

Santeri Liikonen

# IRTOLASTIALUSTEN LASTINSIIRTO- OPERAATION SUUNNITTELU JA TO- TEUTUS SIMULAATIOYMPÄRISTÖSSÄ

Opinnäytetyö

Merenkulun ammattikorkeakoulututkinto

Merenkulun koulutus, merikapteeni (AMK)

2023



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Merikapteeni (AMK)
Tekijä	Santeri Liikonen
Työn nimi	Irtolastialusten lastinsiirto-operaation suunnittelu ja toteutus simulaatioympäristössä
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Xamk
Vuosi	2023
Sivut	59 sivua
Työn ohjaaja(t)	Alexander Shaub

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tehtävän tutkimuksen kohteena on merellä tapahtuvien lastinsiirto-operaatioiden suunnittelu irtolastialusten näkökulmasta sekä kouluympäristön työkalujen mahdollisuudet kyseisten operaatioiden suunnitelmien toteutuksessa. Työssä perehdytään lastinsiirto-operaatioiden taustoihin sekä suunnitelman toteuttamiseen irtolastialusten hallintaan liittyvissä työtehtävissä sen eri vaiheissa.

Työssä suunniteltiin toiminnallisena tutkimuksena lastinsiirto-operaatio perustuen monitoimialus Medangaran dokumentteihin sekä muihin kirjallisiin aineistoihin. Suunnitelma toteutettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merikapteeniopiskelijoiden käytössä olevilla simulaattoreilla.

Tuloksena saavutettiin käytettävissä olevien aineistojen ja välineiden rajoissa onnistunut kuvaus merellä tapahtuvien lastioperaatioiden prosessista aluksen hallinnan näkökulmasta. Kyseiset rajoitukset kuvauksessa toivat merkittäviä rajoitteita tämän tyyppisille toteutuksille, mutta myös pohdinnan aiheita simulaattorien kehitykselle ja hyödyntämiselle tulevaisuudessa.

**Asiasanat:** irtolastialukset, siirtokuormaus, simulaatioharjoittelu

Degree title	Bachelor of Maritime Management
Author	Santeri Liikonen
Thesis title	Planning and implementation of a ship-to-ship operation for bulk carriers in a simulating environment.
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences, Xamk
Time	2023
Pages	59 pages
Supervisor	Alexander Shaub

## ABSTRACT

The subject area of this study was focused on the planning of ship-to-ship off-shore transshipment performed by bulk vessels and opportunities on how these plans could be carried out with the equipment presently available in school environment. The study examined the preparation procedures of ship-to-ship operations and the implementation of the plan with respect to the various tasks related to the management of bulk carriers.

By way of a practice-based study, a plan for a ship-to-ship transshipment was created which based on the documentation of the multipurpose vessel Me-dangara and other written materials. The plan was then implemented in the simulators which are used in the training of maritime students at South-Eastern Finland University of Applied Sciences.

Within the framework of the available materials and equipment the result of the study was a comprehensive description of ship-to-ship transshipment from the perspective of vessel management. The limitations caused by aforementioned framework brought significant constraints on implementations, but also encouraged potential considerations for future development.

**Keywords:** bulk vessels, trans-shipment, simulator training

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TAUSTAA.....	7
2.1	Lastinsiirto-operaatiot .....	7
2.2	Irtolastialukset.....	8
3	OPINNÄYTETYÖN TAUSTAA.....	9
3.1	Työssä käytettävä aineisto .....	9
3.2	Opinnäytetyön merkitys .....	11
4	LASTINSIIIRTO-OPERAATIOPROSESSI.....	12
4.1	Kiinnittyminen toiseen alukseen ja irrottautuminen .....	12
4.2	Lastinsiirto .....	16
4.3	Painolastioperointi .....	19
4.4	Alukseen vaikuttavat voimat .....	22
5	SIMULAATTORIT JA SIMULAATIO .....	24
5.1	Simulaation arviointi.....	24
5.2	Suunnitelman ja simulaation tavoitteet sekä tulosten tarkastelu .....	25
6	TUTKIMUS .....	26
6.1	Suunnitelman kuvaus ja ennakoasetelmat.....	26
6.2	Lastaussuunnitelma.....	28
6.3	Painolastisuunnitelma .....	36
6.4	Kiinnittymisen ja irrottautumisen suunnitelma.....	37
6.5	Suunnitelmien toteutus simulaatioympäristössä .....	42
6.5.1	Kiinnittymisen ja irrottautumisen toteutus navigointisimulaattorissa.....	42
6.5.2	Lastaus- ja painolastisuunnitelman toteutus NAPA-ohjelmalla .....	45
7	ANALYYSI JA POHDINTA .....	50
	LÄHTEET.....	55

KUVALUETTELO

TAULUKKOLUETTELO

## TERMILUETTELO

Lastinsiirto-operaatio	Kahden aluksen välinen merellä tapahtuva lastiope- raatio.
Lastaava alus	Alus, joka kiinnittyy paikallaan olevaan alukseen ja suorittaa lastauksen.
Purettava alus	Alus, johon lastaava alus kiinnittyy lastinsiirto-operaa- tiota varten.
Deadweight	Kuollut paino. Aluksen uppouman ja light ship-painon erotus. Kertoo, kuinka paljon massoja, kuten lastia tai painolastivettä alus voi kantaa.
Displacement	Aluksen syrjäyttämän vesimassan paino tonneissa
Syväys	Aluksen veden alla olevan osan korkeus.
Varalaita	Laidan korkeus veden pinnasta yläkannen reunaan asti.
GM	Metasentterin korkeus aluksen painopisteestä. Kertoo aluksen alkuvakavuuden.
LBP	Aluksen perpentikkelipituus. Kertoo aluksen pituuden teoreettisen vedenpinnan tasolla
Shear forces	Kahden vastakkaiseen suuntaan vaikuttavien voimien aiheuttama aluksen rasitus.
Bending moments	Aluksessa olevan massan aiheuttama taivutusvoima.

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä esitettävän tutkimuksen kohteena on merellä tapahtuvien lastinsiirto-operaatiot irtolastialusten näkökulmasta. Työn tarkoituksena on tutkia, kuinka Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merikapteenitutkinnon työkaluja voidaan hyödyntää kyseisten operaatioiden harjoittelussa simulaattoreita ja tietokoneohjelmistoja hyödyntäen. Tutkimusta varten työn tekijä keräsi teoria-aineiston alan verkkoaineistoista, alan kirjallisuudesta sekä koulun tarjoamista opintomateriaaleista. Teoriassa esitetään lastinsiirto-operaatioissa sellaiset aluksen hallintaan liittyvien eri osa-alueiden peruseräpäätökset, joita voidaan kouluympäristössä simuloida sekä tekijöitä, joita tulee suunnittelussa ottaa huomioon.

Seuraavaksi selvitetään sellaiset toimenpiteet, jotka Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merenkulun simulaattoreilla sekä ohjelmilla voidaan simuloida lastinsiirto-operaation suunnittelun, toiseen alukseen kiinnittymisen, lastausoperaation ja paikalta poistumisen näkökulmista. Tämä selvitys ja siitä kerätyt simuloitavat toimenpiteet toimivat työssä käsiteltävien aiheiden rajauksena. Tätä rajausta hyödyntäen kuvattiin lastinsiirtoprosessi näiden toimenpiteiden osalta.

Teoriaosuuden jälkeen toiminnallisena tutkimuksena esitetään teoreettisen lastinsiirto-operaation suunnitelma, jonka jälkeen esitetään kyseisen suunnitelman toteutus. Suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnetään Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merikapteenitutkinnon opiskelijoiden käytössä olevia mahdollisuuksia ja menetelmiä. Tutkimuksen tuloksena esitetään kuvaus simuloitavissa olevista lastinsiirto-operaation osa-alueista, joilla on tekemistä aluksen hallinnan kanssa operaation suunnittelun näkökulmasta. Tässä tapauksessa kyseisinä osa-alueina ovat aluksen kiinnittäminen ja irrottaminen toisesta aluksesta sekä lastaus- ja painolastioperointi. Koska aluksen kansipäällystö on vastuussa aluksen turvallisuudesta navigoinnista sekä laivan lastauksesta sekä purkamisesta (Ekami.fi 2022), tällä rajauksella tavoitettiin rajaus kansipäällystön näkökulmaan. Lopuksi analysoitiin ja pohdittiin suunnitelman toteutumista ja soveltumista opetusympäristöön.

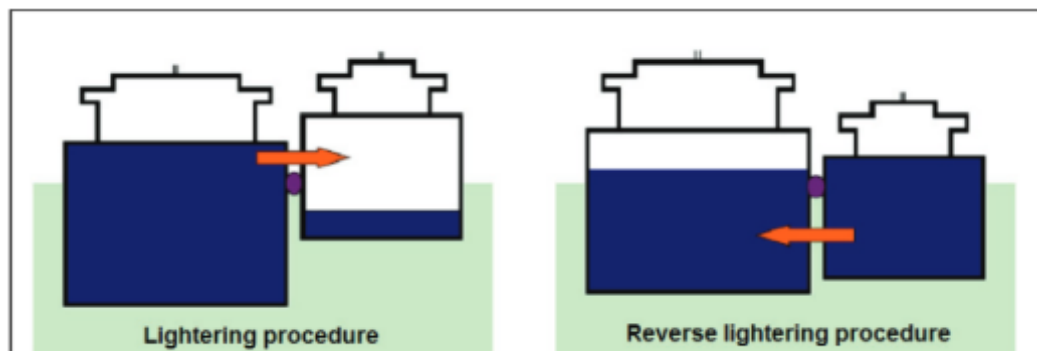
## 2 TAUSTAA

Tämän luvun tarkoituksen on selostaa lastinsiirto-operaatioiden sekä irtotalustusten taustoja. Lisäksi tässä luvussa selostetaan tässä työssä käytetyt merkittävimmät lähdeaineistot sekä perusteet niiden hyödyntämiselle. Merkittävimpinä lähdeaineistoina toimii alan verkkolähteet, kirjallisuus ja lainsäädäntö.

### 2.1 Lastinsiirto-operaatiot

Lastinsiirto-operaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa lastia satamaan tuova tai sitä satamasta hakeva alus, eli ns. operoitava alus ei pysty tai halua tulla satamaan asti lastioperaatiota varten. Syitä voivat olla muun muassa satamaltaan tai väylän liian alhainen syvyys sekä erilaisten maksujen, kuten satamamaksujen sekä luotsien tai hinaajien tilausmaksujen välttäminen. Tällöin kyseinen alus jää odottamaan rannikon merialueelle. Toinen alus, eli operaatiota suorittava alus kiinnittyy sen kyljelle joko hakemaan lastia laivasta satamaan tai tuomaan lastia satamasta laivaan. (Stavrou & Ventikos 2013.)

Lastinsiirto-operaatioita voidaan myös kutsua kevennysoperaatioiksi. Kuvassa 1 havainnollistetaan kevennysoperaatioiden periaate.



Kuva 1. Kevennys- sekä käänteinen kevennysoperaatio (Stavrou & Ventikos 2013.)

Kuvassa 1 kuvataan kaksi alusta kiinnittyneinä toisiinsa. Sininen alue kuvastaa lastia ja sen määrää. Oranssi nuoli kuvastaa lastin siirtämisen suuntaa. Kun operaatiota suorittavaan alukseen lastataan lastia toisesta aluksesta, on kyseessä kevennysoperaatio. Kun taas operaatiota suorittavasta aluksesta lastataan lastia operoitavaan alukseen, on kyseessä käänteinen keven-

nysoperaatio. Lastinsiirto-operaatio voidaan jakaa neljään vaiheeseen: operaation suunnitteluun, toiseen alukseen kiinnittymiseen, lastausoperaatioon ja paikalta poistumiseen. (Stavrou & Ventikos 2013.)

Lastinsiirto-operaatioiden juuret sijoittuvat 1960-luvulle, jolloin erityisesti öljytuotteita kuljettavat aluksen kasvoivat liian suuriksi satamiin kulkemiseen. Maailmanlaajuisesti nykypäivinäkin useimmiten kevennysoperaatioita suoritetaan öljylasteille sekä nesteytetyille kaasuille. Kuitenkin lastinsiirto-operaatioita nähdään myös kuivarahtipuolella, mutta huomattavasti vähemmän. Myös kemikaali- sekä kaasulastien lastinsiirto-operaatiot ovat viime aikoina lisääntyneet. (Stavrou & Ventikos 2013.) ESL-Shippingin alukset Kontulan sekä Alppilan suorittivat kevennysoperaation ensimmäisinä suomalaisina aluksina vuonna 1981 (ESL-Shipping 2019).

## 2.2 Irtolastialukset

Irtolastialukset voidaan jakaa tyypillisesti kolmeen kategoriaan: erikois-, yhdistelmä- sekä monitoimialuksiin. Erikoisalukset on rakennettu vain yhtä ja tiettyä irtolastilajia kuljettamaan. Yhdistelmäaluksissa lastiruuma on jaettu useammaksi lastiruumaksi, joka mahdollistaa monen erilaisen irtolastilajin kuljettamisen samanaikaisesti. Monitoimialukset on suunniteltu kuljettamaan erilaisia irtolastilajeja ja ovat kooltaan usein pieniä. Monitoimialukset voivat olla myös omilla lastausnostureilla varustettuja, joilla lastaus voidaan suorittaa. Monitoimialusten yleisin tarkoitus on kuljettaa lastia lyhyitä matkoja. Tämä vaihtelevuus irtolastilaivastossa mahdollistaa erilaisten ja erikokoisten irtolastien kuljettamisen maantieteellisistä rajoitteista huolimatta tehokkaasti. (Song 2015, 212–213.)

Irtolastialuksia voidaan luokitella myös niiden tonnimääräisen vetoisuuden (deadweight) perusteella. Luokituskategorioiden etenevät seuraavasti (Isbester 2010, 2.):

- Small: alle 10 000 t.
- Handysize: 10 000–35 000 t.
- Handymax: 35 000–65 000 t.
- Panamax: 65 000–100 000 t.
- Capesize: 100 000–180 000 t.
- Very large: >180 000 t.



### 3 OPINNÄYTETYÖN TAUSTAA

Tämän työn tutkimus toteutetaan toiminnallisena tutkimuksena, jolla tarkoitetaan toiminnallisen tuotoksen luontia ja siihen liittyvän prosessin kuvailua ja analysointia (ks. Säteri 2020.) Tässä työssä toiminnallisena tutkimuksena tarkoitetaan lastinsiirto-operaation suunnitelmaa ja sen toteutusta. Niiden luomisprosessi kuvataan ja analysoidaan. Lastinsiirto-operaation suunnitelma on jaettu Stavroun ja Ventikosin (2013) lastinsiirto-operaation jaottelun mukaisesti kiinnittymis- ja irrottautumissuunnitelmaan sekä lastaus- ja painolastisuunnitelmaan.

#### 3.1 Työssä käytettävä aineisto

Työ lähti käyntiin kysymyksestä: Mistä asioista lastinsiirto-operaatio koostuu. Tähän kysymykseen vastasi Stavroun ja Ventikosin (2013) kirjoittama artikkeli lastinsiirtoprosessien riskianalyyseistä ja niiden viimeaikaisesta kehityksestä. Artikkelin selostaa lastinsiirto-operaatioiden syitä ja historiaa sekä niiden peruseräotteita. Lastinsiirto-operaatio voidaan jakaa neljään vaiheeseen: operaation suunnittelu, toiseen alukseen kiinnittyminen, lastausoperaatio ja paikalta poistuminen (Stavrou & Ventikos 2013). Koska työ on rajattu aluksen kansipäällystön näkökulmaan, tarkastellaan tässä työssä toiseen alukseen kiinnittymistä, lastausoperaatiota sekä paikalta poistumista, eli aluksella suoritettavia operatiivisten tehtävien suunnittelua.

Aikaisempien opintojen kuivarahtitoimintojen kurssimateriaaleissa oli J. Isbesterin (2010) kirjoittama Bulk Carrier Practise -kirja. Se selostaa kattavasti tietoa kaikesta kuivarahtialusten toiminnasta. Tässä työssä merkittävimmät tarkastellut asiat olivat lastausprosessiin sekä painolastioperointiin sisältyvät osa-alueet.

Koska työn aiheena on erityisesti lastinsiirto-operaatio merellä, tarvittiin tietoa näiden operaatioiden erityispiirteistä. Tähän tarkoitukseen lähteenä toimii International Chamber of Shipping ja Oil Companies International Marine Forum -järjestöjen laatima Ship to Ship Transfer Guide -teos (2005). Tämä teos käsit-

telee öljyalusten välisiä lastinsiirto-operaatioita. Työssä hyödynnetään sel- laista tietoa, jota voidaan soveltaa lastinsiirto-operaatioihin alustyypistä riippu- matta.

Työn tutkimuksen toteuttamiseksi tarvittiin aluksen tiedot, joita tarvittaisiin las- tinsiirto-operaation suunnitteluun. Työn toteuttamiseksi sain luvan työn ohjaa- jalta hyödyntää monitoimialus Medangaran lastauksessa käytettäviä doku- mentteja, jotka hän on saanut niiden tekijältä, Jan Babiczilta, opetusmateriaa- liksi. Alus on luokiteltu kuivarahtia kuljettavaksi monitoimialukseksi, sillä on valmius monenlaisten lastityyppien kuljettamiseen (Babicz 2008c).

MPV Medangaran ominaisuuksien tarkastelussa hyödynnettiin seuraavia do- kumentteja: Capacity plan (lastaussuunnitelma) esittää aluksen kapasiteettiin liittyvät perustiedot, joita tarvitaan aluksen lastaus- sekä painolastioperaatioi- den suunnitteluun, toteutukseen ja valvontaan. Se tarjoaa tiedot muun mu- assa aluksen eri tankkien vetoisuuksista ja lastausjärjestelyistä. (Babicz 2008a.) Hydrostatic tables (hydrostaattiset taulukot) tarjoaa aluksen hydro- staattisia tietoja aluksen eri keskisyväyksillä, joita hyödynnetään lastilaskel- missa (Boguszewski 2008). Intact stability information (lastausopas) antaa esi- merkkejä ja ohjeita erilaisiin lastaustilanteisiin ja laskelmiin, joita voidaan aluk- sella hyödyntää. (Babicz 2008b.)

Lisäksi, jotta suunnitelma ja simulaatio olisi mahdollisimman realistinen, hyö- dynnettiin työssä aluksen käsittelyyn ja lastaukseen liittyviä lainsäädännöllisiä teoksia, joita ovat: IMSBC Code (international maritime solid bulk cargo), joka tarjoaa tietoa eri kuivarahtilajien luonteesta, toimintatavoista sekä vaaroista. (IMSBC Code 2020). BLU Code (code of practise for safe loading and unloa- ding of bulk carrier) on luotu ehkäisemään onnettomuuksia kuivarahtialuksilla, jotka ovat seurausta sopimattomista lastaus-, purku- sekä painolastikäytän- teistä. Teos antaa ohjeita kuivarahdin turvalliseen lastaamiseen, purkamiseen, painolastioperointiin sekä niihin liittyviin muihin toimintoihin. (BLU Code 2022.) Lastiviivojen yleissopimus 1966/88 (International convention on the load lines 1966/88) käsittelee alusten syväyteen liittyviä määräyksiä ja ohjeita. Teok- sessa määritellään maailmanlaajuisesti eri merialueiden ja vuodenaikojen mu- kaisesti syväysrajoitukset, joita oikeassa lastaus- ja kuljetustilanteessa tulee noudattaa (Load Lines 2005.)

### **3.2 Opinnäytetyön merkitys**

Työn merkitystä miettiessä koin, että koska työ toteutetaan kouluympäristön välineitä ja materiaaleja hyödyntäen, voisi se mahdollisesti antaa tulevaisuuden opetukseen uudenlaista näkökulmaa. Näin myös totesi työn ohjaaja ja mainitsi, että työn tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää opintojen kehittämisessä. Lisäksi aihe on työn tekijälle henkilökohtaisesti kiinnostava ja mahdollisesti hyödyllinen, sillä lastinkäsittelytaidot koen merkittäviksi tulevaa merenkulkijan uraa ajatellen, koska lastinsiirto-operaatioita Itämerellä nykypäivänä aktiivisesti suoritetaan. Voi olla, että tämän työn tekemisestä saadut opit tulevat olemaan hyödyllisiä työelämässä.

## 4 LASTINSIIIRTO-OPERAATIOPROSESSI

Mikä tahansa lastioperaatio merenkulussa lähtee liikkeelle siitä, kun aluksen päällikölle annetaan lastaustoimeksianto varustamon tai rahtaajan toimesta. Kyseisen toimeksiannon sisällön tulisi sisällöltään olla niin riittävä, että kyseinen lastausoperaatio voidaan suunnitella ja toteuttaa. Se, mitä kaikki tämä sisältö tarkalleen on, riippuu kyseisen operaation luonteesta. (Isbester 2014, 109.)

Jokaiseen merellä tapahtuvaan lastinsiirto-operaatioon tulee nimetä virallinen valvoja, joka voi olla jommankumman aluksen päällikkö tai ulkopuolinen henkilö. Hän tarkkailee sitä, että operaatio sujuu turvallisesti ja suunnitellusti. Valvojalla on valtuudet puuttua toimintaan, mikäli turvallisuudessa on puutteita tai jopa keskeyttää operaatio, mikäli tarpeen. (Stavrou & Ventikos 2013.) Mikäli alusten päälliköillä ei ole entuudestaan osaamista lastinsiirto-operaatioihin liittyen, suositellaan ulkopuolisen, osaavan henkilön palkkaamista valvojan tehtävään. (International Chamber...2005, 2.)

Koska jokainen aluksen ohjaus-, lastaus- tai hallintatilanne on erilainen riippuen aluksen ohjailuominaisuuksista, sääolosuhteista sekä muista vaikuttavista tekijöistä, tulee työelämässä standardoituja malleja soveltaa (Witkowska & Śmierzchalski 2017). Lisäksi aluksen hallinta perustuu nopeaan ja jatkuvaan tilanteeseen adaptoitumiseen rationaalisen tiedon ja intuition avulla (Baudu 2018, 8.), sekä kokemukseen ja tilanteen arviointiin (Witkowska & Śmierzchalski 2017).

### 4.1 Kiinnittyminen toiseen alukseen ja irrottautuminen

Lastinsiirto-operaatioita voidaan suorittaa kahdella tavalla. Joko niin, että molemmat alukset ovat koko prosessin aikana eteenpäin kulkevassa liikkeessä tai ankkuroituna paikoilleen. Merkittävin riski toiseen alukseen kiinnittymisessä ja siitä irrottautumisessa on alusten kontakti ja siitä koituvat vauriot ja vaaratilanteet. (International Chamber... 2005, 23.)

## **Alusten yhteensopivuus ja olosuhteet**

Molempien alusten rakennetta on tärkeää tarkastella kiinnittymistä ja irrottautumista suunniteltaessa. Tärkeää tietoa suunnitteluun on molempien alusten tekniset tiedot, kuten alusten päämitat sekä ohjailu-, ankkurointi- sekä kiinnittymisvarusteet. Kiinnittymisvarusteiden asiallinen toiminta ja kunto on hyvä varmistaa ennen operaatiota. Kyseisiä varusteita ovat muun muassa köydet, vinssit ja lepuuttajat. Erityisesti tärkeää tietoa alusten mitoista ovat alusten varalaidat, eli aluksen kyljen korkeus vedenpinnan yläpuolella. Tälle alueelle asennetaan lepuuttajat, eli pehmusteet, joiden tarkoituksena on estää alusten runkojen kosketus ja tästä mahdollisesti syntyvät vauriot. Toinen alusten rakenteisiin liittyvä riski on alusten muiden rakenteiden, kuten asuintilojen osuminen toisiinsa prosessin aikana. (Stavrou & Ventikos 2013.)

Muita ulkoisia tekijöitä, kuten toimenpidealueella vallitsevan liikennetilanne, maantieteellinen sijainti, rakenteet, virtaukset tai vuorovedet pitäisi ottaa huomioon ennen operaation aloittamista ja sen aikana. Merellä tapahtuvien kevenysoperaatioiden kannalta erityisesti sääolosuhteet tuovat merkittävät ehdot operaation turvallisuudelle. (Stavrou & Ventikos 2013.) Riskianalyysiä tehtäessä on mietittävä, että mikäli merellä sääolosuhteet tai muut tekijät muuttuvat uhkaaviksi, on lastinsiirto-operaatio keskeytettävä (Yan 2020).

Lähtökohtana toiseen alukseen kiinnittymisessä ja irrottautumisessa on se, että operoitava alus olisi ankkuroituna siten, että aluksen keulasuunta pysyy samana kohti tuulen ja virtauksen vaikutussuuntaa. Ankkuroituneen aluksen tulisi olla ankkuroituna niin tukevasti, että tämän aluksen ankkuri riittää pitämään molemmat alukset paikoillaan. (International Chamber...2005, 27.) Joidenkin maiden paikallismääräyksissä saatetaan velvoittaa luotsin käyttöä kiinnittymis- ja irrottautumisprosesseissa (International Chamber...2005, 23).

## **Kiinnittyminen toiseen alukseen**

Kun kiinnitytään toiseen alukseen, voidaan noudattaa samoja periaatteita, kuin laituriiin kiinnittymisessä, kunhan operoitava alus pysyy paikallaan. Ei ole yhtä tiettyä tapaa suorittaa toiseen alukseen kiinnittyminen, vaan aluksen

päällikkö voi suorittaa sen haluamallaan tavalla olosuhteet huomioiden. Lähestymistavasta riippumatta, tulisi se suorittaa rauhallisella, sivuttaisella liikkeellä. Merkityksellisenä erona laituriiin ja toiseen laivaan kiinnittymisessä on turvallisuusasioiden huomioiminen. Lisäksi haastavat sääolosuhteet tai alusten heikot ohjailuominaisuudet saattavat madaltaa kynnystä hinaajien hyödyntämiselle tai operaation keskeyttämiselle kiinnittymis- ja irrottautumisen aikana. (International Chamber... 2005, 23.)

## Köydet

Aluksen kiinnitykseen käytettävät köydet voidaan jakaa seuraavasti (Wärtsilä 2022):

- Keulaköydet kuljetetaan aluksen keulimmaisten läpivientien läpi laituriiin tai toiseen alukseen noin 45 asteen kulmassa.
- Peräköydet kuljetetaan aluksen perimmäisten läpivientien läpi laituriiin tai toiseen alukseen noin 45 asteen kulmassa.
- Springit kuljetetaan lähempänä aluksen keulaa ja perää olevista läpivienneistä ja kulkevat jyrkässä kulmassa lähtöpaikastaan aluksen keskiosan suuntaisesti laituriiin tai toiseen alukseen.
- Brestit kuljetetaan lähempänä aluksen keskiosaa olevista läpivienneistä ja niiden tulisi kulkea ulos mahdollisimman suorassa kulmassa alukseen nähden.

Köysijärjestelyihin ei ole yhtä oikeaa tapaa, ja tyypillisesti aluksen normaalisti käytössä olevat köydet sopivat lastinsiirto-operaatioihin. Lastinsiirto-operaation kiinnittymissuunnitelmassa tulisi tarkastella ja huomioida seuraavia asioita (International Chamber...2005, 31):

- köysiin ja aluksen rakenteisiin kohdistuvien voimien tasaisuus ja raja-arvot
- köysien jyrkkyyskulmat
- sääolosuhteiden raja-arvot.

Olenaisesti köysiin kohdistuviin voimiin vaikuttaa niiden lukumäärä ja laatu. Tärkeää olisi, että kiinnittymisköysiä otetaan käyttöön tarpeeksi ja ne pidetään sellaisessa tilassa, että ne antavat hieman myötä alusten liikkumiselle ja syväyksien muuttumiselle lastioperaation aikana, jotta niihin ei kohdistuisi liian suuria voimia ja vaurioituisi. Kuitenkin on myös pidettävä huoli, etteivät köydet ole liian pitkiä tai löysiä, jotta alusten liikkeet eivät kasvaisi liian suuriksi. Samaa suuntiin menevien köysien tulisi olla samaa materiaalia. Operaatioon ai-

kana tulisi olla myös varaköysiä nopeasti hyödynnettävissä, mikäli tilanne niiden käyttöä vaatisi. (International Chamber...2005. 28.) Köydet tulisi mahdollisuuksien mukaan viedä ainoastaan kiinteiden läpivientiaukkojen läpi ja köysijärjestelyissä tulisi hyödyntää läpivientejä ja tolppia tasaisesti, jotta rasitukset vaikuttaisivat tasaisesti. Tyypillisesti kiinnittymiseen käytettävät köydet tulevat operaatiota suorittavasta aluksesta, mutta mikäli sääolosuhteet vaativat, voidaan köysien kokonaislukumäärää kasvattaa ottamalla käyttöön myös operoitavan aluksen köysiä. Alusten syväysten ja varalaitojen erojen tarkastelu osana kiinnittymissuunnitelmaa on tärkeää, sillä kun alusten syväysten ja varalaitojen ero kasvaa, kasvaa myös köysien kiinnityskohtien etäisyys ja köysien jyrkkyysskulma. Nämä ilmiöt altistavat köysien vaurioille sekä köysien pito-vaikutus voi heikentyä. (International Chamber...2005, 30.)

### **Aallot**

Aalloilla on erilaisia vaikutuksia köysien kykyyn pitää aluksen kiinni toisissaan. Pitkäkestoiset ja voimakkaat aallot voimistavat ja heikentävät köysiin kohdistuvaa vetoa vuorotellen. Aaltojen vaikutus vaihtelee alusten ominaisuuksien mukaan, mutta noin kolmen metrin aaltoja pidetään ylärajana. Lisäksi suuri uhka alusten kiinni pysymiselle on, mikäli aallot tulevat alusten peräpuolelta, mitä tulisi välttää. Optimaalisinta olisi pitää suurempi, eli tyypillisesti operoitava, alus tuulen yläpuolella suojaamassa pienempää alusta tai aallot suoraan edessä. (International Chamber... 2005, 30.) Aluksen uppouman vähetessä heikkenee sen vakavuus ja siihen vaikuttavien voimien vaikutus voimistuu. Tätä vaikutusta ja siihen liittyviä riskejä on tarkkailtava koko operaation aikana (International Chamber... 2005, 31.)

### **Fendarit**

Fendarit eli alusten laitojen väliin asetettavien pehmusteiden tehtävänä on ehkäistä alusten välinen kontakti ja vauriot. Fendareita on erityyppisiä ja vahvuuksia. Kiinnittymistä suunniteltaessa tulisi alusten kokojen ja kokoerojen kautta tarkastella, minkälaiset fendarit ovat riittävän kestäviä operaatiota varten ja kuinka monta niitä tarvitaan. Fendarit voidaan kiinnittää kumpaan tahansa

alukseen, mutta fendarien ollessa operaatiota suorittavassa aluksessa, pidetään riskiä runkojen kohtaamisille vähäisempänä. (International Chamber... 2005, 41.)

### **Haalaus/siftaus**

Haalauksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa aluksen sijaintia kiinnittymispai-  
kassa muutetaan aluksen vinssien ja kiinnitysköysien avulla. Haalaus tapah-  
tuu siten, että aluksen liikuttamissuunnassa kiristetään keula- tai peräköysiä,  
jotka vetävät alusta ja samalla löysätään saman puolen springiä, jolloin se ei  
vedä liikkeen vastaisesti. Samaan aikaan vastakkaisella puolella löysätään  
perä- tai keulaköysiä ja kiristetään springiä. Siftauksella tarkoitetaan aluksen  
sijainnin muuttamista laiturissa konevoimia hyödyntäen, jolloin toteutetaan sa-  
moja periaatteita, kuin kiinnittymisessä ja irrotautumisessa. (Piira & Haavisto  
2005, 65.)

### **Irrottauminen**

Toisesta aluksesta irrotautumisessa pätevät samat periaatteet, riskit ja varo-  
toimenpiteet kuin kiinnittymisessä. Oikeaa tapaa ei ole, mutta se tulisi suorit-  
taa erityistä varovaisuutta noudattaen, huomioiden vallitsevat olosuhteet. Ope-  
raation suoritettavana olevan aluksen tulisi olla paikoillaan ja sääolosuhteiden  
maltilliset, jotta alusten kontakteilta ja vaurioilta vältyttäisiin. (International  
Chamber... 2005, 39.)

## **4.2 Lastinsiirto**

Lastisuunnitelman tulisi antaa kaikki oleellinen tieto, jotta aluksen henkilöstö  
voi lastioperoinnin suorittaa. Aluksen lastioperointia ja lastin kuljettamista  
määrittävät aluksen ominaisuudet, aikaisemman käytänteet, kansainväliset lait  
ja asetukset. Lastauksen suunnittelussa tulisi tarkastella seuraavia asioita:

### **Lastin ja aluksen ominaisuudet**

Jotta lastausoperaatio voidaan toteuttaa, ovat aluksen ja lastityypin ominai-  
suudet ensimmäiset asia, joita lastinkäsittelyn suunnittelussa tulisi pohtia.



Tällä selvitetään, ovatko lasti ja lastattava alus yhteensopivia. Rajoitteita tiettyjen lastien kuljettamiseen saattaa ilmetä rahtaus sopimuksissa tai aluksen kestävyysominaisuuksissa. Aluksen kestävyyyteen liittyvät rajoitukset tulisi ilmetä aluksen vakavuuden dokumenteista (Isbester, 2010. 110.)

### **Lastattavan lastin määrä**

Alukseen lastattavan lastin määrä on seuraava asia, joka suunnitellaan, kun tiedetään, mitä lastia lastataan. Tätä varten on käytettävä tietoja aluksen lastikapasiteetista ja hydrostaattisista ominaisuuksista, jotta saadaan selville, miten paljon lastia voidaan lastata, ja mitä erityishuomioita kyseiseen lastaukseen liittyy. Maksimimäärää lastia, joka alukseen voidaan lastata, voi rajoittaa kolme asiaa (Isbester 2010, 109–111.):

- ruumien tilavuudet
- käytettävissä oleva kuollut paino (myöh. deadweight), eli aluksen kantavuus tonneissa
- syväysrajoitukset.

Erittäimen tärkeä arvo siihen, miten paljon pyydettyä lastia voidaan lastata, on niin sanottu stowage factor (myöhemmin Sf.). Tämä kertoo lastin tilavuuden yhtä tonnia kohti. Kun lastin Sf. ja aluksen hydrostaattiset tiedot ovat tiedossa, voidaan maksimaalinen lastimäärä laskea. Kun lastin Sf. kerrotaan suunnitellulla lastimäärällä tonneissa, huomioiden, että yksiköt ovat toisiaan vastaavat, saadaan lastin kokonaistilavuus. Tätä verrattaessa ruumien tilavuuksiin saadaan selville, mahtuuko suunniteltu lasti ruumiin. (Isbester 2010, 111.)

Kuolleen painon kautta lastimäärän määrittämisessä suunniteltua lastimäärää tonneissa verrataan käytettävissä olevaan kuolleeseen painoon. Koska kuolleeseen painoon sisällytetään aluksessa olevat polttoaineet, voiteluöljyt, vedet, varastot, miehistö sekä muut tavarat, on näiden arvot vähennettävä käytettävissä olevasta kuolleesta painosta. Kolmantena huomioitava asiana ovat syväysrajoitukset, jotka tulevat lastiviivojen yleissopimuksesta. Veden tiheydellä on merkittävä vaikutus aluksen syväyteen, vaikka aluksen massaa ei muutettaisi. Joten lastausta suunnitellessa on tärkeää ottaa selville kyseisen merialueen veden tiheys. (Isbester 111, 2010.)

## Lastin jaottelu ja lastausjärjestys

Kun lastattavan lastin määrä on määritelty, voidaan suunnitella lastin jaottelu eri ruumien kesken sekä lastausjärjestys. Ensimmäinen toimenpide lastin jaottelussa on päättää, mitkä ruumat lastataan. Esimerkiksi, mikäli lastin tiheys on alhainen, tyypillisesti lastataan jokaiseen ruumaan. Lastin tiheys ollessa erityisen suuri, voidaan myös lastata joka toiseen ruumaan, mikäli alus on rakenteellisesti tämän tyyppiseen kuljetukseen kykenevä. Lastin jaottelu voi perustua aluksen vakavuusmanuaaliin, aikaisempiin käytäntöihin tai lasti voidaan jakaa prosentuaalisin osuuksin. (Isbester 2010, 112–113.)

Lastausjärjestys voidaan suunnitella, kun yllä olevat asiat on määritelty. Tyypillinen lastisuunnitelma kuvaa lastauksen yksittäisin vaihein. Näitä vaiheita voidaan kutsua termeillä askel, kaato, kasa tai pudotus jne. (myöh. kaato). Yksi tällainen kaato kuvaa tiettyä osaa lastimäärästä, joka tullaan lastaamaan yhteen ruumaan kerrallaan. Hyvänä käytäntönä pidetään sitä, että yksi kaato vastaa noin puolikasta tai kolmasosaa lastimäärää, joka yhteen lastiruumaan kokonaisuudessa tullaan lastaamaan. Lisäksi lastaussuunnitelma tulisi jakaa suurempiin vaiheisiin, jonka päättyessä jokaiseen lastiruumaan olisi lastattu yksi kaato. (Isbester 2010, 115.)

Hyvänä mallina voidaan todeta, että ensimmäisen kaadon tulisi alkaa aluksen keskimmäisestä ruumasta tai sen viereisestä peränpuoleisesta ruumasta. Vaiheet jatkuvat niin, että kaadot vuorottelevat aluksen perä- ja keulapuolen välillä edeten kohti perimmäisiä ja keulimmaisista ruumia. Keulimmainen tai perimmäinen ruuma tulisi jättää viimeiseksi ensimmäisessä vaiheessa. Toinen vaihe taas aloitetaan siitä ruumasta, joka oli edellisen vaiheen viimeinen, lähestyen kohti aluksen keskiosaa. Tällöin saadaan alus pidettyä maltillisessa perätrimmissä, eli perän matalampi syväys keulaan nähden, joka helpottaa painolastioperointia. Lastausjärjestystä suunnitellessa tulisi tarkistaa lastausmanuaalin sekä luokituslaitoksen mahdolliset rajoitukset lastausjärjestystä koskien. (Isbester 2010, 115.)

Lastaus päätetään niin sanottuihin ”trimmauskaatoihin”, jotka ovat viimeiset lastimäärät, jotka on tarkoitus käyttää aluksen suunnitellun lopullisen tilan ja

trimmin saavuttamiseksi. Tässä vaiheessa tulisi aluksen painolastivesien olla tyhjennettynä, jotta trimmikaatojen jälkeen aluksen tila ei enää muutu ennen kuljetusta. (Isbester 2010, 115.)

### **Muut massat**

Muita massoja, jotka voivat vaikuttaa aluksen syvyyteen ja vakavuuteen, voivat olla esimerkiksi polttoaineet tai vedet. Nämä ovat tärkeitä huomioida lastisuunnittelussa. Ennen lastausta olisi hyvä siirtää muut massat hyvissä ajoin ennen lastauksen päättymistä sinne, missä niitä tarvitaan kuljetusvaiheessa. (Isbester 2010, 112–113.)

### **Lastausnopeuden määrittäminen**

Kun lastaus suoritetaan kahmareilla, voidaan lastauksen aikana seurata kahmareiden liikkeitä ja laskea, kuinka monta kertaa kahmarit ovat lastia siirtäneet. Mikäli tiedetään, että kuinka paljon kyseistä lastia yksi täysi kahmari siirtää lastia, saadaan lastimäärä laskettua kahmarien lastinsiirtojen lukumäärän kautta. Kuitenkin huomioitavaa on se, ettei kyseinen tapa ole tarkka, sillä täysin tarkkaa määrää, kuinka paljon lastia yhden kahmarin mukana siirtyy, on mahdotonta täysin tietää. Tällöin lastausnopeuden määrittäminen perustuu lastisuunnitelman tekijän aikaisempiin kokemuksiin ja havaintoihin. (Isbester 2010, 167.)

### **4.3 Painolastioperointi**

Aluksen painolastiveden ja painolastioperoinnin tarkoituksena on kontrolloida aluksen syvyyttä, vakavuutta, trimmiä, kallistusta ja alukseen vaikuttavia voimia. Yleinen periaate on se, että kun alus lastaa lastia, painolastivesiä pumpataan aluksesta pois. Kun lastia puretaan aluksesta, painolastivettä pumpataan alukseen. (Isbester 2010, 85.) Painolastivesien tyhjentämisessä ja täydentämisessä voidaan hyödyntää myös painovoimaa, jolloin pumppuja ei tarvitse hyödyntää. Kun tyhjennettävä painolastitankki on vesilinjan yläpuolella, voidaan kyseisen tankin tyhjentää painovoiman avulla avaamalla mereen johtava venttiili. Kun painolastitankki sijaitsee vesiviivan alapuolella, voidaan se täyttää avaamalla mereen johtava venttiili. (Isbester 2010, 91.)

Painolastisuunnitelma tulee olla suunniteltu ennen lastioperaation alkua ja sen tulisi olla yhdenmukainen lastisuunnitelman kanssa. Yhdenmukaisuudella tarkoitetaan sitä, että painolastioperoinnin järjestys seuraa lastausjärjestystä. Eli kun tiettyä lastiruumaa lastataan tai puretaan, niin samanaikaisesti sen läheisyydessä olevia painolastitankkeja tyhjennetään. Lisäksi painolastioperoinnin järjestyksessä tulee ottaa huomioon vaatimuksen alukseen vaikuttavista voimista (limit stresses), trimmistä ja syväydestä. (Isbester 2010, 90.)

Painolastioperointia määrittävät määräykset tulisi selvittää ennen lastausprosessia ja sitä suunnitellessa. Kyseisten määräysten tarkoituksena ja tavoitteena on suojella alusta sekä ympäristöä vahingoilta. Määräykset voivat asettaa rajoituksia seuraaviin asioihin (Isbester 2010, 85.):

- Aluksen rasitukset, kuten voimat, taivutus- ja vääntömomentit. Kyseisille rasituksille asetetaan rajoitukset satama- ja meriolosuhteisiin erikseen. Kyseiset rajoitukset on asetettu aluksen luokituslaitoksen toimesta, ja ne löytyvät tyypillisesti aluksen lastausohjeistuksesta tai vakavuusmanuaalista.
- Keulan syvyyttä meriolosuhteissa voidaan rajoittaa luokituslaitoksen toimesta. Se kerrotaan tyypillisesti kerroinlukuna aluksen kokonaispituuteen nähden.
- Aluksen vakavuuden tulee olla riittävän positiivinen tulevaa merimatkaa varten. Tätä tarkoitusta varten painolastitankit tulisi aina täyttää tai tyhjentää täysin.
- Painolastiveden paine ei saa kasvaa liian suureksi tai laskea liian matalalle. Näiden riski on olemassa erityisesti painolastitankkien tyhjennettäessä. Liian suuri paine voi aiheuttaa vahinkoa painolastitankkeihin, putkistoihin tai pumppuihin. Liian matala paine tarkoittaa, ettei painolastiveden pumppausnopeus ole optimaalinen. Sopivaa painetta ylläpidetään tyhjennysventtiilien asteittaisella sulkemisella. Yleinen suositus on, että poistoventtiili on pidettävä vähintään 15 % auki.
- Painolastivesien ottamista ja tyhjentämistä on säädelty IMO:n julkaiseman International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Management -säädöksen toimesta. Lisäksi muut viranomaiset ja

valtiot saattavat asettaa omia, tiukempia rajoituksia painolastivesien operointiin.

### **Painolastioperoinnin järjestys lastauksen aikana**

Painolastitankkien tyhjennys aloitetaan tyypillisesti tyhjentämällä täydennetyt pohjatankit. Pohjatankit sijaitsevat lastiruumien alapuolella. Pohjatankit tyhjenetään seuraten lastaussuunnitelman järjestystä. Tiettyyn ruumaan lastattaessa, pumpataan painolastia sen alapuolella olevasta pohjatankista pois. Pohjatankit voivat myös olla pareja, jolloin yksi pari tyhjenetään samanaikaisesti. Viimeisenä tyhjenetään keulimmaisetai perimmäiset painolastitankit. Mikäli lastaus saadaan melkein valmiiksi ennen painolastin tyhjennystä, on lastaus pysäytettävä, kunnes painolasti on tyhjenetty. Tyypillistä on, että lastauksen pysäyttäminen ja lopullinen painolastin tyhjennys sovitetaan lastausmiehistön taukoihin. (Isbester 2010, 92.)

### **Painolastioperoinnin järjestys lastin purkamisen aikana**

Painolastitankkeihin pumppaaminen toteutetaan samaa periaatetta hyödyntäen, kuin tyhjennys lastauksen aikana. Painolastitankkeihin pumppaaminen aloitetaan aluksen pohjatankkeista seuraten lastin purkujärjestystä. Kun pohjatankit on täytetty, siirrytään aluksen kyljellä sijaitseviin tankkeihin. Lasti- ja painolastisuunnitelmien aikataulujen yhteensovittaminen voi olla haasteellista, johtuen lastin purkamisen hitaudesta ja painolastin pumppaamisen nopeudesta. Ongelman ehkäisemiseksi tyypillistä on, että painolastin pumppaaminen sovitetaan lastausmiehistön taukoihin. (Isbester 2010, 89.)

Limit stresses -rajoitukset saattavat vaikuttaa painolastioperoinnin järjestykseen siten, että pohjalastitankkeja ja kyljen painolastitankkeja joudutaan täydentämään tai tyhjentämään samanaikaisesti. Lisäksi tärkeää on huomioida, että painolastisuunnitelman askeleet seuraavat tarkasti lastaussuunnitelman askeleita. Hyväksyttävää on, että painolastitankki jää vähän vajaaksi, jolloin se täytetään painolastisuunnitelman myöhemmässä vaiheessa. (Isbester 2010, 92.)

## **Painolastioperointiin käytettävä aika**

Se miten paljon painolastivettä operoidaan ja minkälaiset ominaisuudet painolastipumpulla ovat, vaikuttaa painolastioperoinnin kokonaisaikaan. Painolastitankkien määrä ja tilavuus sekä painolastipumppujen lukumäärä ja niiden pumppausteho voidaan selvittää aluksen painolastisuunnitelmasta. Yleisenä käytäntönä on myös se, ettei painolastin tyhjentämisessä käytetä useampaa kuin yhtä pumppua, pumppujen kavitaation ehkäisemiseksi. (Isbester 2010, 90.)

## **Painolastioperoinnin lopetus**

Realistisesti painolastitankkien täysin täyttäminen tai tyhjentäminen on hankalaa, joten niihin jää lähes aina hieman vettä painolastipumppuja käytettäessä. Optimaalinen tyhjentäminen vaatii painolastauksen suunnittelijoilta ja toteuttajilta ammattitaitoa, perusteellisuutta ja laadukasta organisointia. Tärkeä seikka painolastitankkien optimaalisella tyhjentämisellä on pitää alus operaation aikana perätrimmissä, sillä painolastipumppujen imuputket sijaitsevat tyypillisesti painolastitankin alakulmassa perän puolella. Kun poistoventtiiliä on suljettu 15 %:iin ja huomataan, että virtauksen paine alkaa heittelemään, tarkoittaa se sitä, että tankki on lähes tyhjä. Tästä eteenpäin painolastitankkien lopullinen tyhjentämien suoritetaan erillisellä ”stripping”-pumpulla tai -ejektorilla. Ejektorilla käytettäessä pystytään tehdä lopullinen tyhjennys erillistä palo- tai pilssipumppua hyödyntäen, jolloin painolastisuunnitelman mukaisesti voidaan siirtyä seuraavan painolastitankin tyhjentämiseen painolastipumpulla, kun edellistä tyhjennetään ejektorilla. Aluksen perätrimmin ja sivuttaisen kallistuksen vähäinen lisääminen painolastin avulla voi tehostaa tätä prosessia vielä entisestään. (Isbester 2010, 95.)

### **4.4 Alukseen vaikuttavat voimat**

Kun lastaus toteutetaan suojattomissa olosuhteissa, kuten avoimissa sateissa tai avomerellä, täytyy koko lastauksen aikana pitää alus vakavuuden kannalta sellaisessa tilassa, että mikäli olosuhteet niin vaativat, voidaan las-

taus lopettaa välittömästi ja poistua paikalta. (Isbester 2010, 115.) Aluksen vakavuudelle ja siihen vaikuttaville voimille on annettu raja-arvoja, joiden noudattamatta jättäminen voi aiheuttaa vahinkoa alukselle tai vaaratilanteita. Seuraavia käsitteitä tulisi tarkastella osana lastinkäsittelyä. (Isbester 2010, 101.)

### **Aluksen vakavuus**

Aluksen vakavuudella tarkoitetaan sen kykyä palautua alkuperäiseen, suoraan asentoon, kun se on kallistunut ulkoisen voiman takia. Pienillä kallistuskulmilla aluksen alkuvakavuuden kriteerinä käytetään metasentterin korkeutta aluksen painopisteestä (myöh. GM). Aluksen kallistuksen kasvaessa vakavuuden kriteeri on suoristavan momentin vipuvarsi (myöh. GZ). Näille arvoille annetaan minimiarvot lastausmanuaalissa, joita tulee noudattaa. (Isbester 2010, 103.)

### **Alukseen vaikuttavat voimat ja vääntömomentit**

Alukseen vaikuttavia voimat (shear forces) ja vääntömomentit (bending moments) kertovat, minkälaisia suoria sekä taivuttavia voimia kohdistuu aluksen runkoon. Aluksen lastausmanuaalissa todetaan rajat sille, minkälaiset voimat ja momentit ovat alukselle turvalliset. Sallitut voimat ja momentit ovat jaoteltu satama- sekä meriolosuhteita varten. (Isbester 2010, 102.) Lastiruumien pohjakansille, lastiluukuille ja kannelle on määritetty kuormitusrajat, jotka ilmoitetaan  $t/m^2$  -arvona. Kyseiset rajat ilmoitetaan aluksen lastausmanuaalissa. (Isbester 2010, 113.)

## 5 SIMULAATTORIT JA SIMULAATIO

Tekninen kehitys simulaatioihin perustuvissa oppimisympäristöissä on johtanut niiden lisääntyvään käyttöön opetuksessa. Simulaattorit voivat olla malliltaan erittäin kehittyneitä, suuria, tarkkoja, mutta myös kalliita. Näiden rinnalle on kehitelty edullisempia pöytätietokonepohjaisia simulaattoreita sekä ohjelmia, joissa työtehtävien harjoittelu on mahdollista. (Saastamoinen ym. 2019.)

Simulaattoreita hyödyntävä opiskelu perustuu tekemällä oppimiseen. Siinä voidaan luoda yhteys teoriaopetuksen ja reaali maailmassa tapahtuvien tilanteiden välille. Simulaattoriharjoitusten hyödyntäminen opetuksessa nähdään tehokkaampana tapana opetettujen asioiden oppimisessa, kuin pelkkä teoriapainotteinen opetus. (Saastamoinen ym. 2019.)

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merikapteenien koulutuksessa hyödynnetään perinteisten luokkatilojen lisäksi erilaisia simulaattoreita sekä ohjelmistoja. Navigointitoimenpiteiden harjoittelussa hyödynnetään ajosimulaattoreita ja aluksen lastaukseen liittyvissä tehtävissä hyödynnetään erillistä NAPA:n Loading Computer -ohjelmistoa. (Xamk 2022a.)

### 5.1 Simulaation arviointi

Simulaation arvioinnissa voidaan hyödyntää niin sanottua SMART-mallia, joka koostuu seuraavista osa-alueista ja kysymyksistä (Spurr 2015.):

- **Specific (määritelty)**

Mitä halutaan saavuttaa? Onko simulaatio soveltuva opetuskäyttöön?

- **Measurable (mitattu)**

Mistä tiedetään, että tavoitteet on saavutettu? Voidaanko tavoitteiden saavuttaminen osoittaa ulkopuoliselle?

- **Achievable (Tavoitettavissa)**

Onko ja miten tavoitteet ovat saavutettavissa?

- **Relevant (merkityksellinen)**



Onko simulaation suorittajalla vaadittava aikaisempi osaaminen simulaatioon osallistumiseen? Vastaako simulaation tavoite opiskelijan oppimistavoitteita?

- **Time-bound (aika)**

Missä ajassa simulaatio on suoritettu? Voidaanko oppimistavoitteet saavuttaa simulaation suorittamisen aikana?

## 5.2 Suunnitelman ja simulaation tavoitteet sekä tulosten tarkastelu

Tässä työssä tehdyille suunnitelmalle ja simulaatiolle asetettiin seuraavat tavoitteet ja arvioinnin kriteerit aikaisemmin mainittuun SMART-malliin perustuen (ks. Spurr 2015.):

- **Specific (määrittely)**

Tavoitteena on suunnitella ja simuloida kahden kuivarahtialuksen lastinsiirto-operaatio käytettävissä olevilla tiedoilla ja välineillä. Tavoitteena on, että simulaatio olisi soveltuva opetuskäyttöön.

- **Measurable (mitattu)**

Tavoite on saavutettu, kun lastinsiirto-operaation kaikki osa-alueet on simuloitu kappaleen 4. mukaiset asiat huomioiden. Tavoitteena, että simulaatio ja sen tulokset ovat osoitettavissa ulkopuolisille.

- **Achievable (tavoitettavissa)**

Tavoitteena on saada suunnitelma ja simulaatio suoritetuksi opiskelijalla saatavissa olevilla tiedoilla ja välineillä.

- **Relevant (merkityksellinen)**

Tavoitteena on, että simulaatiossa vaadittavat tiedot ja taidot reflektoituisivat aikaisempien opintojen sisältöön ja oppimistavoitteisiin mahdollisimman paljon.

- **Time-bound (aika)**

Tavoite on, että suunnitelma ja simulaatio olisi toteutettavissa sellaisessa ajassa, jonka opiskelija voidaan odottaa suorittavan kurssin aikana.

## 6 TUTKIMUS

Tässä osiossa kuvataan tämän opinnäytetyön tutkimus, jossa ensin kuvataan teoreettisen lastinsiirto-operaation suunnittelu, jonka jälkeen selostetaan prosessi, miten tämä kyseinen suunnitelma toteutettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun merikapteenitutkinnon opiskelijoiden käytettävissä olevilla välineillä. Koska koululla on käytössään ainoastaan yhden kuivarahtialuksen lisenssi NAPA-ohjelmassa, ja se ei vastannut MPV Medangaran ominaisuuksia, jouduttiin kyseisen aluksen lastausprosessin tarkastelu jättämään tältä osin pois. Tämän rajoitteen takia tehdään lastaus- sekä painolastisuunnittelu manuaalisesti laskelmiin ja aluksen hydrostaattisiin tietoihin pohjautuen. NAPA-ohjelmassa tehtävä tarkastelu tehtiin vain operoitavan (myöh. purettavan) aluksen näkökulmasta.

### 6.1 Suunnitelman kuvaus ja ennakoasetelmat

Suunnitelmassa kuvataan lastinsiirto, jossa paikallaan olevasta kuivarahtialuksesta lastataan maksimaalinen määrä hiiltä operaatiota suorittavaan (myöh. lastattavaan) alukseen. Suunnitelman vaiheita ovat aluksen kiinnittyminen ja irrottautuminen, lastaus- ja painolastisuunnitelma. Suunnitelma kuvataan siitä lähtökohdasta, että lastinsiirto suoritetaan rannikon läheisyydessä, jolloin operaation jälkeinen merimatka on lyhyt ja aluksen varastot voidaan pitää pienempänä. Sääolosuhteiden oletetaan olevan lastinsiirto-operaation aikana maltilliset.

#### Operaatiota suorittava alus

Lastinsiirto-operaation lastattavana aluksena toimii MPV Medangara. Seuraavaksi selvitettiin suunnitelman kannalta oleelliset tiedot aluksesta aluksen Capacity Plan -dokumentista. Aluksen päämitat ovat esitettyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Medangaran päämitat (Babicz 2008c.)

Kokonaispituus	119 m
LBP	112 m
Leveys	16,5 m
Laidan korkeus	8,3 m
Syväys ennen ja jälkeen lastauksen	4,35 m, 6,24 m

Taulukossa 1 olevalla laidan korkeudella sekä eri syväyksien arvoilla pystytään laskemaan varalaidan korkeus prosessin eri vaiheissa. Kun alus kiinnittyy alukseen, silloin laidan korkeudesta vähennetään silloinen keskisyväys 4.35 m. Silloin varalaidan korkeus 3.95 m. Kun alus on lastattu, vähennetään laidan korkeudesta keskisyväys 6.4 m. Silloin varalaidan korkeus 1.9 m. Varalaidan arvolla ja sen muutoksilla on merkitystä esimerkiksi fendareiden valinnassa sekä kiinnitysköysien valvonnassa.

Aluksen ohjailun, kiinnittäytymisen ja irrottautumisen kannalta olennaista tietoa on, että se on varustettu säätölappapotkurilla, jolloin aluksen nopeuden säätely tapahtuu potkurin lapojen kulman muutoksilla. Alus on lisäksi varustettu yhdellä keulan ohjailupotkurilla, jota voidaan hyödyntää kiinnittymis- ja irrottautumisohjailuissa. (Babicz 2008c.)

Lastauksessa oleellista tietoa on, että aluksessa on kaksi ruumaa, joihin lastia voidaan lastata. 1. ruuman tilavuus on 3985 m<sup>3</sup> ja 2. ruuman 4707 m<sup>3</sup>. Eli yhteensä tilaa ruumissa on 8692 m<sup>3</sup>. Alusta ei ole varustettu omilla lastausnostureilla. (Babicz 2008a.) Tästä syystä lastinsiirtoprosessi kuvataan siten, että lastaus suoritettaisiin operoitavan aluksen nostureilla.

### **Purettava alus**

Purettavana aluksena toimii NAPA-lastausohjelmassa oleva kuivarahtialus. NAPA-lastausohjelmassa ei ole esitetystä aluksesta ei ole saatavilla tietoja sen pohjaratkaisuista tai rakenteista, joten etsittiin tätä mahdollisimman lähellä oleva esimerkki. Näitä tietoja voitiin työssä hyödyntää alusten yhteensopivuuden ja köysijärjestelyjen tarkasteluun. Syväystiedot ovat saatu NAPA-ohjelmassa suoritetusta toteutuksesta, joka on kuvattu luvussa 6.2.2. Muut tiedot kerättiin Isbesterin (2010) teoksessa esitetyn M/V Regina Oldendorff -aluksen

tietojen pohjalta, josta olivat piirrustukset sekä mitat esitettyinä. Molemmat aluksen voidaan kokonsa puolesta luokitella handymax-luokkaan. Ominaisuudet ovat myös lähes samanlaisia, sillä molemmissa on viisi lastiruumaa sekä neljä lastausnosturia. Aluksen päämitat ovat esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Operoitavana olevan aluksen mitat (Isbester 2010).

Kokonaispituus	195 m
Leveys	32,26 m
Laidan korkeus	15,87 m
Syväys ennen ja jälkeen lastauksen	12,7 m, 12,32 m

## 6.2 Lastaussuunnitelma

Tässä työssä on kyse teoreettisesta lastausoperaatiosta, joten ei tässä yhteydessä saatu varustamolta lastaustoimeksiantoa toteutettavaksi. Lastisuunnitelma toteutettiin siten, että MPV Medangaraan lastataan maksimaalinen määrä hiiltä. Prosessi aloitettiin selvittämällä, miten paljon kyseistä lastia voidaan lastata alukseen. Suunnitelman toteutuksessa hyödynnettiin Isbesterin (2010) teoksessa esitettyjä käytänteitä.

### Lastin ominaisuudet

Lastin ominaisuuksia lähdettiin selvittämään IMSBC-koodista. Hiillelle on määritetty seuraavat tiedot:

Taulukko 3. Hiilen ominaisuudet (IMSBC Code 2020).

<b>Characteristics</b>			
<b>Physical properties</b>			
<b>Size</b>	<b>Angle of repose</b>	<b>Bulk density (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Stowage factor (m<sup>3</sup>/t)</b>
Up to 50 mm	Not applicable	654 to 1,266	0.79 to 1.53
<b>Hazard classification</b>			
<b>Class</b>	<b>Subsidiary hazard(s)</b>	<b>MHB</b>	<b>Group</b>
Not applicable	Not applicable	CB and/or SH and/or WF and/or CR	B (and A)

Taulukosta 3 tarkastellessa lastin tiheyttä ja stowage factor -arvoa voidaan havaita, että hiilen ominaisuuksia ei ole määritetty tarkasti. Aiemmin todettiin, että lastaustoimeksiannon tulisi antaa kaikki tarpeellinen tieto lastauksen suunnittelemiseksi, olisi siinä kerrottu lastin luonne tarkemmin. Koska tässä

tapauksessa toimeksiantoa ei ole, käytetään tiheyden arvona vakavuusmanuaalin lastausohjeessa annettua  $0,726 \text{ kg/m}^3$  arvoa ja SF:n arvona  $1,40 \text{ m}^3/\text{t}$ .

Hiilelle annetaan myös tietoja sen haitallisuudesta, kuten taipumus tuottaa syttyviä kaasuja, esimerkiksi metaania. Kun metaani saavuttaa 5–16 % pitoisuuden ilmassa, voidaan sitä pitää syttymisalttiina seoksena. Metaani on ilmaa kevyempää, jolloin se varastoituu lastiruumien yläosiin. Hiili voi myös vähentää ilman happipitoisuutta hapettumalla, jolloin voi syntyä hiilidioksidia tai -monoksidia. Jotkut hiilityypit voivat lämmetä spontaanisti, joka voi johtaa itsenäiseen syttymiseen ja hiilimonoksidin syntymiseen. Hiili voi veden kanssa aiheuttaa korroosiota ja syövyttää metallirakenteita. (IMSBC Code... 2020, 139–140.)

Haitallisuuden tiedoista tämän työn rajauksen kannalta oleellisin on nesteytymisen vaara. Lasti nesteytyessään voi tehdä aluksesta epävakaan ja vaarantaa lastin kuljetuksen. Lastin kosteuspitoisuus ja raja-arvot, joita ei saa ylittää, ilmoitetaan tyyppillisesti lastitoimeksiannossa. (Isbester 2014, 174.) Lastin nesteytymisen ehkäisemiseksi tulisi lastin kosteus pitää annettujen raja-arvojen sisällä. Tämä mahdollistetaan pilssien asiallisen kunnon ylläpidolla ja tarkastuksilla sekä lastin asiallisella suojaamiselta sade- ja merivedeltä (IMSBC Code 2022, 139–140.)

## Lastattavan lastin määrä

Seuraavaksi tarkastellaan aluksen maksimi-deadweight -arvon ja aluksen lastitilojen tilavuuden vaikutuksia lastattavan lastin määrään. Ensimmäisenä selvitettiin, rajoittaako aluksen maksimi-deadweight lastattavaa lastimäärää. Kuvassa 2. on osoitettu, mikä on aluksen maksimi-deadweight, jotta pysytään syväusrajoituksessa, joka on annettu suolaiselle merivedelle.

### 1.8 Deadweight

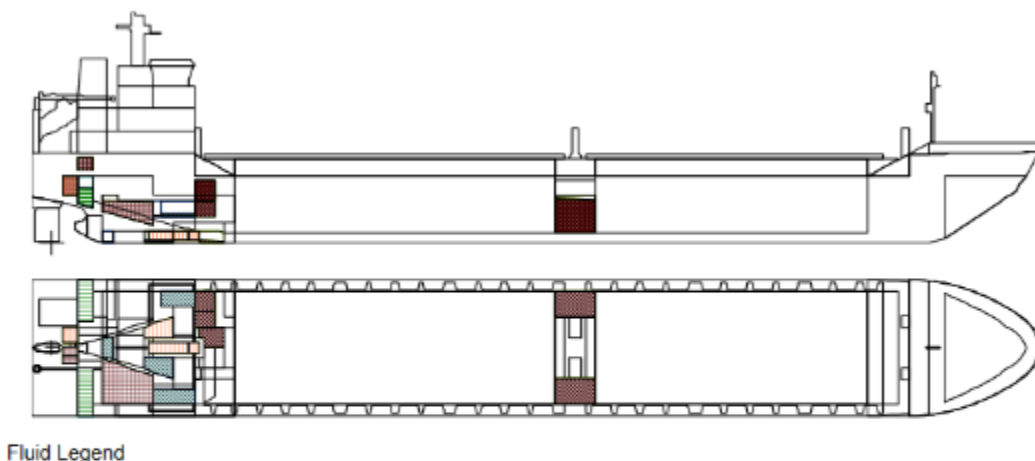
Deadweight for draught  $d_2 = 6.28 \text{ m} \dots$  (max draught)

$N_2 = 6804.5 \text{ t}$

Kuva 2. Aluksen maksimi-deadweight (Boguszewski, 2008).

Kun oli selvitetty, mikä on aluksen maksimi-deadweight, vähennettiin tästä muut massat. Tässä suunnitelmassa oletetaan, että aluksen nestemäiset massat ovat 50 % kokonaismäärästä. Myös stores -arvo oletetaan laskelmissa olevan 50 %. Crew, provisions sekä spare & equipment -arvoja ei muuteta. Kyseisten massojen arvot ovat osoitettuna kuvassa 3 ja taulukossa 4.

#### 15.1.2 Short Trip, Departure - 50% of Stores



Fluid Legend

Fluid Name	Legend	Weight (MT)	Fluid Name	Legend	Weight (MT)
FUEL OIL		160.14	LUBRICATING OIL		13.26
GAS OIL		44.72	FRESH WATER		28.75
DIESEL OIL		2.74	OTHERS		3.84

Kuva 3. 50 % aluksen nestemäisistä massoista (Boguszewski, 2008).

Taulukko 4. Aluksen varastojen ja miehistön massat (Boguszewski, 2008).

CREW	1.20
PROVISIONS (1)	2.50
PROVISIONS (2)	0.50
SPARE & EQUIPMENT (1) FR-4 TO FR5	2.50
SPARE & EQUIPMENT (2) FR22 TO FR28	0.50
SPARE & EQUIPMENT (3) FR152 TO FR165	2.00
<b>Subtotal:</b>	<b>9.20</b>

Kun tiedetään maksimi-deadweight ja tästä vähennettävät muut massat voidaan suorittaa laskelma maksimi-deadweight -arvon selvittämiseksi, kun siitä on vähennetty muut massat. Tämä on osoitettu taulukossa 5.

Taulukko 5. Lastin maksimi-deadweight -laskelma.

Max. deadweight	6804,5 t
Fuel oil	-160,14 t
Gas oil	-44,72 t
Diesel oil	-2,74 t
Lubricating oil	-13,26 t
Fresh water	-28,75 t
Others	-3,84 t
Crew, provisions & spare equipment	-9,20 t
Deadweight	= 6541,85 t

Taulukon 5. laskelmasta saatu tulos kertoo, että lastin ja painolastiveden kokonaismassa voi olla enintään 6541,85 t, jotta aluksen deadweight ei ylitä maksimi-deadweight -arvoa.

Kuten 5.2 luvussa mainittiin, voi myös lastiruumien tilavuus rajoittaa kokonaislastimäärää. Seuraavaksi selvitettiin, kuinka paljon lastia mahtuu aluksen ruumiin tilavuuden rajoissa. Koska tarkoituksena oli selvittää lastin maksimimäärä tonneissa, ratkaistaan t:n arvo tiedossa olevien ruumien yhteistilavuuden ja SF. -arvon avulla. Tämä on osoitettu yhtälössä 1.

$$6200t = \frac{8692\text{m}^3}{1,40\text{m}^3/\text{t}} \quad (1)$$

Yhtälön 1 tulos siis tarkoittaa, että aluksen ruumien yhteistilavuuden puitteissa voidaan lastata yhteensä 6200 t lastia pyöristettynä alaspäin kymmeneen tonneihin, kun aluksen ruumat lastataan täyteen.

### **Syväysrajoitukset ja aluksen keskisyväys lastattuna**

Seuraavaksi selvitettiin, asettaako syväysrajoitukset rajoituksia lastimäärälle. Lastiviivojen yleissopimus antaa rajoituksia aluksen syvädelle alusten lastiviivojen suhteen  $1,025 \text{ t} / \text{m}^3$  tiheyden vedessä. Näitä rajoituksia tarkastellessa aluksen pituutta tarkastellaan length between perpendiculars (myöh. LBP), eli aluksen pituudella teoreettisen vesilinjan tasolla. Lastiviivat sijaitsevat tämän

pituuden puolivälissä ja siten nämä rajoitukset koskevat vain syvyyttä lastiviivojen kohdalla. (Load Lines 2005.)

Itämeri alueena kuuluu niin sanottuun kesävyöhykkeeseen, joka tarkoittaa, että ympärivuotisesti siellä aluksen syväyden tulee vastata tilannetta, jossa  $1,025 \text{ t/m}^3$  vedessä lastatun aluksen syväys on kesälastiviivalla. Kuitenkin on asetettu ehto, että jos aluksen LBP on alle 100 m tulee noudattaa erillisenä talvikautena talvirajoituksia (Load Lines 2005.)

Koska MPV Medangaran LBP on 112,00 metriä, noudatetaan tässä työssä kesärajoituksia. Itämeren veden tiheys on tyypillisesti  $1,000\text{--}1,010 \text{ t/m}^3$ . (Myrberg ym. 2006). Tämän suunnitelman laskelmissa on Itämeren tiheydeksi oletettu  $1,002 \text{ t/m}^3$ .

Seuraavaksi selvitettiin, miten meriveden tiheyden muutos vaikuttaa aluksen maksimisyväyteen. Tätä varten on hyödynnetty dock water density (myöh. DWA) -arvoa, joka kertoo aluksen keskisyväyden muutoksen millimetreissä veden tiheyksien muutoksissa. Lisäksi hyödynnettiin fresh water allowance -arvoa (myöh. FWA), joka kertoo syväyden muutoksen, kun alus siirtyy  $1,000 \text{ t/m}^3$  tiheyden veteen. (Marineinbox.com 2019.)

DWA voidaan laskea yhtälöllä 2.

$$DWA = FWA \cdot \frac{1025\text{kg/m}^3 - 1002\text{kg/m}^3}{25} \quad (2)$$

Koska yhtälöstä ei tiedetä FWA-arvoa, selvitetään se yhtälöllä 3.

$$FWA = \text{Displ 1} / (4 \cdot \text{TPcm}) \quad (3)$$

Jossa:      Displ 1      Uppouma      [t]  
                  TPcm      Tonnes per centimeter      [t/cm]

Kyseiset arvot löytyvät aluksen hydrostaattisesta taulukosta, joka on esitettyinä taulukossa 6.



Taulukko 6. Hydrostatic data. (Boguszewski 2008).

Draft at 56.000f (m)	Displ 1 (MT)	Displ 2 (MT)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPcm (MT/cm)	MTcm (MT-m/cm)	KML (m)	KMT (m)
5.800	8835.67	8620.16	55.182f	3.060	53.029f	17.752	150.030	190.176	7.334
5.820	8871.19	8654.82	55.173f	3.071	53.004f	17.772	150.544	190.064	7.332
5.840	8906.75	8689.52	55.165f	3.082	52.981f	17.791	151.044	189.933	7.331
5.860	8942.36	8724.25	55.156f	3.093	52.959f	17.810	151.534	189.791	7.330
5.880	8978.00	8759.02	55.147f	3.104	52.938f	17.829	152.015	189.638	7.329
5.900	9013.68	8793.83	55.138f	3.115	52.919f	17.847	152.484	189.470	7.328
5.920	9049.39	8828.67	55.130f	3.126	52.901f	17.865	152.939	189.285	7.328
5.940	9085.14	8863.55	55.121f	3.137	52.884f	17.882	153.387	189.093	7.327
5.960	9120.92	8898.45	55.112f	3.148	52.869f	17.899	153.823	188.886	7.326
5.980	9156.73	8933.40	55.103f	3.159	52.855f	17.915	154.251	188.672	7.326
6.000	9192.58	8968.37	55.095f	3.170	52.842f	17.932	154.674	188.451	7.325
6.020	9228.46	9003.37	55.086f	3.182	52.831f	17.947	155.078	188.209	7.324
6.040	9264.37	9038.41	55.077f	3.193	52.821f	17.963	155.476	187.960	7.324
6.060	9300.31	9073.48	55.068f	3.204	52.811f	17.978	155.868	187.705	7.324
6.080	9336.28	9108.56	55.060f	3.215	52.803f	17.992	156.251	187.442	7.323
6.100	9372.28	9143.69	55.051f	3.226	52.795f	18.007	156.627	187.172	7.323
6.120	9408.31	9178.84	55.042f	3.237	52.789f	18.021	156.998	186.896	7.323
6.140	9444.37	9214.01	55.034f	3.248	52.784f	18.035	157.356	186.607	7.322
6.160	9480.45	9249.21	55.025f	3.259	52.779f	18.048	157.708	186.313	7.322
6.180	9516.55	9284.44	55.017f	3.270	52.776f	18.061	158.054	186.013	7.322
6.200	9552.69	9319.70	55.008f	3.281	52.772f	18.074	158.398	185.713	7.322
6.220	9588.85	9354.98	55.000f	3.292	52.769f	18.087	158.738	185.409	7.322
6.240	9625.04	9390.28	54.991f	3.303	52.768f	18.100	159.069	185.098	7.322
6.260	9661.25	9425.61	54.983f	3.314	52.767f	18.112	159.393	184.779	7.322
6.280	9697.49	9460.96	54.975f	3.325	52.766f	18.124	159.714	184.460	7.322

Taulukkoa 6 on havainnoitu siten, että ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty aluksen syväys aluksen lastiivivalla. Seuraavat sarakkeet kertovat erilaisia arvoja valitun syvyyden perusteella. Tässä tapauksessa 6,28 m syvyyttä vastaava alimmainen kuvassa näkyvä rivi. Tätä vastaavat Displ 1. sekä TPcm. arvot valittiin ja asetettiin ne yhtälöön 4.

$$134 \text{ mm} = 9697,49t / (4 \times 18,124) \quad (4)$$

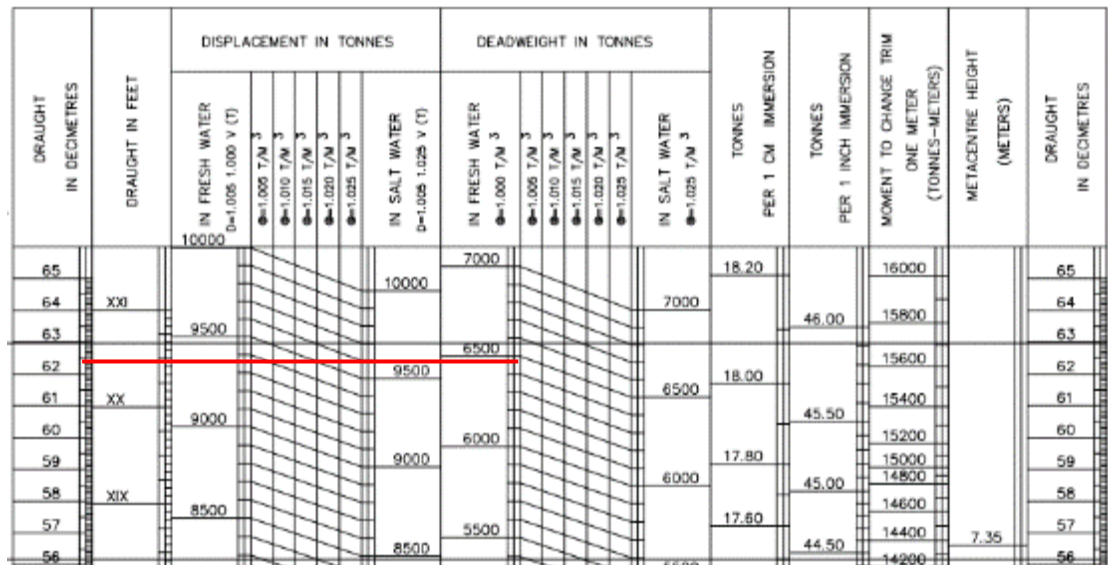
Kun tiedetään FWA, voidaan laskea DWA yhtälön 5 mukaisesti:

$$123,28 \text{ mm} = 134 \text{ mm} \cdot \frac{1025 \text{ kg/m}^3 - 1002 \text{ kg/m}^3}{25} \quad (5)$$

Kun DWA-arvo lisätään suolavedessä lastatun aluksen maksimisyväyteen 6,28 saadaan tulokseksi 6,4 m. Tämä arvo on maksimisyväys, jota aluksen keskisyväys ei saa ylittää Itämerellä, kun oletetaan, että veden tiheys on 1,002 t/m<sup>3</sup>.

Seuraavaksi selvitettiin, mikä aluksen syväys tulisi olemaan lastattuna. Tähän hyödynnettiin aluksen loading scale -dokumenttia, josta voidaan etsiä aluksen displacement tai deadweight -arvoja vastaava syväys eri veden tiheyksissä.

Kun lastin tonnimäärä ja muiden massojen tonnimäärä lasketaan yhteen, saadaan tulokseksi 6460 tonnia. Seuraavaksi etsittiin tätä arvoa vastaava syväys, joka on osoitettu kuvassa 4.



Kuva 4. Loading scale (Babicz 2008).

Loading scale -dokumentin reunimmaisista sarakkeista voidaan lukea aluksen keskisyväys desimetreissä. Tässä yhteydessä tarkasteltiin "deadweight in tonnes" -saraketta. Tämän alapuolelta luetaan  $1,000 \text{ t/m}^3$  veden tiheyden sarakkeesta 6460 t kohdalta syväyden arvo, joka on osoitettu kuvassa olevana punaisena viivana. Tarkastelun tuloksena on siis se, että aluksen syväys tulee olemaan lastattuna noin 6,24 m. Tämä on kuitenkin vain arvio, sillä tässä hyödynnettiin  $1,000 \text{ t/m}^3$ :n arvoa eikä suunnitelmassa käytettävää  $1,002 \text{ t/m}^3$ :n arvoa. Tarkimman tuloksen saamiseksi tulisi arvo selvittää interpoloiden  $1,002 \text{ t/m}^3$  vastaavaksi arvoksi hyödyntäen  $1,000 \text{ t/m}^3$ :n ja  $1,005 \text{ t/m}^3$ :n vastaavia arvoja. Koska syväysrajoitus 6,4 m eli reilusti korkeampi, ei tarkempaa laskelmaa nähty tässä tapauksessa merkittävänä.

Samaa laskentatapaa hyödynnettiin myös aluksen todellisen syväyden selvittämiseen kiinnittymistilanteessa, jolloin aluksessa ei ole lastia. Aluksen vakaumusmanuaalissa esitetään, että alus kulkiessaan ilman lastia ja painolastitanakit täynnä, olisi aluksen keskisyväys 4,35 m. Kun tätä syväyttä vastaavilla arvoilla toteutettiin laskelma edellä kuvatulla tavalla, saatiin tulokseksi, että aluksen keskisyväys kiinnittyessä on 4,44 m Itämeressä.

## Lastin jaottelu ja lastausjärjestys

Seuraavaksi selvitettiin, miten lasti jaotellaan ruumien kesken. Ruuman 1 tilavuus vastaa 45,5 %:a ja ruuman 2 tilavuus 54,5 %:a ruumien kokonaistilavuudesta, joten kerrotaan nämä prosenttiosuudet edellä määritetyllä kokonaislastimäärällä 6208 t. Tulokseksi saadaan, että 1. ruumaan lastataan 2824 t ja 2. ruumaan 3383 t. Lastin jaottelu ja järjestys on kuvattu kuvassa 5.

2. ruuma			1. ruuma		
1. 1120 t	3. 1120 t	5. 1000 t	2. 930 t	4. 930 t	6. 730 t

Kuva 5. Lastin jaottelu ja lastausjärjestys.

Kuva 5 on suunniteltu lastiruumien poikkileikkausta vastaavaksi. Kyseinen kuvan tarkoitus on olla havainnollistava, eikä se ole realistisessa mittakaavassa. Ruumien sisällä olevat pienemmät neliöt kuvaavat yksittäisiä kaatoja. Kaatojen sisällä oleva ylempi numero kuvaa kaadon järjestysnumeron ja alempi luku kaadon lastimäärää tonneissa. Koska käytössä on kaksi kraanaa, lastataan molempia ruumia samanaikaisesti, jolloin kaadot 1 ja 2 tapahtumat samanaikaisesti, sitten kaadot 3 ja 4 ja lopulta 5 ja 6. Kokonaislastimäärästä jää 370 t ylimääräistä, joka käytetään lopuksi luvussa 5.2 mainittuihin trimmauskaatoihin. Kaatojen sijainti on päätetty siten, että ne aloitetaan aluksen perän puolelta, jolloin alus saadaan pidettyä perätrimmissä painolastin tyhjentämisen helpottamiseksi.

## Lastausnopeus

Tämän työn luvussa 5.2 referoitiin väite kahmareiden lastausnopeuden arvioinnin perustuvan lataussuunnittelijan aikaisempaan kokemukseen, laskelmiin ja havaintoihin. Koska työn tekijällä ei ollut aikaisempaa kokemusta, mikä lastausnopeus voisi arvioituna olla, keskusteltiin asiasta ohjaavan opettajan kanssa. Keskustelun perusteella tässä työssä oletetaan lastausnopeuden olevan 200 t/h yhtä kahmaria kohti, eli yhteensä 400 t/h. Tämä tarkoittaa, että lastauksen kokonaiskesto olisi noin 16 tuntia.

### 6.3 Painolastisuunnitelma

Tässä osiossa kuvattiin operaation painolastisuunnitelman toteutus operaatiota suorittavan aluksen dokumentteihin ja laskelmiin perustuen. Ensinnäkin selvitettiin, millaisessa painolastitilanteessa alus kiinnittyy toiseen alukseen ja millaisessa painolastitilanteessa alus poistuu paikalta. Vakavuusmanuaalin condition 1 -ohjeessa esitetään, että alus kulkiessaan ilman lastia, ovat kaikki painolastitankit täynnä. Condition 3 -ohjeessa esitetään, että kun aluksen ruumat ovat täyteen lastattu, ovat kaikki painolastitankit tyhjä, paitsi tyyrpuurissa sijaitsevassa WGTK12SB-tankissa on noin 10 % kokonaiskapasiteetista lastin ja aluksen ominaisuuksista johtuvan kallistuman ehkäisemiseksi (Babicz 2008a.)

#### Painolastitankkien ja pumppujen ominaisuudet

Capacity plan -dokumentista voidaan todeta, että aluksen painolastivesien operointiin on käytettävissä 27 painolastitankkia sekä kaksi painolastipumppua. Yhden painolastipumpun pumppausnopeus on 300 m<sup>3</sup>/h. Painolastitankkien yhteistilavuus on 3289 m<sup>3</sup>. (Babicz, 2008a.) Koska painolastin tyhjennyksessä tyypillisesti käytetään vain yhtä painolastipumppua, painolastioperointi suoritetaan noin 11 tunnissa.

#### Painolastioperoinnin järjestys

Painolastisuunnitelma on toteutettu sillä periaatteella, että se seuraa lastausjärjestystä. Painolastisuunnitelma on suunniteltu havainnollistavaksi aluksen Ballast plan -dokumenttiin perustuen. Eli kuva ei ole oikeassa mittakaavassa, eikä tankkien sijainti vastaa oikeaa sijoittelua aluksessa. Painolastioperaation suunnitelma on osoitettu kuvassa 6.

WGTK31P	1	WGTK22PS	1	WGTK21PS	12	WGTK12PS	1	WGTK11PS	1		
	DBTK31PS		DBTK23PS		DBTK22PS		DBTK12PS		DBTK11PS		DPTK10SB
	11		2		4		3		5		9
					DBTK21PS	6	DBTK12C	7	DBTK11C	8	10
	BPTK31SB		DBTK23SB		DBTK21SB	6					DPTK10SB
	11		2		DBTK22SB		DBTK12SB		DBTK11SB		9
					4		3		5		
WGTK31S	1	WGTK22SB	1	WGTK21SB	12	WGTK12SB	1	WGTK11SB	1		

Kuva 6. Painolastisuunnitelma.

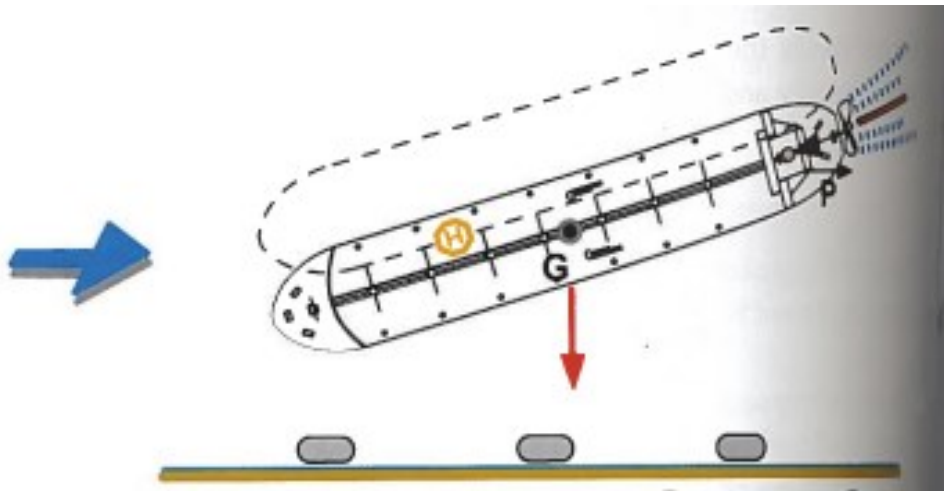
Painolastisuunnitelmassa on laatikoissa kirjoitettuna painolastitankin nimi sekä tyhjentämisen järjestysnumero. Painolastioperointi aloitetaan avaamalla kaikki WGTK-tankkien, paitsi WGT12PS- ja SB-tankkien meriventtiilit, jolloin ne tyhjäntyvät painovoiman ansiosta. Täysinä olevia WGT-tankkeja tyhjenetään tarvittaessa aluksen tasaamiseen tai kallistukseen, jolla voidaan tehostaa painolastipumppujen tehokkuutta. Muut tankit tyhjenetään painolastipumppuilla järjestysnumerosta 2 eteenpäin numerojärjestykseen perustuen. Kun tiettyyn kohtaan lastataan, silloin sen läheisyydessä olevia pohjatankkipareja tyhjenetään samanaikaisesti. Pohjatankit DBTK12C-, DBTK11C- ja FPTK-tankit tyhjenetään yksi kerrallaan molempia pumppuja hyödyntäen. Kun kaikki pohjatankit ovat tyhjenetty, tyhjenetään WGTK12PS- ja SB-tankit. Lopuksi pumpataan WGTK11SB-tankkiin sen verran vettä, että aluksen luontaisista ominaisuuksista sekä lastista johtuva kallistus tasoitetaan.

#### **6.4 Kiinnittymisen ja irrottautumisen suunnitelma**

Tässä luvussa tutkitaan molempien alusten ominaisuuksia kiinnittymisen ja irrottautumisen kannalta. Alusten yhteensopivuutta tarkastellaan alusten pituuksien ja rakenteiden kannalta. Kiinnittymis- ja irrottautumishjailuissa esitetään malli, miten toiseen alukseen voidaan kiinnittyä ja siitä irrottautua. Köysijärjestelyissä tarkasteltiin molempien alusten kiinnittymisasemia sekä miten köydet voidaan aluksesta toiseen kiinnittää. Näitä tietoja hyödyntäen luotiin suunnitelma, joka navigointisimulaattorissa toteutettiin ja esitetään tämän kappaleen lopussa.

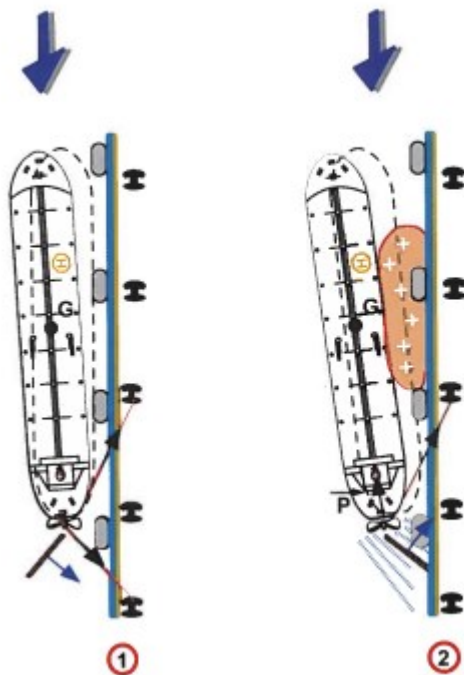
#### **Kiinnittymis- ja irrottautumishjailut**

Tässä työssä kiinnittymis- ja irrottautumisprosessia tarkastellaan siitä lähtökohdasta, että operaatiossa suoritettavana oleva alus on ankkuroituna keula kohti tuulta ennen operoivan aluksen siihen kiinnittymistä. Operaatiota suorittava alus kiinnittyy paapuurin kyljellä operoitavan aluksen tyyrpuurin kyljelle. Koska työ on rajattu aluksen hallintaan liittyviin toimenpiteisiin, tässä työssä tarkastellaan vain aluksen liiketiloihin ja kiinnittymiseen vaikuttavia toimenpiteitä. Kiinnittymis- ja irrottautumistapojen määrittämiseen on valittu Ship Handling -teoksesta (2018) ohje kiinnittymiseen ja irrottautumiseen, kun tuuli vaikuttaa keulan suunnasta. Nämä ohjeet on havainnollistettu kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Kiinnittyminen vastatuulella. (Baudu 2018).

Kiinnittyminen aloitetaan lähestymällä toista alusta pienessä, noin 20–25 asteen kulmassa tähän nähden, tätä sanotaan lähestymiskulmaksi. Lähestymisnopeus pidetään pienellä, jota vastaan tulevat aallot myös hidastavat. Aluksen sivuttainen liike saadaan aikaiseksi kasvattamalla lähestymiskulmaa, jolloin aaltojen vaikutus runkoon kasvaa ja liikettä hidastetaan lähestymiskulmaa pienentämällä. Lähestymiskulmaa hiljalleen pienennetään ja alusten koskettaessa tulisi lähestymiskulman olla mahdollisimman pieni. Kun etäisyys on riittävän pieni, kiinnitetään ensimmäisenä keulaspringi. (Baudu 2018, 200.)

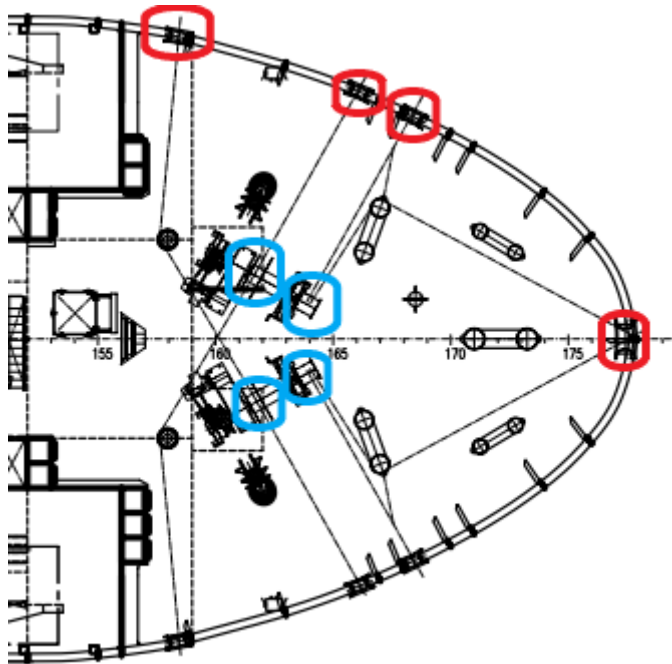


Kuva 8. Irrottautuminen vastatuulella. (Baudu 2018).

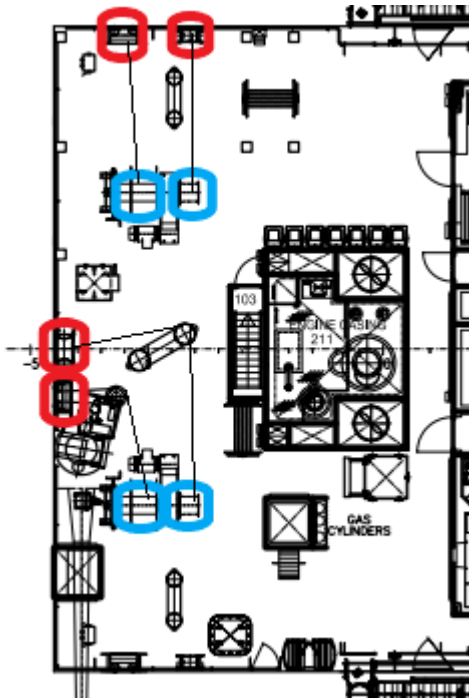
Vastatuulella irrottautuminen perustuu sille, että annetaan aaltojen irrottaa aluksen keula toisesta aluksesta. Tämä saadaan aikaiseksi irrottamalla keulasta kaikki köydet ja jättämällä perästä peräköysi sekä springi kiinni. Ruori tulisi tässä vaiheessa olla käännettynä lähtösuuntaan, potkurivoiman hitaasti eteenpäin ja perän köysiä löysätään, mutta pidetään tiukkana aluksen liikkeiden mukaisesti. Näin vältetään liian suurilta köysien rasituksilta. Tämä saa keulan erkanemaan. Kun keula reilusti etäntynyt, käännetään ruori vastakkaiseen suuntaan ja irrotetaan peräköysi. Tämä saa aluksen perän erkanemaan. Kun etäisyyttä on tarpeeksi, irrotetaan lopuksi springi ja käännetään ruori keskelle ja voidaan poistua paikalta. (Baudu 2018, 200.)

### Köysijärjestelyt

Tässä luvussa tarkastellaan MPV Medangaran ja MV Regina Oldendorffin kiinnittymisominaisuuksia ja selvitetään, mitä köysiä voidaan käyttää ja miten kiinnitetään. Ensimmäisenä tarkasteltiin aluksen kiinnittymisominaisuuksia, kuten köysivinssejä, pollareita, köysien kulkureittejä sekä köysien läpivientejä, eli klyysejä. Aluksen keulan ja perän kiinnittymisasemien pohjapiirrustukset ovat kuvattu kuvissa 9 ja 10.



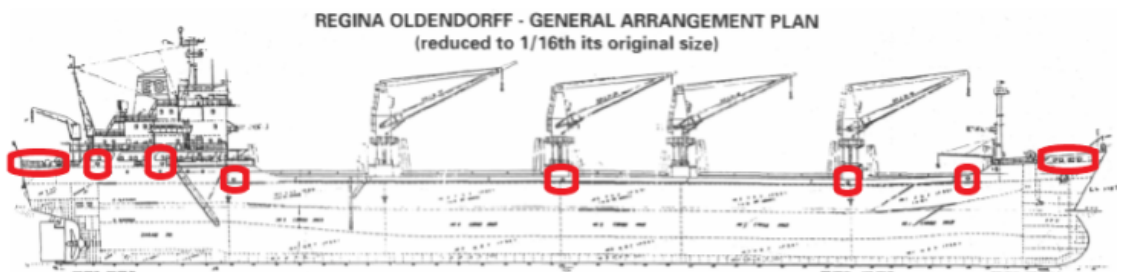
Kuva 9. Keulan kiinnittymisaseman pohjapiirrustus (Babicz 2008c).



Kuva 10. Medangaran perän kiinnitysasema (Babicz 2008c).

Kuvissa punaisilla ympyröillä on merkittynä MPV Medangaran klyysit paapuurin puolella, näitä on neljä molemmilla puolilla. Sinisillä ympyröillä on kuvattu köysien lähtö- ja kiinnityspaikat vinsseissä. Kuvissa mustat yhtenäiset viivat kuvaavat, miten köydet voidaan kuljettaa vinsseiltä klyyseille. Näillä ominaisuuksilla voidaan käyttää kummallakin puolella yhtä springiköyttä, yhtä brestiköyttä sekä kahta keula- tai peräköyttä.

Seuraavaksi tarkastellaan Regina Oldendorff-aluksen klyysejä, jotta saadaan selville, mitä kautta kiinnitysköydet voidaan viedä alukselle kiinnityspaikkoihin, eli pollareille. Klyysit ovat kuvattu kuvassa 11.

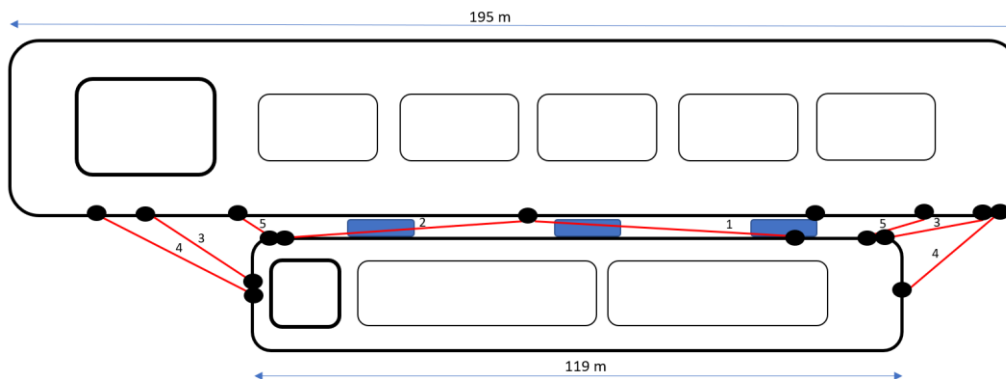


Kuva 11. Regina Oldendorffin klyysien sijainnit (Isbester 2010, 13).

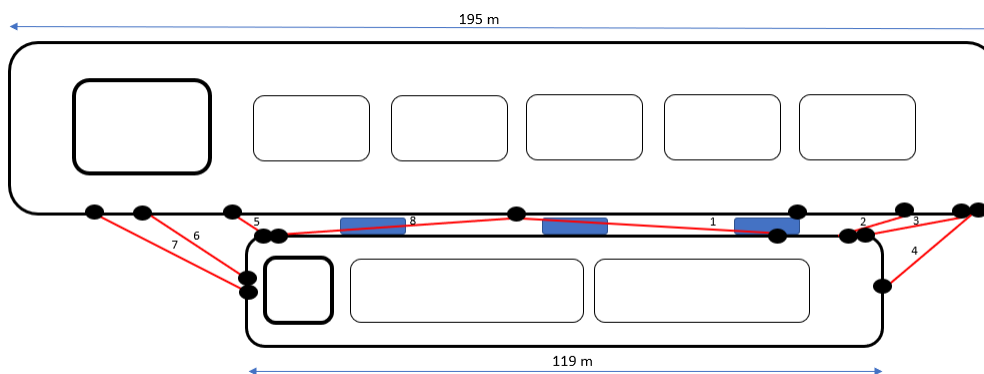
Kuvaan merkityillä punaisilla ympyröillä on havainnollistettu klyysien sijainnit. Aluksen keulassa sekä perässä suuremmissa ympyröissä on useampia läpivientejä. Näistä keskemällä merkityt pienemmät ympyrät ovat yksittäisiä läpivientejä.



Edellä tarkasteltujen ominaisuuksien pohjalta luotiin kuvaus kiinnittymisen sekä irrottautumisen köysijärjestelystä. Suunnitelmat ovat kuvattu kuvissa 12 ja 13.



Kuva 12. Kiinnittymissuunnitelma.



Kuva 13. Irrottautumissuunnitelma.

Kuvissa 12 ja 13 esitetään aluksen kiinnittymispaikka operoitavan aluksen kyljellä. Paikka on suunniteltu siten, että alus kiinnittyy lastiruumien kohdalle, jotta aluksen keskiosa on operoitavan aluksen keskimmäisen ruuman kohdalla. Tällä toteutuksella saadaan lastattua jokaisesta operoitavan aluksen ruumasta, eikä haalausta tarvitse suorittaa. Tällä järjestelyllä saadaan pidettyä alusten asuintilat eri kohdissa, jotta niiden osumisriskiä ei olisi. Sinisillä neliskulmilla on merkitty fendareitten paikat, joita on yhdet kummassakin päädyssä sekä keskellä. Punaisina viivoina on merkitty käytettävät köydet sekä niiden yläpuolella oleva luku kertoo niiden kiinnittämisen- ja irrottamisjärjestyksen.

## **6.5 Suunnitelmien toteutus simulaatioympäristössä**

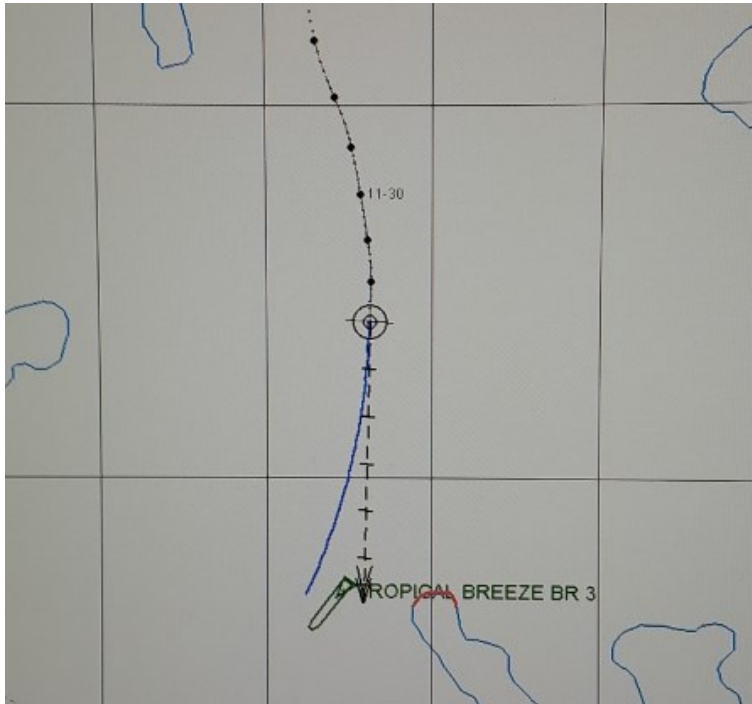
Tässä luvussa kuvataan, miten kiinnittyminen ja irrottautuminen toteutettiin navigointisimulaattorissa sekä, miten lastaus- ja painolastisuunnitelma toteutettiin NAPA-lastausohjelmalla.

### **6.5.1 Kiinnittymisen ja irrottautumisen toteutus navigointisimulaattorissa**

Ennen simulaatiota ohjaava opettaja oli tehnyt valmistelut simulaatiota varten valitsemalla toteutukseen soveltuvan alueen, alukset sekä säätilan. Kiinnittymisen ja irrottautumisen toteutus navigointisimulaattorissa aloitettiin keskustellulla simulaation ennakoasetelmista sekä toteutustavasta. Toteutuspaikkana toimi Vaasan edustan merialue, johon operoitava alus oli ankkuroitunut keula kohti tuulta. Koska työn tekijällä ei ole aikaisempaa kokemusta tämän tyyppisistä ohjailutoimenpiteistä, kiinnitettiin operoitavaan alukseen proomu, jolloin operoitava alus pysyisi paremmin paikallaan. Toteutus päätettiin suoritettavaksi siten, että operoitava alus kierrettäisiin perän puolelta ja haettaisiin keulasuunta kohti operoitavan aluksen keulaa siten, että lähestymiskulma olisi noin 20°.

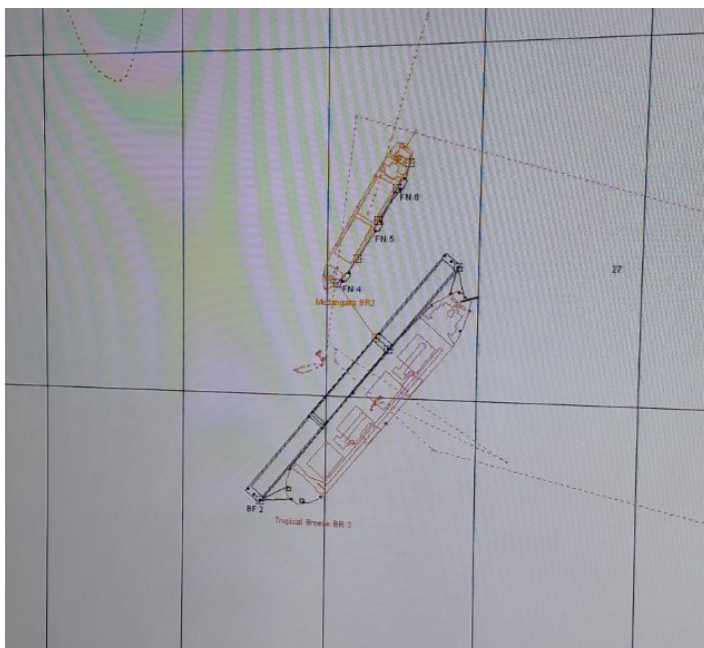
Kun simulaatio aloitettiin, selvitettiin aluksi toisen aluksen keulasuunta ja ilmoitettiin kiinnittymisestä. Simulaattorissa täytyi suorittaa fendareitten asennus, kun simulaatio oli käynnissä. Tämän aikana tuli vastaan teknisiä ongelmia, jotka estivät toisen aluksen kiertämisen. Teknisen vian syytä ei saatu selville,

mutta toteutusta jatkettiin siten, että uusi yritys aloitettiin alus valmiina lähestymissuunnalla ja fendarit asetettiin ennen aloitusta. Kuvassa 14 havainnollistetaan kiinnittymisen lähestymisvaihe.



Kuva 14. Lähestymisvaihe.

Lähestyminen toista alusta kohti sujui suunnitellusti. Operoitavan aluksen keulasuunnan ollessa  $220^{\circ}$ , haettiin suunta kohti operoitavan aluksen keulaa siten, että keulasuunta oli  $200^{\circ}$ . Vauhtia hidastettiin vähitellen, jolloin potkurinpyörimissuunnan vaikutus sai nopeuden hidastumaan ja perän kääntymään vasemmalle. Kun nopeus oli vähentynyt tarpeeksi ja etäisyys riittävän pieni, suoritettiin kiinnittyminen, mikä on havainnollistettu kuvassa 15.



Kuva 15. Kiinnittymisvaihe.

Kiinnittyminen aloitettiin suunnitelman mukaisesti kiinnittämällä keulaspringi ensimmäisenä. Kun alus oli saatu pysäytettyä operoitavan aluksen viereen, oli alus vielä irrallaan operoitavasta aluksesta siten, että keula oli lähes kiinni ja perä etäämpänä. Aluksen perä saatiin siirrettyä toiseen alukseen kiinni kääntämällä ruori yli oikealle ja antamalla konevoimaa eteenpäin. Samaan aikaan keulan ohjailupotkurilla ohjattiin voimakkaasti kohti alusta, jolloin myös keula lähestyi operoitavaa alusta. Alus saatiin kiinnitettyä toiseen alukseen ja kosketusnopeus oli noin 0,2 solmua. Seuraavaksi kiinnitettiin loput köydet, joka on kuvattu kuvassa 16.



Kuva 16. Medangara kiinnittyneenä operoitavassa aluksessa.

Kuvasta voidaan todeta, että köysien lopullinen järjestely poikkesi suunnitelmasta, sillä molempien alusten klyysit poikkesivat suunnitelman järjestelyistä. Tämä tarkoitti, että bresteille ei ollut kiinnityspaikkaa, joten ne jäivät pois. Toinen ero suunnitelmaan oli se, että keulaspringistä tuli pidempi, kuin suunnitelmassa, mutta palautekeskustelun perusteella tämä vastaa enemmän käytännön ratkaisua, sillä aikaisin kiinnitetty springi auttaa pitämään aluksen keulan lähellä operoitavaa alusta kiinnitysvaiheessa, kun perää käännetään vasemmalle. Kiinnityskohta ei tarkalleen ollut suunnitelman mukainen, sillä sen olisi pitänyt olla lähempänä operoitavan aluksen keulaa siten, että MPV Medangara olisi ollut lastiruumien alueen keskiosassa. Tämän takia aluksien

asuintilat ovat lähellä toisiaan, joka mahdollisesti voi aiheuttaa riskin niiden kosketukselle.

Irrotus aloitettiin suunnitelman mukaisesti irrottamalla keulasta kaikki köydet. Aluksen keula lähti erkanemaan operoitavasta aluksesta nopeasti, jolloin heti jatkettiin irrottamalla myös perästä köydet. Ruori käännettiin vasemmalle yli, lisättiin potkurivoimaa eteenpäin rauhallisesti sekä työnnettiin keulan ohjailupotkurilla oikealle. Alus liikkui rauhallisesti sivuttain irti toisesta aluksesta. Kun oli saavutettu riittävä etäisyys operoitavasta aluksesta, käännettiin ruori keskiasentoon ja poistuttiin paikalta. Simulaatio päätettiin tämän jälkeen.

### **6.5.2 Lastaus- ja painolastisuunnitelman toteutus NAPA-ohjelmalla**

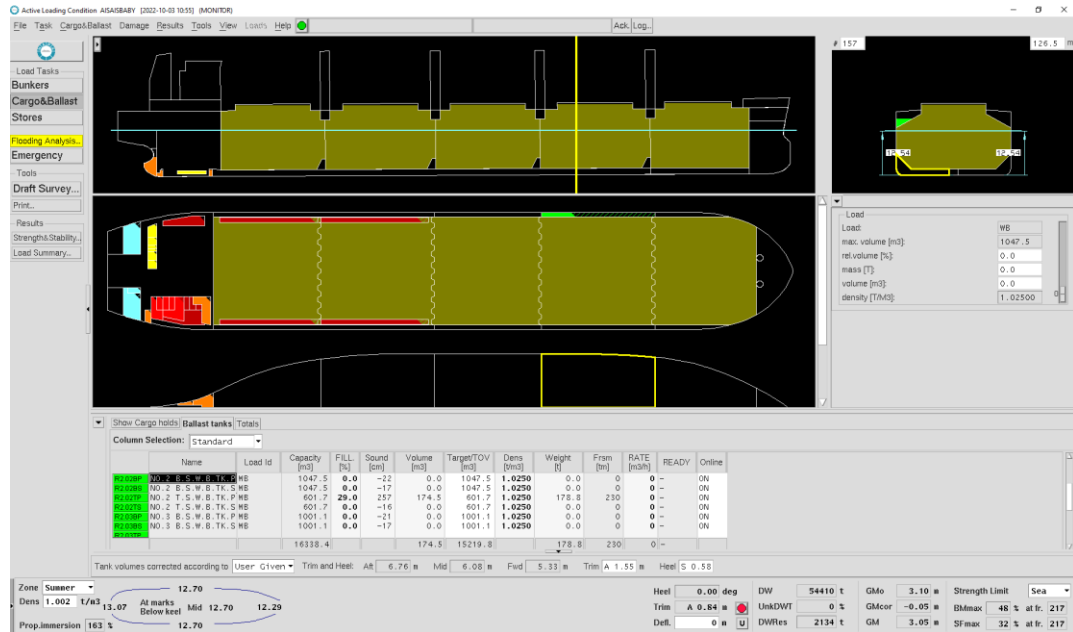
Tässä luvussa kuvataan, miten lastinsiirto-operaation lastaussuunnitelma toteutuu purettavan aluksen näkökulmasta. Tässä luvussa kuvataan, miten NAPA-ohjelmaa operoitiin sekä myös, mihin arvoihin tulee kiinnittää huomiota lastitietokonetta operoitaessa.

Toteutus valmisteltiin seuraavin toimenpitein:

- Luotiin suunnitelman mukainen lastityyppi.
- Muutettiin meriveden tiheys arvoon 1,002 t/m<sup>3</sup>.
- Asetettiin strength limit sea-asetukselle.
- Asetettiin lastiruumiin lastia 99 % ruuman tilavuudesta ja painolastitankit tyhjennettiin kokonaan.
- Lisättiin painolastia siten, että kallistumaa ei olisi.

Lastityypiksi nimettiin ”COAL”, jonka tiheyden arvoksi asetettiin suunniteltu 0,726 t/m<sup>3</sup>. Valitettavasti ohjelma olettaa automaattisesti, että tiheyden ja SF:n arvot ovat samassa suhteessa käänteisiä, jolloin tiheyden t/m<sup>3</sup>-arvo muutettuna SF:n m<sup>3</sup>/t-muotoon on ohjelmassa 1,377 m<sup>3</sup>/t, eikä sitä voi muuttaa suunnitelman mukaiseen arvoon 1,4 m<sup>3</sup>/t ilman, että tiheyden arvo muuttuu. Kun aluksen ruumat täydennettiin 99 % ruuman tilavuudesta ja painolastitankit tyhjennettiin täysin tyhjäksi, lisättiin paapuurin puoleiseen top side -tankkiin vettä

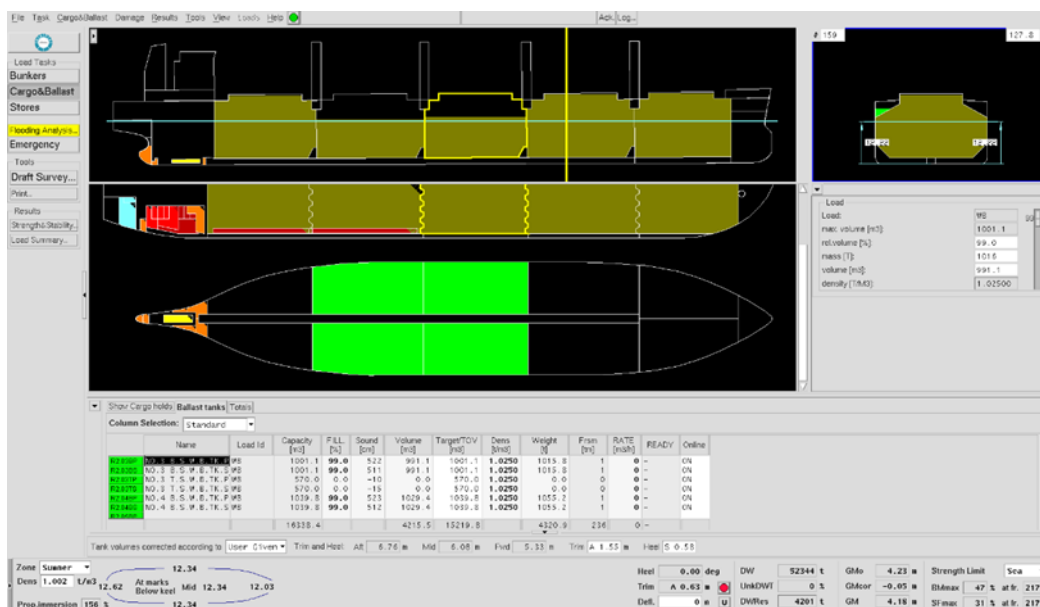
29 % tankin tilavuudesta. Aluksen tila ennen lastinsiirtoa on kuvattu kuvassa 17.



Kuva 17. Aluksen tila ennen lastinsiirtoa NAPA-ohjelmassa. (NAPA 2022).

Kuvan vasemmassa alareunassa voidaan tarkastella aluksen syväksiä aluksen eri osissa. Aluksen keskisyväys on tässä tapauksessa 12,7 m. Oikeassa alareunassa ensimmäisenä voidaan tarkastella aluksen kallistumaa, joka on 0, sekä trimmiä, joka on 0,84 m aluksen perässä.

Seuraavaksi suoritettiin lastinsiirron toteutus, joka toteutettiin siitä näkökulmasta, että suunniteltu 6208 t lastia purettiin operoitavan aluksen keskimmäisestä ruumasta 3 ja siitä peränpuoleisesta ruumasta 4. Operoitavan aluksen ruumasta 3 purettiin operaatiota suorittavan aluksen lastisuunnitelman kaatojen 1, 3 ja 5 lastimäärä 2824 t. Ruumasta 4 purettiin operaatiota suorittavan aluksen lastisuunnitelman kaatojen 2, 4 ja 6 lastimäärä 3383 t. Painolastin operointi toteutettiin siten, että ruuman 4 alapuolella olevat painolastitankit täytettiin ensin ja sen jälkeen ruuman 3 alapuolella olevat. Kyseisen toteutuksen tulos on nähtävissä kuvassa 18.



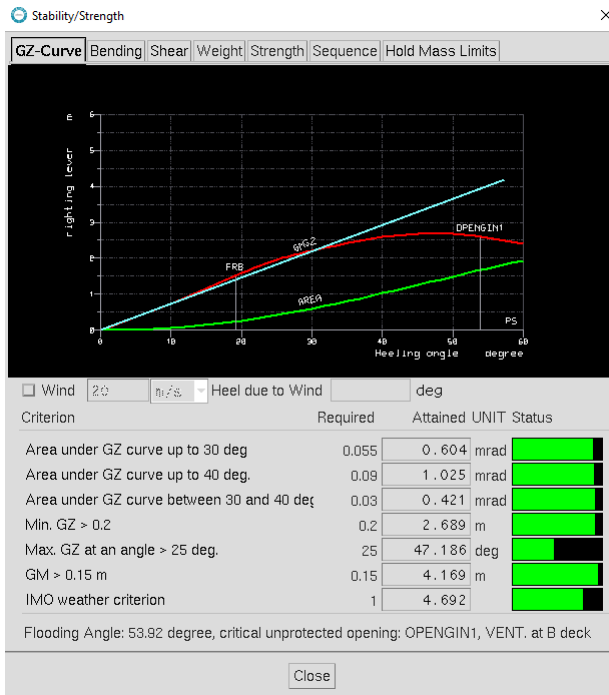
Kuva 18. Aluksen tila lastinsiirron jälkeen. (NAPA 2022).

Kun tarkastellaan kuvan tuloksia, voidaan todeta, että aluksen keskisyväys lastinsiirron jälkeen on 12,32 m ja aluksen perätrimmi 0,63 m. Tämä tarkoittaa, että lastinsiirron aikana alus nousee 0,38 m ja perätrimmi vähenee 0,19 m GM-arvo kasvaa 1,12 m, joka tarkoittaa, että alus on vakaampi, kuin mitä ennen lastinsiirtoa. Molemmassa strenght limit -arvoissa nähdään vain yhden prosenttiyksikön muutos.

Tarkempaa tarkastelua aluksen vakavuudesta, siihen vaikuttavista voimista sekä taivutusmomenteista voidaan tehdä ohjelman vasemman yläreunan valikosta Results, josta valitaan Strength & stability -toiminto.

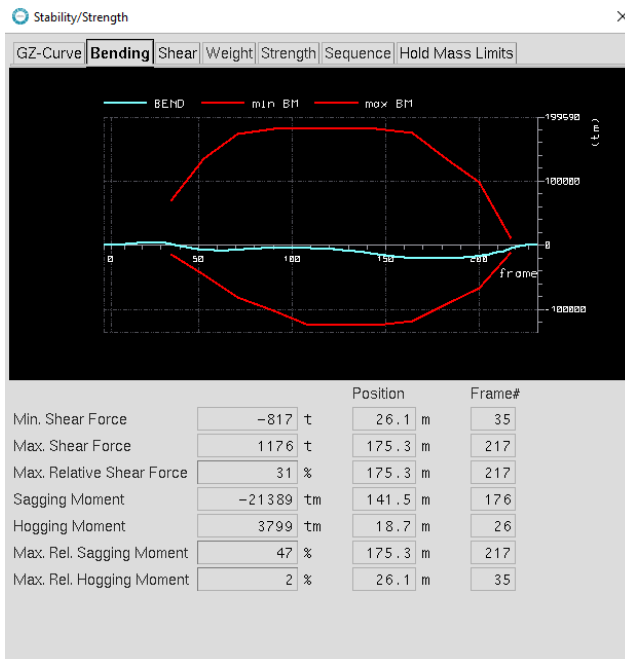
### Aluksen vakavuus, taivutusmomentit, voimat ja lastin massa

Aluksen vakavuuden tietoja tarkasteltiin GZ-Curve -valikosta, taivutusmomentteja tarkasteltiin Bending -valikosta, alukseen vaikuttavia voimia Shear -valikosta. Kyseiset valikot ja niiden tiedot ovat esitettyinä kuvissa 19, 20 ja 21 sekä taulukossa 7



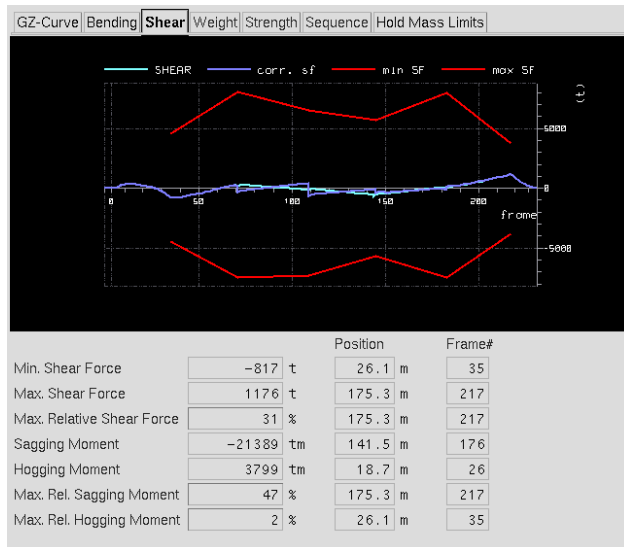
Kuva 19. Aluksen vakavuuden tiedot (NAPA 2022).

Kuvassa 19 Criterion -otsikon alapuolella luetellaan laissa määritetyt sekä lasausmanuaalissa mainitut ehdot aluksen vakavuudelle. Required -otsikon alapuolella mainitaan kyseisten ehtojen numeeriset raja-arvot. Attained -otsikon alapuolella mainitaan kyseisen aluksen arvot tarkasteltavalla hetkellä. Arvojen ollessa reilusti raja-arvojen yläpuolella sekä Status -pylväiden ollessa vihreät voidaan todeta aluksen vakavuuden olevan turvallisella tasolla.



Kuva 20. Alukseen vaikuttavat taivutusmomentit. (NAPA 2022).





Kuva 21. Alukseen vaikuttavat voimat (NAPA 2022).

▼ Show Cargo holds Ballast tanks Totals											
Column Selection: Standard											
	Name	Capacity [m3]	Load	FILL [%]	Dens [t/m3]	Stfact [m3/t]	Volume [m3]	Mass [t]	Frsm [tm]	Max Ton/m2 [t/m2]	Ton/m2 [t/m2]
R1.01	NO. 1 CARGO HOLD	13007.5	COAL	99.0	0.7260	1.377	12877.4	9349.0	0	25.00	17.45
R1.02	NO. 2 CARGO HOLD	15331.8	COAL	99.0	0.7260	1.377	15178.5	11019.6	0	20.00	16.10
R1.03	NO. 3 CARGO HOLD	14551.6	COAL	72.3	0.7260	1.377	10515.2	7634.0	0	25.00	11.83
R1.04	NO. 4 CARGO HOLD	15331.8	COAL	68.6	0.7260	1.377	10517.9	7636.0	0	20.00	11.16
R1.05	NO. 5 CARGO HOLD	13400.7	COAL	99.0	0.7260	1.377	13266.7	9631.6	0	25.00	19.99
		71623.5					62355.7	45270.2	0		15.65

Taulukko 7. Lastiruumien tiedot (NAPA 2022).

Kuvissa 20 ja 21 esitetään alukseen vaikuttavat taivutusmomentit sekä voimat. Nämä tiedot esitetään viivadiagrammeina, jossa vaaleansininen viiva kertoo voimien suuruuden aluksen eri kohdassa tarkasteluhetkellä ja punaiset viivat kuvastavat ylä- sekä alarajat, joita voimat eivät saa ylittää tai alittaa. Taulukossa 7 osoitetaan tietoa jokaisen lastiruuman tilanteesta. Max.ton/m<sup>2</sup>-kohdassa osoitetaan, kuinka paljon massaa lastiruuma kestää neliömetrin alueella. Edellä olevien kuvien tarkastelusta voidaan todeta, että lastisuunnitelma toteutuu NAPA-ohjelman perusteella lakien ja raja-arvojen mukaisesti.

## 7 ANALYYSI JA POHDINTA

Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen analyysi ja pohdinta. Näiden runkona hyödynnettiin luvussa 5.2 kuvattua SMART-mallia ja siinä esitettyjä kysymyksiä ja tavoitteita.

Lastinsiirto-operaation suunnittelu ja simulointi onnistui käytössä olevilla välineillä ja tiedoilla rajoitusten puitteissa. Merkittävimpänä rajoitteena koen sen, että MPV Medangara jäi lastaus- ja painolastioperoinnin NAPA -tarkastelusta kokonaan pois, koska kyseisen malliseen alukseen ei ole koululla lisenssiä. Lisäksi työtä voidaan kritisoida siitä, että onko lastinsiirtoa ja painolastioperointia tarkalleen ottaen simuloitu. NAPA -ohjelma ei tarkalleen ottaen ole simulaattori, vaan lastaustietokoneohjelma, jota käytetään muun muassa lastauksen, painolastioperoinnin suunnitteluun ja tarkasteluun (ks. NAPA 2023). Siihen voidaan manuaalisesti asettaa arvot ja tarkastella aluksen tilaa tietyllä hetkellä, mutta kokonaista prosessia ja sen aikana tapahtuvia muutoksia ei voida simuloida automaattisesti. Kokonainen prosessi on siten toteutettava yksi vaihe kerrallaan, kuten yksi kaato tämän työn tapauksessa, ja siten havainnoida, mikä on aluksen tila näiden tapahduttua. Tällaisessa tarkastelumallissa ei voida tarkalleen havainnoida, mitä kaatojen välissä tapahtuu, ellei pienennetä tarkastelukohtien kokonaismäärää, joka lisää tekijän manuaalista työtä. Lisäksi se, että NAPA -ohjelma on yhteen ajankohtaan sidottu, jää monia lastinsiirto-operaation näkökulmasta merkittäviä asioita tarkastelun ulkopuolelle, kuten lastausnopeuden tai sään vaikutukset.

Myös purettavan aluksen osalta työssä oli rajoitteita materiaalien ja ohjelmissa esitettävien tietojen osalta. Vaikka NAPA -ohjelmasta saa tarkat tiedot aluksen ominaisuuksista, ei kyseisestä aluksesta ollut dokumentteja saatavilla. Tämän takia ei voitu tarkastella, millainen alus on pohjaratkaisuiltaan, kuten rakenteeltaan tai millaiset kiinnittymisominaisuudet sillä on. Tästä syystä päädyttiin käyttämään mahdollisimman samankaltaista alusta ja sen dokumentteja näiden ominaisuuksien tarkasteluun. Lisäksi, koska NAPA -ohjelmassa tarkasteltiin purettavaa, eli suurempaa alusta, rajoittui lasti- ja painolastioperoinnin tarkastelu vain yhteen ”vaiheeseen”. Siirrettävän lastimäärän vaikutus ei myöskään ollut niin merkittävä. Mikäli MPV Medangara olisi saatu NAPA -ohjelman

tarkasteluun, olisi vaiheita ollut lastisuunnitelman mukaisesti kaksi ja siirrettävän lastin vaikutus alukseen olisi, aluksen pienempi koko huomioiden, ollut merkittävämpi. Jolloin tarkasteluun olisi saatu monipuolisempaa näkökulmaa.

Suunnitelman ja simulaation toteutus onnistui sellaisilla tiedoilla välineillä, jotka ovat opiskelijalla saatavissa, mutta myös rajoitetusti. Suoraan aihetta käsitteleviä teoksia irtolastialusten näkökulmasta koin löytyvän niukasti. Suoraa tietoa lastinsiirto-operaatioista löysin oppaasta, joka käsittelee lastinsiirto-operaatioita tankkereiden näkökulmasta. Lisäksi MARPOL-teos antaa lainsäädäntöä operaatioihin liittyen, mutta vain tankkereita koskien. Muuten aineistoa löytyi pienempinä määrinä eri aineistoissa. Tätä samaa ongelmaa on pohdittu myös aikaisemmassa opinnäytetyössä, kuten Mankinen (2015) toteaa opinnäytetyössään Alusten väliset irtolastioperaatiot merellä: ”*aiheesta ei löydy irtolasti puolelta kirjoitettua tietoa. Kokemus, tieto ja menettelytavat on useimmiten saatu työn kautta ja kuultu sekä opittu kokeneemmilta työntekijöiltä*”. Tämän väitteen perusteella en ole ollut ongelman kanssa yksin, ja koen, että tämän työn puitteissa aiheesta olisi hyvä saada kirjallisuutta.

Löytynyt teoria-aineisto oli maksutonta verkko- sekä kirjallista aineistoa koulun kirjastosta. Kirjastossa oleva aineisto on osittain hyvin vanhaa, varsinkin opas lastinsiirto-operaatioista tankkereilla. Uusimman painoksen hinta on sadoissa euroissa. Koen hinnan olevan liian suuri kynnys yksittäisen opiskelijan maksettavaksi. Tämän perusteella totean kirjaston valikoimassa olevan parantamisen varaa tämän aiheen osalta.

Rajauksena osa-alueet kiinnittyminen, irrottautuminen, lasti- ja painolastioperointi on laaja, ja niitä tarkastellaan useammalla merikapteeniopiskelijoiden kurssilla. Kiinnittymis- ja irrottautumisohjailut, aluksen vakavuuteen liittyvät käsitteet sekä painolasti- ja lastioperointi käsitellään erikseen omilla kursseillaan. (ks. XAMK 2022b.) Tämä on varmasti toimiva malli, joten en täysin tämän työn tyypistä toteutusta sellaisenaan hyödyntäisi yhdellä tietyllä kursilla, vaan jakaisin osa-alueet edellä mainittuihin kursseihin. Tämän työn ohjaaja on vastuussa vakavuus- sekä painolasti- ja lastioperointiopinnoista, tarkastelen mahdollisia hyödyntämismahdollisuuksia vain niihin soveltuvin osin.

Mielestäni tämän työn tekemisen paras puoli se, että tätä tehtäessä vanhoihin opintomateriaaleihin tuli tutustua uudelleen, mikä vahvisti osaamista aiheeseen liittyen. Aiempiin opintoihin ja niiden materiaaleihin verrattaessa koin, että lasti- ja painolastisuunnitelmien toteutuksessa aikaisemmat opinnot ja opintomateriaalien sisällöt refleктоituivat erittäin hyvin, kun kyse on lasti- ja painolastioperoinnista yleisellä tasolla. Suoraa tietoa lastinsiirto-operaatioista ei opetusmateriaaleista löytynyt. Opintoihin siten voisi mielestäni lisätä mainintoja tai keskustelua merellä tapahtuvien lastinsiirtoprosessien erityispiirteitä ja huomioita, mikäli mahdollista. Aluksen käsittelyn opinnoissa toiseen alukseen kiinnittymistä ja irrottautumista ei ole käsitelty, joten tätäkin aihetta voisi käsitellä kyseisissä opinnoissa enemmän. Merkittävänä rajoitteena materiaaleihin liittyen koen sen, että Learn -alustan opintojaksoja poistetaan ajan kuluessa, jolloin opiskelijalla ei välttämättä ole enää pääsyä opintomateriaaleihin. Tämä ongelma tuli vastaan myös tätä työtä tehdessä, jolloin ohjaajalta opettajalta tuli pyytää pääsy uudempien opintoryhmien opintojaksomateriaaleihin.

Opiskelijoilla on pääsy tietokonealuokkaan NAPA -ohjelman käyttöä varten. Kuitenkin ohjelman hyödyntämistä rajoittaa se, että tilassa järjestetään myös muuta opetusta arkisin, joka hankaloittaa ohjelman hyödyntämistä. Viikonloppuisin tila on vapaassa käytössä, jolloin luokkaan pääsemiseksi tarvitaan erikseen haettava kulkukortti. Navigaattiosimulaattoriin opiskelijalla ei ole vapaata pääsyä, joten omatoimista harjoittelua ei voida suorittaa. Merikapteenien opintoihin sisältyy simulaattorijaksoja, joissa harjoitellaan erilaisten alusten käsittelyä erilaisissa tilanteissa. Lisäksi näiden opintojen läpäisemiseksi allekirjoittaneen kohdalla on vaadittu hyväksytysti suoritettu näyttö, joista yksi oli kiinnittää yksipotkurinen alus laituriin. Jolloin voidaan olettaa, että opiskelija saavuttaa taidon hallita yksipotkurista alusta perustasolla. Simulaatiota suunniteltaessa sekä suorittaessa havaitsin, että kiinnittäminen toiseen alukseen on huomattavasti haasteellisempaa haastavammalla olosuhteella ja vähäisillä toistot huomioiden. En myöskään usko, että tämä suoritus oli laadultaan sellainen, jota työelämässä edellytetään. Valmistuessaan opiskelija saa vasta vahtiperämiehen pätevyyden, joten en täydellistä aluksen hallintaa vielä edellyttäisi.

Tässä työssä suunniteltiin kirjallinen lastaus- ja painolastisuunnitelma ainoastaan MPV Medangaran näkökulmasta ja ainoastaan yksittäinen lastinsiirto.

Purettavan aluksen lasti- ja painolastioperointia tarkasteltiin vain NAPA -ohjelman kautta. Laajempaa tarkastelua aiheeseen toisi se, että suunniteltaisiin molempien alusten lastaus-, purku- sekä painolastisuunnitelmat siten, että koko prosessi koostuisi useammasta lastinsiirrosta, jolloin purettava alus tyhjennettäisiin täysin. Tällöin lastattavan aluksen lastisuunnitelmaan vaikuttaisi merkittävästi purettavan aluksen lastisuunnitelma, jolloin molempien aluksien lastisuunnitelmien tulee soveltua yhteen. Tällaisen toteutuksen näen mielenkiintoisena ongelmanratkaisu- ja yhteistyötaitojen kannalta. Tämä lisäisi työn mittakaavaa, joten kyse mielestäni olisi silloin ryhmätyön laajuisesta toteutuksesta.

Tämän työn toteutus vaati merkittävästi aikaa useisiin eri teoria-aineistoihin tutustumiseen. Osasyynä tähän vaikutti se, että tämän työn toteutuksen ja edellisen aiheeseen liittyvien opintojen välissä oli kulunut jo kauan aikaa, eivätkä opetetut asiat olleet enää tuoreessa muistissa. Toteutusta varten tuli siten tutustua vanhoihin opetusmateriaaleihin ja opetella opetettuja asioita uudestaan. Ajallisesti tehokkaampi lähtökohta olisi ollut toteuttaa tämä työ lähempänä itse opintoja. Kun taustateoria oli kerätty ja opeteltu, itse suunnitelman tekemiseen ja simulaation toteutukseen ei kulunut merkittävästi aikaa. Suunnitelmaan ja NAPA -toteutukseen kuluneesta ajasta ei ole mitattu tarkkaa arvoa, mutta navigointisimulaattorissa suoritettu toteutus suoritettiin noin neljässä tunnissa, sisältäen myös tekniset ongelmat ja niiden luomat viivästykset. Voidaan siten olettaa, että tämän tyyppinen simulaatioharjoitus on toteutettavissa yhden kahdeksan tuntisen simulaattoripäivän aikana.

Paras tapa edellä mainittujen rajoitteiden korjaamiseen olisi hankkia MPV Medangaralle NAPA -lisenssi ja tällä hetkellä olevalle kuivarahtialuksen lisenssille alusta vastaavat lastaus- ja vakavuusdokumentit. Realistisesti tämän voi kuitenkin estää lisenssin maksullisuus ja se, ettei juuri tietynlaisia dokumentteja ole saatavilla. Joten tällä hetkellä opetuskäytössä tulisi turvautua tässä työssä esitettyyn malliin, jossa MPV Medangaran osalta lasti- ja painolastisuunnitelma tehdään dokumenttien ja manuaalisen laskennan perusteella ja purettavan aluksen osalta NAPA-ohjelmalla. Työn yhdenmukaisuuden kannalta tätä mallia voidaan kritisoida. Toisaalta, jotta lastinkäsittelyn opettelu ja harjoittelu ei pohjautuisi pelkästään tietokoneohjelman hyödyntämiseen, voi tällainen toimintatapa olla parempi vaihtoehto opintojen ja tulevaisuuden uran kannalta.

Tämä työ ja työn loppuesitys toimii suunnitelman ja simulaation esityksenä ulkopuolisille. Lastisuunnitelman ja NAPA-toteutuksen suhteen koen tämän riittävänä tapana. Simulaation tyyppisen toteutuksen esittämiseen videoesitys olisi luultavasti paras mahdollinen esitysmuoto, jolloin ulkopuoliset tarkastelijat voisivat havainnoida suoraan, miten simulaatio on toteutettu ja toteutunut. Koska videoiden tekeminen ei kuulu merikapteeniopiskelijoiden opintojen sisältöön, eikä työn tekijällä ole tarvittavia välineitä tai taitoja tällaisen toteutukseen, on tämä vaihtoehto epärealistinen.

Yleisesti analyysin kiteyttäisin siten, että lastinsiirron suunnitelma ja sen tarkastelu NAPA -ohjelmalla on vielä rajoitetusti mahdollinen. Navigointisimulaattori toimii tarkoitukseen nähden hyvin, vaikka tekniset viat saattavat hankaloittaa toteutusta. Erityisesti näen potentiaalia ryhmätyön tyyppisessä toteutuksessa, jossa ryhmä suunnittelee kahden aluksen välisen lastinsiirto-operaation, sisältäen lastaus-, painolastisuunnitelmat ja esittää nämä NAPA -ohjelman tarkastelun kautta. Tämän lisäksi ryhmä suunnittelisi ja esittäisi kiinnittymisen ja lastinsiirtoprosessin aikana tapahtuvien haalauksien suunnitelman.

Jonkun mielestä tämä analyysi ja pohdinta saattaa vaikuttaa liiankin kriittiseltä. Olen itse sitä mieltä, että nämä kritiikin kohteet ja niihin puuttuminen tuovat pohtimisen aiheita simulaattoreiden kehittämiseksi ja hyödyntämiselle tulevaisuuden opinnoissa. Tässä työssä lastaustoimenpiteitä ja aluksen ohjailutoimenpiteitä simuloitiin eri ohjelmissa, mutta realistisesti nämä tapahtuvat samassa ympäristössä. Etenkin NAPA -ohjelman kehityksessä ja mahdollisesti jopa tämän yhdistämisessä navigointisimulaattoriin näen mahdollisuuksia. Tämä voisi tarkoittaa sitä, että esimerkiksi NAPA-ohjelmaan luotu lastisuunnitelma voitaisiin siirtää navigointisimulaattoriin ja toteuttaa siellä, jolloin prosessia ja sen onnistumista realistisissa olosuhteissa voitaisiin seurata reaaliaikaisesti. Tällaiset pohdinnat voivat vielä kuulostaa epärealistisilta tai hintavilta vaihtoehdoilta, mutta asia voi ja toivottavasti muuttuu tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Babicz, J. 2008a. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Babicz, J. 2008b. Intact stability information. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Babicz, J. 2008c. MPV Ostsee Description. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Baudu, H. 2018. Ship Handling. Vlissingen: Dokmar Maritime Publishers B.V.

BLU Code, Code of Practise for Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers. 2011. London: International Maritime Organization.

Boguszewski, J. 2008. Intact Stability Information. Ship General Design and Consulting. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Ekami.fi. 2022. Merenkulkualan perustutkinto, kansipäällystön osaamisala, vahtiperämies. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ekami.fi/print/18214> [viitattu 10.3.2022].

ESL-Shipping. 2019. ESL Shipping celebrates 70 years in business. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.eslshipping.com/en/news/esl-shipping-celebrates-70-years-in-business> [viitattu 18.4.2022].

IMSBC Code, International Maritime Solid Bulk Cargoes Code. 2020. London: International Maritime Organization.

International Chamber of Shipping, Oil Companies International Maritime Forum. 2005. Ship to Ship Transfer Guide Petroleum. Livingstone: Witherbys.  
Isbester, J. 2010. Bulk Carrier Practice. 2. painos. Lontoo: The Nautical Institute.

International Maritime Organization. 2019. Frequently Asked Questions. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/About/Pages/FAQs.aspx> [viitattu 10.3.2022].

International Maritime Organization. 2005. Load lines: International Convention on Load Lines, 1966 and protocol of 1988, as amended in 2003. Consolidated ed. 2005. London: IMO, International Maritime Organization.

Marineinbox.com. 2019. Freshwater allowance (FWA) & dock water allowance (DWA). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://marineinbox.com/marine-exams/freshwater-allowancefwa-dockwater-allowancedwa/> [viitattu 2.12.2022].

Myrberg, K., Leppäranta, M., & Kuosa, H. Itämeren fysiikka, tila ja tulevaisuus. 2006. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/241382/Ita%CC%88meren\\_fysiikka\\_tila\\_ja\\_tulevaisuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/241382/Ita%CC%88meren_fysiikka_tila_ja_tulevaisuus.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 29.11.2022].

Mankinen, K. 2015. Alusten väliset irtolastioperaatiot merellä. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015112617856> [viitattu 10.3.2022].

NAPA.fi. 2023. NAPA Loading Computer. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.napa.fi/software-and-services/ship-operations/napa-loading-computer/> [viitattu 21.2.2023].

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk 2022a. Merikapteeni (AMK), merenkulku. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/koulutukset/merikapteeni-amk-merenkulku/> [viitattu 9.11.2022].

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk 2022b. Opetussuunnitelmat. Päivätoteutus 2019. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://opinto-opas.xamk.fi/28/fi/55/6841/953> [viitattu 29.3.2023].

Piira, O. & Haavisto, J. 2008. Merenkulun perusteet 2. 2. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Saastamoinen, K., Rissanen, A. & Linnervuo, R. 2019. Usage of simulators to boost marine corps learning. Department of Military Technology, National Defence University.

Song, D. 2015. Maritime logistics: a guide to contemporary shipping and port management. London: Kogan Page.

Spurr, J. 2015. SMART Goals for Simulation Learning Objectives. Injectableorange.com. WWW-artikkeli. Saatavissa: <http://injectableorange.com/>. [viitattu 11.11.2022].

Stavrou, D.I., Ventikos, N.P. 2013. Ship to Ship (STS) Transfer of Cargo: Latest Developments and Operational Risk Assessment. *SPOUDAI Journal of Economics and Business* 63. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://spoudai.unipi.gr/index.php/spoudai/article/view/88> [viitattu 16.3.2022].

Säteri, M. 2020. Toiminnallisen opinnäytetyön erityispiirteitä. Wiki.Metropolia.fi. WWW-artikkeli. 23.4.2020. Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=57182852>. [viitattu: 5.12.2022].

Wärtsilä. 2022. Mooring Lines. WWW-artikkeli. Saatavissa; <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/mooring-lines> [viitattu: 7.12.2022].

Yan, X. 2020. Application of fuzzy bow-tie risk analysis to maritime transportation: The case of ship collision during the STS operation. *Ocean Engineering* 217. WWW-tiedosto. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801820309124> [viitattu 16.3.2022].



## KUVALUETTELO

Kuva 1. Kevennys- sekä käänteinen kevennysoperaatio. Stavrou, D.I., Ventikos, N.P. 2013. Ship to Ship (STS) Transfer of Cargo: Latest Developments and Operational Risk Assessment. SPOUDAI Journal of Economics and Business 63. WWW-artikkeli. Saatavissa: <https://spoudai.unipi.gr/index.php/spoudai/article/view/88>.

Kuva 2. Aluksen maksimi deadweight. Babicz, J., 2008. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet).

Kuva 3. 50 % aluksen nestemäisistä massoista. Babicz, J., 2008. Intact stability information. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Kuva 4. Loading scale. Babicz, J., 2008. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Kuva 5. Lastin jaottelu ja lastausjärjestys.

Kuva 6. Painolastisuunnitelma.

Kuva 7. Kiinnittyminen vastatuulella. Baudu, H. 2018. Ship Handling. Vlissingen: Dokmar Maritime Publishers B.V.

Kuva 8. Irrottautuminen vastatuulella. Baudu, H. 2018. Ship Handling. Vlissingen: Dokmar Maritime Publishers B.V.

Kuva 9. Keulan kiinnitysaseman pohjapiirustus. Babicz, J., 2008. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Kuva 10. Medangaran perän kiinnitysasema. Babicz, J., 2008. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Kuva 11. Regina Oldendorffin klyysien sijainnit. Isbester, J. 2010. Bulk Carrier Practice. 2. painos. Lontoo: The Nautical Institute.

Kuva 12. Kiinnitymissuunnitelma.

Kuva 13. Irrottautumissuunnitelma.

Kuva 14. Lähestymisvaihe.

Kuva 15. Kiinnitymisvaihe.

Kuva 16. Medangara kiinnittyneenä operoitavassa aluksessa.

Kuva 17. Aluksen tila ennen lastinsiirtoa. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.

Kuva 18. Aluksen tila lastinsiirron jälkeen. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.

Kuva 19. Aluksen vakavuuden tiedot. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.

Kuva 20. Alukseen vaikuttavat taivutusmomentit. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.

Kuva 21. Aluksen vaikuttavat voimat. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Medangaran päämitat. Babicz, J., 2008. Capacity Plan. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet).

Taulukko 2. Operoitavan aluksen päämitat. Isbester, J. 2010. Bulk Carrier Practice. 2. painos. Lontoo: The Nautical Institute.

Taulukko 3. Hiilen ominaisuudet. IMSBC Code, International Maritime Solid Bulk Cargoes Code. 2020. London: International Maritime Organization.

Taulukko 4. Aluksen varastojen ja miehistön massat. Babicz, J., 2008. Intact stability information. Gdańsk: Baobab Naval Consultancy. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Taulukko 5. Lastin maksimi deadweight-laskelma.

Taulukko 6. Hydrostatic data. Boguszewski, J. 2008. Intact Stability Information. Ship General Design and Consulting. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Intranet.

Taulukko 7. Lastiruumien tiedot. NAPA. 2022. NAPA Loading Computer.