja-aluksilla on huomiotava turvallisuuden lisäksi matkustajamukavuus, irtolastialuksilla B-ryhmän lasteja kuljettaessa kohonneet palomääräykset, sekä ro-ro-aluksilla mahdollinen asentajien majoitustilan puute. Muut roottoripurjeen jälkiasennukseen liittyvät esivalmistelutyöt, kuten toimilaitteiden ja automaatioyksiköiden asentaminen, ovat alustyyppistä riippumattomasti mahdollisia sekä merellä että satamassa.

Tutkimuksen tuloksena luotiin matriisi, liite 1., josta selviää alustyyppistä riippumattomat suuntaa antavat roottoripurjeen jälkiasennusmahdollisuudet. On äärimmäisen tärkeä korostaa, että matriisi ei kerro, eikä sillä pyritä kertomaan, miten roottoripurjeen asennus kannattaa suorittaa, sillä uskon sen olevan kysymys, johon on mahdotonta antaa yleispätevää vastausta lausumatta itsensäselvyyksiä.

Viime kädessä jälkiasennusmenetelmien optimointi onkin pitkälti varustamoiden asia, sillä heistä on loppumaksajana kiinni koko projektin toteutuminen. Vain varustamot itse voivat tietää, mikä niille on parasta missäkin tilanteessa. Lisäksi varustamoilla on erittäin paljon kokemusta ja tietotaitoa aluksiin tehtävistä muutostöistä ja siitä, mitä muutostöissä onnistumiseen vaaditaan. Siksi esimerkiksi asennuspaikan ja – ajankohdan valinta roottoripurjeen jälkiasennusmenetelmien optimoinnissa on varustamopainotteinen. Urakoitsijan tehtäväksi jää tarvittaessa antaa suosituksiaan siitä, miten ja missä työt kannattaisi tehdä.

6.2 Nostotyön toteuttaminen

Nostotyön osalta tuloksina voidaan todeta, että roottoripurje pystytään nostamaan monella satamanosturilla, joiden käytöstä koituvat kustannukset ovat merkittävästi pienempiä proomunostureihin sekä maantiekäyttöisiin ajoneuvonostureihin verrattuna. Tämän tiedon pohjalta kannattaisi loppunostojen yhteydessä aina ensisijaisesti tutkia satamanostureiden käyttömahdollisuudet. Erityisesti satama-ajoneuvonosturit soveltuvat hyvin roottoripurjeen nostamiseen alukseen.

Nosturilta vaadittavaan lenkkikorkeuteen on myös mahdollisuutta vaikuttaa merkittävästi. Satamien välillä on vaihtelua etenkin vuorovesi-ilmiön osalta, jota on mahdollista hyödyntää nosturin valinnassa. Myös aluksen syväykseen on mahdollista vaikuttaa, joka on yksi keino tarpeen vaatiessa tinkiä nosturilta vaadittavasta lenkkikorkeudesta.

Nosturin hinnan lisäksi nostotyön suunnittelussa on oleellista ottaa huomioon roottoripurjeen kuljetuskustannukset asennussatamaan. Nostotyön optimointi helpottuu merkittävästi, jos rajaa siihen vaikuttaviksi tekijöiksi ainoastaan nosturin ja asennussataman valitsemisen. Tällöin edullisin hinta muodostuu siitä summasta, jonka roottoripurjeen kuljetus ja nosturin käyttö muodostavat. Tällaisella rajauksella paras loppunoston toteutustapa on löydettävissä kartoittamalla käytettävissä olevat nosturit sekä roottoripurjeen kuljetuskustannukset aluksen vierailmien satamien osalta.

Jos alus lastaa ja purkaa roottoripurjeen nostolle epäsuotuisassa paikassa, olisi syytä tiedustella satamasta hyvissä ajoin ennen nostotyötä mahdollisuutta saada sellainen laituripaikka, jossa roottoripurjeen nosto onnistuisi lastauksen ja purkauksen aikana. Sellaisissa tapauksissa, joissa nosto pystytään suorittamaan ainoastaan proomunosturilla, tulisi varustamon verrata sen käytöstä koituvia kustannuksia niihin kustannuksiin, jotka syntyisivät, jos alus siftaisi satamassa vain loppunoston toteuttamiseksi suotuisampaan laituripaikkaan, jolloin alus olisi off-hire loppunoston ajan, mutta jossa nosto voitaisiin toisaalta toteuttaa merkittävästi halvemmalla nosturityypillä.

Loppujen lopuksi myös loppunoston toteuttamisesta voidaan todeta sama, mitä kokonaisuudenkin osalta: roottoripurjeen loppunoston optimointi on pitkälti varustamolle kuuluva suunnittelutehtävä. Urakoitsijat toteuttavat noston lähes millä tahansa nosturilla, kunhan varustamo maksaa heille siitä.

6.3 Tulosten arviointi

Opinnäytetyö tehtiin tarkoituksenaan tuottaa toimeksiantajalle sellaista tietoa roottoripurjeen jälkiasennusmenetelmistä, jota se voisi hyödyntää tulevilla toimituksissaan. Oleellista oli tutkia, kuinka pitkälle roottoripurje pystyttäisiin asentamaan alukseen sen normaalin käytön aikana ja mitä asennuksia olisi suoritettava telakalla. Tutkimuskohdetta tarkennettiin kattamaan irtolasti-, ro-

ro-, säiliöalukset sekä risteilijät. Lisäksi asennuspaikan vaikutusta jälkiasennukseen ja loppunoston toteuttamista oli määrä tarkastella. Näihin kysymyksiin saatiin vastaukset, joten alussa esitetyt tavoitteet saavutettiin.

Tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon se, että merkittävä osa tutkimusaineistosta kerättiin haastattelemalla asiantuntijoita. Tämä osa aineistosta on siis syntynyt haastattelijan ja haastateltujen välisen vuorovaikutuksen tuloksena, jolloin tutkimus ja sen tulokset ovat väistämättä osittain subjektiivisesti latautuneita. Tämän vuorovaikutuksen laatuun vaikutti varmasti se, että itselläni ei ollut tätä ennen kokemusta haastatteluiden laatimisesta. Tämän lisäksi koin tutkimusta ja haastattelujen laatimista hankaloittavaksi tekijäksi sen, että tähän asti vasta kaksi roottoripurjetta on jälkiasennettu yhteen alukseen. Tästä vertailukohteiden puutteesta seurasi, että välillä oli vaikea hahmottaa, mikä oli tutkimuksen kannalta oleellista ja mikä ei.

Tähän työhön liittyvän kokonaisuuden tutkiminen osoittautui kuitenkin monimutkaisuudessaan erittäin mielenkiintoiseksi tehtäväksi. Olin todella mielissäni, kun lähes kaikki haastattelupyynnön saaneet tahot vastasivat pyyntöön myöntävästi. Koen itse tutkimuksen kartoittaneen ne roottoripurjeen jälkiasentamiseen liittyvät asiat, joita yhden opinnäytetyön laajuudessa oli mahdollista löytää. Tutkimus ja sen tulokset toimivat hyvänä tietopakettina eri alustyyppien ja nostolaitteiden osalta sekä antavat toimeksiantajalle työkalun arvioida mitä, roottoripurjeen jälkiasennustöitä on missäkin mahdollista tehdä. Jatkotutkimusaiheena voisi olla se, miten roottoripurjeen järjestelmän osien suunnittelun aikana voidaan helpottaa koko järjestelmän asennettavuutta alukseen.

LÄHTEET

1. Norsepower Oy Ltd. 2015. Yhtiön Internet-sivut. Saatavissa: <http://www.norsepower.com/> [Viitattu 30.11.2015]
2. Norsepower Oy Ltd. 2015. Yhtiön sisäinen dokumentti.
3. Lloyd's Register Group limited. 2016. Lloyd's Register Guidance Notes For Flettner Rotor Approval May 2015. Saatavissa: <http://www.lr.org/en/RulesandRegulations/guidance-notes-for-flettner-rotor-approval.aspx> [Viitattu 20.2.2016]
4. SOLAS Consolidated edition. 2009. Lontoo: The international Maritime Organization.
5. Hakala, T. Lead Surveyor. Lloyd's Register Marine. Haastattelu 29.3.2016. Turku. Haastattelijana Janne Lehtimäki.
6. Ahia, J. Manager, Newbuildings & Projects. Finnlines Plc. Haastattelu 8.4.2016. Helsinki. Haastattelijana Janne Lehtimäki.
7. Liikenteen turvallisuusvirasto. 2016. Työnjako luokituslaitosten kanssa. Saatavissa: http://www.trafi.fi/merenkulku/katsastukset/tyonjako_luokituslaitosten_kanssa [Viitattu 2.4.2016]
8. Eklöf, J. Technical Manager. ESL Shipping Ltd. Haastattelu 13.4.2016. Helsinki. Haastattelijana Janne Lehtimäki.
9. Väänänen, P. Technical Superintendent. Tallink Silja Oy. Haastattelu 12.4.2016. Helsinki. Haastattelijana Janne Lehtimäki.
10. Nurminen, M. NELI:n johtaja. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Haastattelu 11.12.2015. Kotka. Haastattelijana Janne Lehtimäki.
11. International Association of Classification Societies. 2016. Classification Societies – What, Why and How? Saatavissa: http://www.iacs.org.uk/document/public/explained/class_whatwhy&how.pdf [Viitattu 2.5.2016]
12. ISGOTT – International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals 5th edition. 2006. The International Chamber of Shipping, The Oil Companies International Maritime Forum & The International Association of Ports and Harbors. Witherby Seamanship International.
13. IMSBC – International Maritime Solid Bulk Cargoes Code, 2013 edition. 2013. Lontoo: The International Maritime Organization.
14. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008, 20 §
15. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 21 §
16. Renlund, V-H. Steveco Oy, myyntijohtaja. Haastattelu 28.1.2016. Kotka. Haastattelijana Janne Lehtimäki.

17. Meteo 365.com Ltd. 2016. Tide Times for Le Havre. Saatavissa: <http://www.tide-forecast.com/locations/Le-Havre/tides/latest> [Viitattu 17.2.2016]
18. Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä 1403/1993, 6 §
19. Pekkaniska Oy. 2016. Liebherr Mobile Crane LTM 1500-8.1 Technical Data. Saatavissa: http://www.pekkaniska.com/site/assets/files/1307/pekkaniska_mobile_cranes_liebherr_ltm_1500-81.pdf [Viitattu 10.2.2016]
20. Saarenoja, A. Pekkaniska Oy, myyntipäällikkö. Sähköpostikeskustelu 4.1.2016.
21. Nostokonepalvelu Oy. Puhelinkeskustelu 6.1.2016.
22. Terex Corporation. 2016. Versatile, economical, ecologically compatible Gottwald Mobile Harbour Cranes. Saatavissa: http://www.terex.com/port-solutions/en/cs/groups/webcontent/@web/@tps/documents/web_content/ucm03_074592.pdf [Viitattu 10.2.2016]
23. Terex Corporation. 2016. Model 6 Harbour Cranes – High Performance for Higher Handling Rates. Saatavissa: <http://www.terex.com/port-solutions/en/products/harbour-cranes/mobile-harbour-cranes/model-6/index.htm> Model 6407 [Viitattu 10.2.2016]
24. Terex Corporation. 2016. Terex Gottwald Mobile Harbor Cranes Lifting Capacity Curves. Saatavissa: http://www.terex.com/port-solutions/en/cs/groups/webcontent/@web/@tps/documents/web_content/ucm03_071142.jpg [Viitattu 10.2.2016]
25. The Liebherr Group. 2016. Technical Description – Ship to Shore Gantry Cranes. Saatavissa: <http://www.liebherr.com/shared/media/maritime-cranes/downloads-and-brochures/brochures/lcc/liebherr-sts-cranes-technical-description.pdf> [Viitattu 11.2.2016]
26. Finnsteve. 2016. Vuosaaren sataman palvelut. Saatavissa: http://www.finnsteve.fi/toimipisteet/helsinki_vuosaari [Viitattu 5.2.2016]
27. RHC Lifting Limited. 2016. Level Luffing Cranes. Saatavissa: <http://www.rhclifting.com/kw-kranwerke-cranes/level-luffing-cranes/> [Viitattu 11.2.2016]
28. Bonn&Mees Drivjende Bokken. 2016. Yhtiön Internetkotisivut. Saatavissa: <http://bonn-mees.com/> [Viitattu 15.2.2016]

| | Asennus meriajon aikana | Asennus satamassa |
|--|---|--|
| Sähköasennukset 400 V | <p>Mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kaapeliratojen hitsaus jos aluksen SMS sallii. (5) -Kaapelinveto SOLAS-määräysten puitteissa (5) -Muu mekaaninen esivalmistelu (8) <p>Ei mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sähköisten kytkentöjen tekeminen sähköpäätauluun.(5) -Kaapeleiden läpivientien aukaisu ilman viranomaislupaa (5) | <p>Mahdollista, mutta huomioitava:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kaapeleiden läpivientien aukaisuun hankittava viranomaisen lupa. -Kaapeliratojen rakentelussa otettava huomioon sataman tulityömääräykset (5) |
| Kulkuvalomuutokset ja aluksen rakenteelliset muutokset | <p>Mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kulkuvaloasennusten kaapelointiin liittyvä esivalmistelu (8) -Muu esivalmistelu (29) <p>Ei mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aluksen rakenteen muokkaaminen (5) -Työt jotka ovat ristiriidassa COLREGS:ssa säädettyjen kulkuvalomääräysten kanssa. | <p>Mahdollista jos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sataman turvallisuusmääräykset tulitöistä eivät ole esteenä. (5) -Maston nostoon vaadittavat tekniset ominaisuudet täyttävä nosturi saatavilla (6) -Työn suorittamiseen varataan riittävästi aikaa.(8) |
| Automaatioasennukset | <p>Mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kaapelointi SOLAS-määräysten puitteissa. (8) -Toimilaitteiden väliset kytkennät jännitteettömänä. (8) -Mekaaniset toimilaitteiden asentamiset paikoilleen. (8) | <p>Mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kaapeleiden läpivientien aukaisuun hankittava viranomaisen lupa. (5) -Kaapeliratojen rakentelussa otettava huomioon sataman tulityömääräykset (5) |
| Integraatio aluksen järjestelmiin – (optio) | <p>Mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kaikki mekaaninen kaapelointi ja toimilaitteiden asentaminen, SOLAS-määräysten puitteissa. (5) <p>Ei mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Järjestelmän väliset sähköiset kytkennät, järjestelmien testailu. (5) | <p>Kaikki työt ovat mahdollista tehdä sisältäen järjestelmien väliset sähköiset kytkennät, sekä järjestelmien testailun. (5)</p> |
| Perusta-asennus | <p>Mahdollista jos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Luokan hyväksyntä: aluksen rakenteet perustan alla ei saa olla voimakkaasti rasitetussa tilassa. (5) -Varustamokohtainen aluksen SMS ei ole esteenä. (5) -Merenkäynti ja sää ei ole esteenä (5) <p>Huom. Maalaustöiden laatu ei ole sama kuin telakalla suoritettuna (6)</p> | <p>Mahdollista jos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sataman turvallisuusmääräykset sallivat (5) -Työn suorittamiseen varataan riittävästi aikaa. (9) |
| Roottoripurjeen nosto alukseen ja loppuasennus | <p>Ei mahdollista:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proomunosturilla voisi olla mahdollista nostaa roottoripurje alukseen sen ollessa ankkuroituna, mutta sitä tilannetta missä tästä olisi hyötyä, on vaikea nähdä. -Sähköisiä kytkentöjä aluksen sähköpäätauluun ei tule liikenteessä suorittaa (5) | <p>Mahdollista jos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Työhön soveltuva nosturi on saatavissa -Nosturin alapuolisen laiturin rakenne kestää noston suorittamisen. |

Taulukon listaukseen liittyy aina aluskohtaisia eroavaisuuksia, jotka on otettava huomioon jälkiasennuksen suunnittelussa.