



Turun yliopisto
University of Turku

AUTONOMISEN JA KONVENTIONAALISEN IRTOLASTIALUKSEN ELINKAARIKUSTAN- NUKSET

Toimitusketjujen johtamisen
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Antti Nurmi 500492

Ohjaajat:
Lauri Ojala
Tuomas Kiiski

11.10.2017
Turku



Turun kauppakorkeakoulu • Turku School of Economics

Nämä tekstit jätetään vain tutkielmiin, jos käytät pohjaa muuhun raporttiin, poista nämä:

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

The originality of this thesis has been checked in accordance with the University of Turku quality assurance system using the Turnitin OriginalityCheck service.

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	13
1.1	Tutkimuksen tausta ja toimeksianto	13
1.2	Autonomisten alusten määritelmät ja keskeiset kehityshankkeet	14
1.3	Tutkimuskysymys ja rajaukset	17
1.4	Tutkimuksen toteuttaminen ja menetelmät	18
2	KIRJALLISUUSKATSAUS AIKAISEMPAAN TUTKIMUKSEEN	21
2.1	Merenkulun markkinoiden historialliset syklit	21
2.2	Meriliikenteen nykyinen markkinatilanne	23
2.3	Meriliikenteen tulevaisuudenskenaarioita.....	23
2.3.1	Wärtsilä Oyj:n tulevaisuudenskenaariot	23
2.3.2	Lappalaisen tulevaisuudenskenaariot.....	24
2.3.3	Trafin tulevaisuudenskenaariot.....	26
2.3.4	Tulevaisuudenskenaarioiden yhteenveto	27
2.4	Irtolastialustoiminta ja rahtimarkkinat	28
2.4.1	Rahtimarkkinat pääpiirteittäin	28
2.4.2	Irtolastialustoiminta	30
2.4.3	Irtolastialukset.....	31
2.5	Miehittämättömien alusten kehitys ja erityispiirteet	32
2.5.1	Teknologioiden suorituskyky ja käyttöönotto	33
2.5.2	Meriliikenteen erityispiirteet autonomisten alusten toiminnassa.....	35
2.5.3	Autonomian tasot	37
2.5.4	Autonomisiin aluksiin tarvittavan tekniikan kehitys	38
2.5.5	Miehittämättömän aluksen hallinta ja ohjaaminen	39
2.6	Miehittämättömän aluksen käyttö irtolastialuksena	41
2.6.1	Merkittävät oletetut erot kustannusten jakautumisessa miehitettyjen ja miehittämättömien alusten välillä	42
2.6.2	Sosiaalinen, laillinen ja infrastruktuurin kehitys miehittämättömien alusten kannalta.....	43
3	TUTKIMUKSEN SKENAARIOIDEN ESITTELY	46
3.1	Ennusteiden analysointi ja yhdistäminen	46
3.2	Omien ennusteiden luominen.....	47
3.3	Irtolastialustoiminnan analysointi	51
3.4	Teknologisten muuttujien analysointi	52

4	LASKENTAMALLI	54
4.1	Kustannusajurien määrittely.....	54
4.2	Hypoteettinen case	58
4.3	Mallin rakenne	59
4.3.1	Parametrit.....	59
4.3.2	Tulevaisuuden kehityksen muuttujat	60
4.3.3	Merimatkan muuttujat ja nopeuden skenaariot.....	61
4.3.4	Miehittämättömän aluksen tekniikkaan liittyvät muuttujat	61
4.3.5	Laskentamallin toteutus	62
4.3.6	Tulossivu, diskonttaus ja nettonykyarvo	64
4.3.7	Tiivistelmä-sivu ja laskentamallin käyttäminen	65
4.4	Skenaarioiden kuvaukset sekä käytetyt parametrit ja muuttujat	67
4.4.1	Perusolettamukset (parametrit).....	67
4.4.2	Tulevaisuuden kehitys	69
4.4.3	Merimatka ja käytettävät nopeudet.....	72
4.4.4	Alukseen ja teknologian kehitykseen vaikuttavat muuttujat	72
5	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	76
5.1	Tulokset yleisesti.....	76
5.2	Ääritapausten analysointi	77
5.2.1	Skenaarioyhdistelmä 1113	78
5.2.2	Skenaarioyhdistelmä 3322	81
5.2.3	Skenaarioyhdistelmä 3331	85
5.3	Johtopäätökset	88
5.3.1	Alatutkimuskysymys 1) Mitkä ovat Itämeren meriliikenteen mahdolliset tulevaisuudenskenaariot?	89
5.3.2	Alatutkimuskysymys 2) Miten autonomiset alukset tulevat kehittymään konventionaalisiin aluksiin verrattuna?	89
5.3.3	Alatutkimuskysymys 3) Miten rakentaa toimiva malli konventionaalisen ja autonomisen aluksen elinkaarikustannusten tarkasteluun?	90
5.3.4	Alatutkimuskysymys 4) Miten konventionaalisen ja autonomisen aluksen kustannukset käyttäytyvät eri tulevaisuudenskenaarioissa?90	
5.3.5	Päätutkimuskysymys: Mitä eroja on autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen elinkaarikustannuksissa varustamolle aikavälillä 2020–2040 erilaisissa tulevaisuudenskenaarioissa lyhyillä merimatkoilla Itämeren kaltaisessa toimintaympäristössä?	91
5.4	Tulosten vertaaminen aiempaan tutkimukseen	92

6	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA YHTEENVETO	93
6.1	Tutkielman luotettavuus.....	93
6.2	Yhteenveto ja tutkielman rajoitteet	94
	LÄHTEET.....	96

Kaavaluettelo

Kaava 1	Aluksen kokonaiskustannusfunktio.....	54
Kaava 2	Toimintakustannusfunktio.....	55
Kaava 3	Matkakustannusfunktio	56
Kaava 4	Polttoaineenkulutusfunktio.....	57
Kaava 5	Lastinkäsittelykustannusfunktio	58
Kaava 6	Diskonttaustekijä	65

Kuvaluettelo

Kuva 1	Induktiivinen, deduktiivinen ja abduktiivinen metodologia.....	19
Kuva 2	Yhdistyneen Kuningaskunnan tukkuhintaindeksi noin vv. 1740-2000 verrattuna 54 vuoden sykliin sekä arvio pitkän syklin jatkosta vuoteen 2058	22
Kuva 3	Irtolastialus omalla lastinkäsittelyvälineistöllä.....	32
Kuva 4	Teknologian kehityksen s-käyrät.....	33
Kuva 5	Disruptiivisen teknologian suorituskyky	34
Kuva 6	Autonomian tasot.....	37
Kuva 7	Havainnollistava kuva laskentamallin tiivistelmäsiivusta.....	66
Kuva 8	Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) toimintakustannukset (milj. USD).....	78
Kuva 9	Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) matkakustannukset (milj. USD).....	79
Kuva 10	Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) pääomakustannukset (milj. USD).....	79
Kuva 11	Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD)	80
Kuva 12	Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD).....	80
Kuva 13	Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) toimintakustannukset (milj. USD).....	82

Kuva 14	Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) matkakustannukset (milj. USD)	82
Kuva 15	Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) pääomakustannukset (milj. USD).....	83
Kuva 16	Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD).....	84
Kuva 17	Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD)	84
Kuva 18	Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) toimintakustannukset (milj. USD).....	85
Kuva 19	Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) matkakustannukset (milj. USD)	86
Kuva 20	Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) pääomakustannukset (milj. USD).....	87
Kuva 21	Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD).....	87
Kuva 22	Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD).....	88

Taulukkoluetelo

Taulukko 1	Tutkielmassa käytettävät tulevaisuudenskenaariot.....	48
Taulukko 2	Skenaarioiden kuvaukset	67
Taulukko 3	Tämän tutkielman aluksen toimintakustannukset vuodessa, kun oletetaan, että alus liikennöi 350 päivänä vuodessa	68
Taulukko 4	Tulevaisuuden muuttujien kertoimet	71
Taulukko 5	Autonomiseen alukseen ja sen teknologian kehitykseen liittyvät kertoimet (verrattuna konventionaaliseen alukseen)	75

Lyhenteet

AAWA	Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative (kehittyneiden autonomisten vedessä liikkuvien sovellusten aloite)
ASC	Autonomous Surface Craft (autonominen pinta-alus)
ASV	Autonomous Surface Vehicle (autonominen vesikulkuneuvo)
COLREGS	International Regulations for Preventing Collisions at Sea (kansainväliset säännöt yhteentörmäysten välttämiseksi merellä)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio)
DWT	Deadweight tonnage (ns. kuollutpainotoni)
EU	Euroopan unioni
IMO	International Maritime Organisation (kansainvälinen merenkulkujärjestö)
LIBOR	London Interbank Offered Rate (Lontoon pankkienvälinen viitekorko)
MASS	Maritime Autonomous Surface Ship (autonominen alus)
MDO	Marine Diesel Oil (meriliikenteessä käytettävä dieselöljy)
MUNIN	Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (miehittämätöntä meriolosuhteissa navigointia tietoverkkojen avulla)
PENTA	Tukholman, Helsingin, Tallinnan, Turun ja Naantalın satamien yhteisnimitys
SOLAS	Safety Of Life At Sea (kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä)

SCC	Shore Contor Centre (maissa sijaitseva ohjauskeskus)
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (kansainvälinen merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskeva yleissopimus)
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
ULSFO	Ultra-Low Sulphur Fuel Oil (matalarikkinen meriliikenteessä käytettävä polttoaine)
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea (Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus)
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development (Yhdistyneiden kansakuntien kauppaja kehityskonferenssi)
USD	Yhdysvaltain dollari
USV	Unmanned Surface Vehicle (miehittämätön pinta-alus)

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta ja toimeksianto

Autonomiset lastialukset ovat melko uusi aihe, mutta kiinnostus niitä kohtaa on viime vuosina kasvanut nopeasti. Vakava keskustelu aiheesta Euroopan unionin tasolla on saanut alkunsa vuonna 2012 (Rødseth & Burmeister 2012, 1–16). Suurimpia syitä kiinnostuksen kasvulle ovat olleet monet mahdollisuudet, joita miehittämättömät alukset voisivat tuoda. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 71.) Kiinnostus aihetta kohtaan on kasvanut paljon tieteen ja sotilasteknologian tarpeiden kautta, mutta viime vuosina myös kaupalliset tarkoitukset, kuten mahdollisuus hyödyntää autonomisia aluksia kauppa-aluksina ovat nousseet suurempaan rooliin (Sampson 2014, 58).

Digitalisaatio on viime aikoina saanut enemmän huomiota, ja perinteisenä ja muutoshaluttomana nähty meriliikennekin on alkanut ottaa harppauksia kohti digitalisaatiota, ja meriklusterin yritykset näkevätkin digitalisaation keskeisenä tulevaisuuden muutosvoimana (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016, 129). Digitalisaatio on määritelty liiketoimintamallien, uusien tulojen ja uusien arvontuotantoprosessien kehittämiseksi digitaalisten teknologioiden avulla (Gartner 2017). Autonomiset lastialukset ovat keskeisessä osassa tätä muutosta. Vain muutama vuosi sitten autonomisen lastialuksen konsepti tuntui monista täysin mahdottomalta, mutta jo nyt positiivisimpien arvioiden mukaan autonominen lastialus voisi olla täysin mahdollinen tämän vuosikymmenen lopulla. Tarvittava teknologia on jo lähtökohtaisesti olemassa. Kyse on vain sen soveltamisesta. Autonomisen aluksen suurimpia etuja konventionaaliseen alukseen verrattuna ovat miehistön vaatiman tilan ja infrastruktuurin puuttuminen. Tämä keventää alusta, antaa lisää lastitilaa ja yksinkertaistaa koko laivaa, koska kaikki vain miehistöä varten siellä olevat järjestelmät voidaan poistaa. (AAWA 2016, 4.)

Kauppamerenkulku on perinteisesti ollut erittäin kustannuksiin keskittyvää liiketoimintaa ja tähän seikkaan tämäkin tutkielma pureutuu. On kuitenkin ehdotettu, että nykyinen kustannuksiin keskittyvä liiketoimintamalli ei välttämättä ole ideaalinen digimurroksessa olevalle merenkululle. Autonomiset alukset ja digitalisaation luomat mahdollisuudet eivät rajoitu pelkästään kustannusten karsimiseen vaan mahdollistaa myös uusia liiketoimintamalleja, esimerkiksi älykkäämmän laivastonhallinnan muodossa. Tämä mahdollistaa esimerkiksi parempien palveluiden luomisen. Ongelmaksi tässä kuitenkin muodostuu se, että merenkulkualan nykyinen asenne on se, että laadusta ja palveluista ei haluta maksaa. Vain alemmat kustannukset kelpaavat. (Stopford 2016, 22–23.) Niinpä tässäkin tutkielmassa tullaan myös keskittymään pääosin kustannuksiin. Tutkielma on toteutettu liikenteen turvallisuusvirasto Trafín toimeksiantona. Tutkielman päätarkoitus on kartoittaa

autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen kustannuseroja lyhyissä merikuljetuksissa. Teoriassa autonomisen aluksen suurimmat edut ovat pidemmällä matkoilla, mutta käytännön syistä johtuen ensimmäiset sovellukset tulevat mitä todennäköisimmin olemaan kuitenkin lyhyillä merimatkoilla. Tutkielman tarkoituksena on siis selvittää kyseisen konseptin taloudellista järkevyyttä.

1.2 Autonomisten alusten määritelmät ja keskeiset kehityshankkeet

Kirjallisuudessa miehittämättömiä ja autonomisia vesikulkuneuvoja kuvaamaan käytettyjä termejä ovat mm. *unmanned surface vehicle (USV)*, *autonomous surface vehicles (ASV)* ja *autonomous surface craft (ASC)*. Termeistä kaksi viimeisintä ovat hieman harhaanjohtavia, koska harva miehittämätön vesikulkuneuvo on aidosti autonominen sanan varsinaisessa merkityksessä. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 71.) Breivik (2010, 59) määritteli miehittämättömän vesikulkuneuvon kulkuneuvoksi, joka kulkee vedessä, kykenee toiminaan miehittämättömänä ja kykenee vaihtelevan tasoiseen autonomiaan. Autonomia voidaan määritellä itsenäiseksi toiminnaksi. Euroopan komission rahoittaman MUNIN (*Maritime unmanned navigation through intelligence in networks*) -projektin mukainen määritelmä miehittämättömästä aluksesta on hyvin samankaltainen kuin Breivikin (2010, 59) määritelmä miehittämättömästä vesikulkuneuvosta.

Yhteistä määritelmille on etenkin se, että autonomiasta huolimatta ihmisellä on aina mahdollisuus vaikuttaa aluksen tai vesikulkuneuvon toimintaan (Rødseth & Burmeister 2012, 3). Viimeisin esitetty termi on MASS (*Maritime Autonomous Surface Ship*) (IMO 2017, 1). Tässäkin ilmaisussa sana autonominen on ehkä hieman harhaanjohtava, mutta muuten termi kuvaa käsiteltävää ilmiötä jo paremmin kuin edeltävät määritelmät. Sanat *maritime* ja *ship* luovat selkeämmän kuvan kauppa-aluksesta kuin edeltävät ilmaisut. Stopford käyttää samasta ilmiöstä termiä älyalus (*smart ship*) (Stopford 2016, 1–26).

Pohjimmiltaan etenkin ilmaisut MASS ja *smart ship* kuvaavat tismalleen samaa ilmiötä ja tässä tutkielmassa käytetään pääasiassa suomenkielistä ilmaisua, autonominen alus, kuvaamaan kyseistä ilmiötä. Välillä tutkielmassa saatetaan myös käyttää ilmauksia, miehittämätön alus tai älyalus. Termillä miehittämätön alus kuvataan erityisesti ilmiön sitä puolta, jossa konseptin yksi keskeisistä ominaisuuksista on vähäinen tai olematon miehitys. Termiä älyalus käytetään taas välillä kuvaamaan etenkin konseptin mahdollisia uusia älykkäitä liiketoimintamahdollisuuksia. Näillä kaikilla kolmella ilmaisulla kuvataan kuitenkin tässä tutkielmassa samaa ilmiötä, joten kussakin tilanteessa voitaisiin käyttää mitä tahansa kolmesta ilmaisusta.

Ensimmäiset askeleet kohti miehittämätöntä alusta otettiin jo 1950-luvulla ensimmäisten tekoälytutkimusten muodossa. 1980-luvulla tutkimus kiihtyi (MUNIN 2016, 4) eten-

kin DARPA:n (*Defense Advanced Research Projects Agency*) tutkimuksien ja EU:n Prometheus-projektin myötä. Norjalainen autonomisten vesikulkuneuvojen tutkimus johti jopa kaupalliseen Kongsberg Maritime Hugin miehittämättömään sukellusveneeseen. (Rødseth & Burmeister 2012, 6.) Kaupalliset käyttötarkoitukset ovat tästä huolimatta kuitenkin suhteellisen harvinaisia ja suurin osa kokeiluista on tehty tutkimusta tai sotilaallisia tarkoituksia varten (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 73).

Tutkimusta miehittämättömistä vesikulkuneuvoista on siis tehty jo jonkin verran, mutta suurin osa tähänastisesta tutkimuksesta on keskittynyt lähinnä teknisiin ratkaisuihin. Harvassa tutkimuksessa puhutaan ensinnäkään edes mahdollisuudesta käyttää teknologiaa miehittämättömän kauppa-aluksen kehittämiseen, vaan puhe keskittyy yleisemmin vain vesikulkuneuvoihin. Mahdollisuudet kauppa-aluksena on otettu kunnolla esille vasta 2010-luvulla. Tärkeitä projekteja ovat olleet Euroopan komission MUNIN-projekti ja Rolls Roycen AAWA (*Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative*)-projekti.

Euroopan komission rahoittama MUNIN on keskeinen tutkimus miehittämättömien alusten saralla. Toisin kuin monet muut tutkimukset MUNIN otti kantaa myös muihinkin kuin teknisiin seikkoihin. MUNIN-projektin tarkoitus on tutkia miehittämättömän aluksen potentiaalia irtolastialuksina pitkillä merimatkoilla. MUNIN-projektin puitteissa kehitetyt aluskonseptin keskeisiä ominaisuuksia ovat:

- kehittänyt sensorimoduuli,
- autonominen navigointijärjestelmä,
- autonominen moottorinhallintajärjestelmä,
- maissa sijaitseva ohjauskeskus,
- maissa sijaitseva ihmisoperaattori,
- maissa sijaitseva ihmisinsinööri ja
- maissa sijaitseva ohjaustiimi.

Näiden yksiköiden yhteistyönä aluksen oletetaan kykenemään autonomiseen toimintaan normaaleissa olosuhteissa, mutta tarvittaessa maissa sijaitseva ohjaustiimi voisi ottaa komennon aluksesta. MUNIN -projektin mukaisen aluksen oletettaisiin olevan tietynlaisissa olosuhteissa perinteistä alusta taloudellisempi ja turvallisempi. (MUNIN 2016, 4–13.)

AAWA-projekti on toinen merkittävä miehittämättömien kauppa-alusten tutkimusprojekti. Tutkimuksen osapuolet ovat Rolls-Royce, DNV GL, NAPA, Deltamarin, and Inmarsat, Aalto Yliopisto, Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Åbo Akademi, Turun yliopisto ja Teknologian tutkimuskeskus VTT. Projektin rahoittaa Innovaatiorahoituskeskus Tekes. Rolls-Royce on eräs maailman johtavista insinööri-toimistoista ja moottoriteknologian osaajista. DNV GL on taas norjalaisen ja saksalaisen luokituslaitosten Det Norske Veritaksen ja Germanischer Lloydin fuusio. NAPA on laivojen suunnitteluun käytettävien

ohjelmistoihin erikoistunut yritys. Deltamarin on taas puolestaan laivojen suunnitteluun ja rakentamiseen erikoistunut yritys. Projektin viimeinen yritysosapuoli Inmarsat on satelliittiyhteyksiin erikoistunut yritys. Loput mainitut osapuolet ovat korkeakouluja ja tutkimuskeskuksia. Yhteisprojektin tarkoituksena on selvittää mitä taloudellisia, sosiaalisia, laillisia ja teknologisia haasteita on selvitettävä, jotta miehittämättömät alukset olisivat tulevaisuudessa mahdollisia. Eräs projektin keskeisistä tavoitteista on miehittämättömien alusten vaatiman sensoritekniikan testaaminen valtionyhtiö Suomen Lauttavarustamo Oy:n (Finferries) Stella lautta-aluksella. AAWA-projektin eräs keskeisimmistä eroista MUNIN-projektiin on se, että AAWA:ssa hyväksytään se tosiasia, että miehittämättömät alukset tulevat mitä todennäköisemmin toimimaan aluksi paikallisilla reiteillä huolimatta pitkien matkojen ilmeisistä eduista miehittämättömien alusten suhteen. (Turun Yliopisto 2016; AAWA 2016, 58; Rolls Royce 2016a.)

Toinen Suomessa Itämereen keskittyvä hanke on DIMECC Oy:n (*Digital, Internet, Materials & Engineering Co-Creation*) koordinoima One Sea Ecosystem. Hankkeen muut osapuolet ovat ABB, Ericsson, Cargotec, Meyer Turku, Meriteollisuus ry, Rolls-Royce, Tekes, Tieto ja Wärtsilä. Rolls-Royce ja Tekes olivat myös mukana AAWA:ssa, mutta muut osapuolet ovat uusia. DIMECC on monialainen innovaatioyhteistyöalusta, jonka verkosto koostuu yli 2000 henkilöstä, yli 400 organisaatiosta, 69 sidosryhmästä ja yli kymmenestä fasilitaattorista. ABB on erityisesti automatisaatioon erikoistunut teknologia-alan yritys. Ericsson on eräs maailman johtavista kommunikaatioteknologian yrityksistä. Cargotec on johtava lastinkäsittelyvälineistöön erikoistunut teknologia-alan yritys. Meyer Turku on erityisesti ylellisiin matkustaja-aluksiin erikoistunut telakka. Meriteollisuus ry on Suomen meriteollisuuden elinkeinopoliittinen vaikuttajajärjestö, jolla on yhteensä 83 jäsenyritystä. Tieto on pohjoismaiden johtava ohjelmistoalan yritys. Wärtsilä on meriteknologiaan ja energiaan erikoistunut yritys. One Sea Ecosystem:in tavoite on mahdollistaa Itämeren alueella autonomisten alusten kehitystä ja käyttöönottoa. Keskeinen tavoite on saavuttaa vuonna 2025 kaupallinen autonomisten alusten ekosysteemi. (DIMECC Oy 2017.)

Viimeisin harppaus miehittämättömien alusten saralla on Kongsberg Maritimen julkistus aikeista rakentaa maailman ensimmäinen autonominen alus. Kongsberg Maritime on norjalainen meriteollisuuden järjestelmiin erikoistunut yritys. Aluksen nimi on YARA Birkeland. Alus on täysin sähköinen konttialus, ja sen odotettu valmistuspäivä on vuoden 2018 lopulla. Aluksen on tarkoitus toimia aluksi miehitettynä, mutta vuonna 2020 sen pitäisi pystyä toimimaan täysin autonomisesti. Alus tulee kulkemaan lyhyttä pisimmillään 30 merimailin mittaista matkaa korkeintaan 12 merimailin päässä rannikosta kolmen sataman välillä. Koko matkan ajan alus on Norjan rannikkoviranomaisten alusliikennepalvelujärjestelmän alaisuudessa. Merkittävä ero alkuperäisiin miehittämättömien alusten visioihin verrattuna tässä on se, että kyseessä on konttialus eikä irtolastialus kuten

kirjallisuudessa alun perin on ajateltu. Tämän konseptin merkittävä etu on se, että kontti-terminaali pystytään automatisoimaan kokonaan ja näin toimintaa saadaan virtaviivaistettua. (Kongsberg Maritime 2017.)

1.3 Tutkimuskysymys ja rajaukset

Tässä tutkielmassa tutkitaan autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen kustannusrakenteiden eroja lyhyillä matkoilla Itämeren kaltaisilla merialueilla. Tutkielman tarkoituksena on luoda näkemys asiaan nykyhetkellä saatavilla olevien tietojen pohjalta, ja olla mahdollisimman puolueeton. Tällä tarkoitetaan sitä, että hypoteesia kummankaan alustyyppin paremmuudesta ei tehdä. Tarkoituksena on selvittää, miten näiden kahden alustyyppin kustannukset käyttäytyvät erilaisissa olosuhteissa aluksen omistavan tai ope- roivan varustamon kannalta tarkasteltuna.

Vaikka tutkielmassa tutkitaan kustannuksia varustamon kannalta, antavat tulokset tietoa myös muille toimijoille. Syy siihen, miksi tutkielma tehdään varustamon näkökulmasta, on se, että lopulta päätöksen autonomisten alusten käytöstä tekevät kuitenkin varustamot ja rahdinantajat taloudellisten seikkojen pohjalta. Varustamot eivät suinkaan aina yksin vastaa aluksen hankinnasta. Esimerkiksi systeemiliikenteessä alus rakennetaan johonkin tiettyyn tehtävään, ja rahtisopimukset ovat hyvin pitkäkestoisia. (Repka ym. 2017, 28) Tällaisessa tilanteessa rahdinantajilla on suuri vaikutus käytettävään alukseen. Kustannukset ovat kuitenkin periaatteessa samat, maksaa ne sitten varustamo tai jokin muu taho.

Tutkimuskysymys on seuraava:

”Mitä eroja on autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen elinkaarikustannuk- sissa varustamolle aikavälillä 2020–2040 erilaisissa tulevaisuudenskenaarioissa lyhyillä merimatkoilla Itämeren kaltaisessa toimintaympäristössä?”

Siitä johdetut alatutkimuskysymykset ovat:

- 1) mitkä ovat Itämeren meriliikenteen mahdolliset tulevaisuudenskenaariot?
- 2) miten autonomiset alukset tulevat kehittymään konventionaalisiin aluksiin verrat- tuna?
- 3) miten rakentaa toimiva malli konventionaalisen ja autonomisen aluksen elinkaari- kustannusten tarkasteluun?
- 4) miten konventionaalisen ja autonomisen aluksen kustannukset käyttäytyvät eri tu- levaisuudenskenaarioissa?

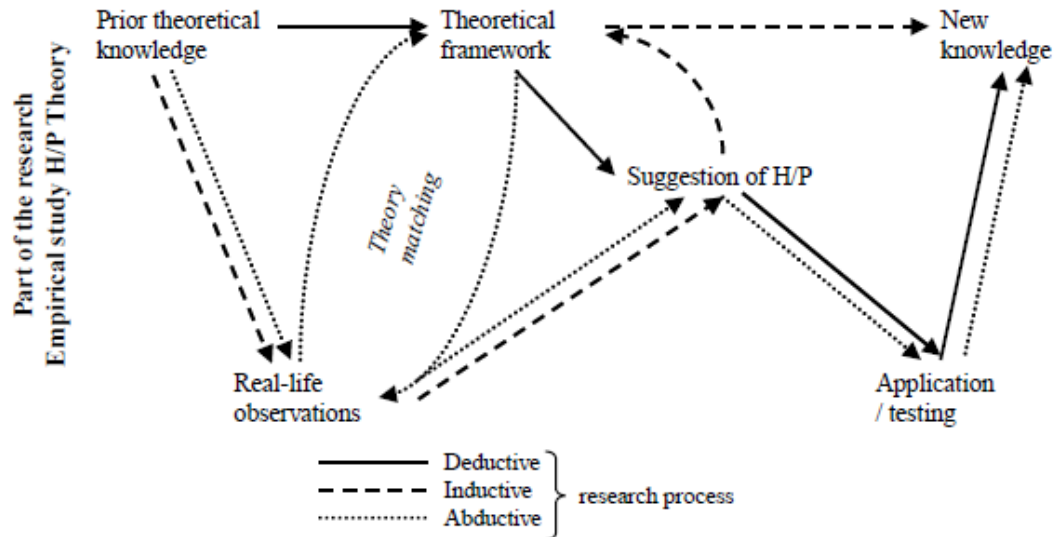
Keskeisimmät rajaukset ovat toimintaympäristön rajoittaminen lyhyisiin merimatkoihin ja alustyyppin rajoittaminen noin 20 000 DWT:n niin sanottuun *handysize*-kokoiseen irtolastialukseen. Tyypillisesti 10 000–39 000 DWT:n irtolastialuksia kutsutaan *handysize*-kokoisiksi (Repka ym. 2017, 7). Tässä tutkielmassa tehdään myös se rajaus, että varustamo hankkii rahoituksen ja ostaa aluksen ja operoi sillä. Tämä rajaus tehtiin, koska se mahdollistaa yksinkertaisen ja suoraviivaisen tavan tarkastella kustannuksia. Aluksen käyttövoiman lähteisiin ei myöskään tulla tekemään aluksen elinkaaren aikana muutoksia. Myös muitakaan aluksiin, esimerkiksi päästöjen vähentämiseksi tai meriturvallisuuden lisäämiseksi, tehtäviä laiteasennuksia ei huomioida, koska ne oletetaan kustannusneutraaleiksi kahden tarkasteltavan alusvaihtoehdon välillä. Ylipäätään oletetaan, että alukset täyttävät sääntelyn vaatimukset alusvaihtoehtojen kesken kustannusneutraalin ylläpitohuollon avulla koko elinkaariensa ajan. Autonomisiin aluksiin siirtymisen edellyttämät muutokset merenkulun kansainvälisessä ja kansallisessa sääntelyssä esim. IMO:n ja kansallisen sääntelyn osalta on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Tämä on – ja tulee olemaan – merkittävä hidaste siirtymään, vaikka teknologiset ratkaisut olisivatkin olemassa. Myöskään valuuttakurssien tai korkotasojen yllättäviä muutoksia ei huomioida. Tutkimusmenetelmät on rajattu siten, että kaikki tutkielmassa esitelty perustuu nykyhetkellä saatavilla olevaan tietoon. Mitään täysin ennakoimattomissa olevia asioita kuten sotia tai luonnonmullistuksia ei tulla huomioimaan. Sääolojen oletetaan pysyvän nykyisen kaltaisina, ja sään ääri-ilmiöiden mahdollista lisääntymistä ei oteta huomioon – myöskään talvimerenkulun osalta.

1.4 Tutkimuksen toteuttaminen ja menetelmät

Perinteisesti tieteellisessä tutkimuksessa on käytetty deduktiivista tai induktiivista metodologiaa. Deduktiivinen metodologia on erittäin yleinen. Siinä edeltävän tiedon pohjalta muodostetaan teoria ja tämän jälkeen teoriaa testataan hypoteesien avulla ja näin saavutetaan uutta tietoa. Induktiivisessa tutkimusotteessa taas muodostetaan edeltävän tiedon ja reaali maailman havaintojen pohjalta hypoteesi ja näiden pohjalta muodostetaan uusi teoria, jonka avulla saadaan uutta tietoa. Näistä kahdesta tutkimusotteesta deduktiivinen on selvästi yleisin. Induktiivinen tutkimusote on kuitenkin lisännyt suosiotaan viime vuosina. Tietyllä tavalla nämä kaksi tutkimusotetta ovat toistensa peilikuvat. Deduktiivisessa liikutaan teoriasta empiriaan ja induktiivisessa taas empiriasta teoriaan. (Spens & Kovács 2006, 375–377.)

Tämän tutkielman tutkimusote on kuitenkin vähemmän käytetty abduktiivinen metodologia. Abduktiivinen metodologia on tavallaan kahden edellä mainitun tutkimusotteen yhdistelmä. Abduktiivisessa metodologiassa edeltävän teoreettisen tiedon ja empirian avulla muodostetaan uusi teoria iteratiivisen prosessin, jossa edeltävää teoreettista tietoa

heijastellaan empiriaa vasten, avulla. Näin syntyneitä uutta teoriaa sitten testataan aivan kuten deduktiivisessakin tutkimusotteessa. Tämä prosessi on havainnollistettu kuvassa 1. (Spens & Kovács 2006, 376–378.)



Kuva 1 Induktiivinen, deduktiivinen ja abduktiivinen metodologia (Spens & Kovács 2006, 376)

Käytännössä tutkielmassa on kaksi eri osaa, joista toinen on tulevaisuuden skenaarioiden määrittely ja toinen laskentamallin rakentaminen. Nämä osiot eivät kuitenkaan ole kokonaan erillisinä osina tutkimuksessa vaan ne esiintyvät osittain rinta rinnan tutkielman edetessä. Tutkielman alkupuolen luvut käsittelevät yleensä selvästi jompaakumpaa osiota mutta loppupuolella asiat nivoutuvat yhteen kokonaisuudeksi. Syy tähän on se, että valinnat toisessa osiossa vaikuttavat väijäämättä myös toiseen, joten esittäminen erillään ei ole luontevaa. Luku 1 on johdanto ja ei sinällään sisällä kummankaan osan tarkempaa käsittelyä. Luvut 2.–2.3 ja 3.–3.2 käsittelevät tulevaisuuden skenaarioiden määrittelyä kun taas luvut 2.4–2.6 ja 3.3–3.4 enemmän laskentamallin rakentamista. Luvussa 4 eri osat nivoutuvat yhteen ja luvuissa 5 ja 6 laskentamallin rakentamista ja tulevaisuuden skenaarioiden määrittelyä voi enää mielekkäästi erottaa toisistaan.

Tulevaisuuden skenaariot määritellään tulevaisuustaulukkomenetelmän avulla kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Kirjallisuuskatsauksen ja skenaariotyöskentelyn yhdistäminen tulevaisuudentutkimuksessa on yleinen menetelmä (Popper 2008, 81), joten sen oletetaan soveltuvan hyvin myös tähänkin tutkielmaan. Laskentamalli rakennetaan kirjallisuuskatsauksen pohjalta tehtyjen havaintojen mukaisesti yleisesti hyväksytyjen merenkulussa käytettävien laskentamenetelmien pohjalta. Tämän jälkeen autonomisen ja konventionaalisen aluksen eroavaisuuksia eri skenaarioissa analysoidaan laskentamallin avulla.

Andreewsky ja Bourcier (2000, 836–845) sekä Dubois ja Gadde (2002, 553–560) ovat ehdottaneet, että tällainen abduktiivinen tutkimusote sopii erityisesti tilanteisiin, joissa mikään olemassa oleva teoria ei kykene selittämään hyvin uutta mielenkiintoista ilmiötä. Tässä tutkielmassa on juuri kyse tällaisesta tapauksesta. Autonomiset alukset ovat uusi ja tämän tutkielman puitteissa määritellysti vielä käytännön sovellusta vailla oleva ilmiö. Tämän ilmiön tutkimiseen ei ole olemassa vielä riittävän hyvää teoriaa, joten tämän tutkielman tavoite onkin siis rakentaa edeltävän teoreettisen tiedon ja reaali maailman havaintojen pohjalta laskentamalli, jonka avulla miehittämättömien alusten kustannuksia voitaisiin verrata perinteisten miehitettyjen alusten kustannuksiin. Tämä laskentamallin rakennusvaihe on juuri Spensin ja Kovacksin (2006, 376) ehdottama edeltävän teorian ja empirian heijastelun iteratiivinen prosessi. Tämän jälkeen laskentamallilla lasketaan kustannuksia useissa eri tulevaisuuden skenaarioissa. Tämä vaihe taas on abduktiivisen laskentamallin viimeinen vaihe, jossa uutta teoriaa testataan ja näin saavutetaan uutta tietoa.

Tutkielmassa on sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista dataa ja kumpaakin datatyyppejä analysoidaan kvalitatiivisin menetelmin. Tämän lisäksi kvantitatiivista dataa analysoidaan myös kvantitatiivisesti. Tämä on harvoin käytetty, mutta kuitenkin mahdollinen, menetelmä. (Hurmerinta-Peltomäki & Nummela 2006, 447–448.) Käytännössä tämä ilmenee siten, että tulevaisuuden skenaariot luodaan puhtaasti kvalitatiivisesta datasta kvalitatiivisin menetelmin. Laskentamalli ja sen käyttämät arvot ja sen avulla saatavat tulokset ovat luonteeltaan kvantitatiivisia, joita tulkitaan pääasiassa kvalitatiivisin keinoin. Mitään yleistettäviä tuloksia ei pyritä saamaan.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS AIKAISEMPAAN TUTKIMUKSEEN

Tulevaisuuden ennustaminen on haastava tieteenala. Etenkin meriliikenne nähdään usein erittäin arvaamattomana alana. Luvussa 2.1 tutustutaan meriliikenteen historiaan ja markkinoiden sykleihin.

Historian tarkastelun jälkeen siirrytään nykyhetken ja lopulta tulevaisuuden tarkasteluun eräiden keskeisten raporttien ja tutkimusten avulla. Nämä tulevaisuudennäkymät ovat keskeisiä tutkielman laskentamallin luomisessa, ja siinä tehdyt valinnat nojaavat vahvasti tässä luvussa esitettyihin ennusteisiin.

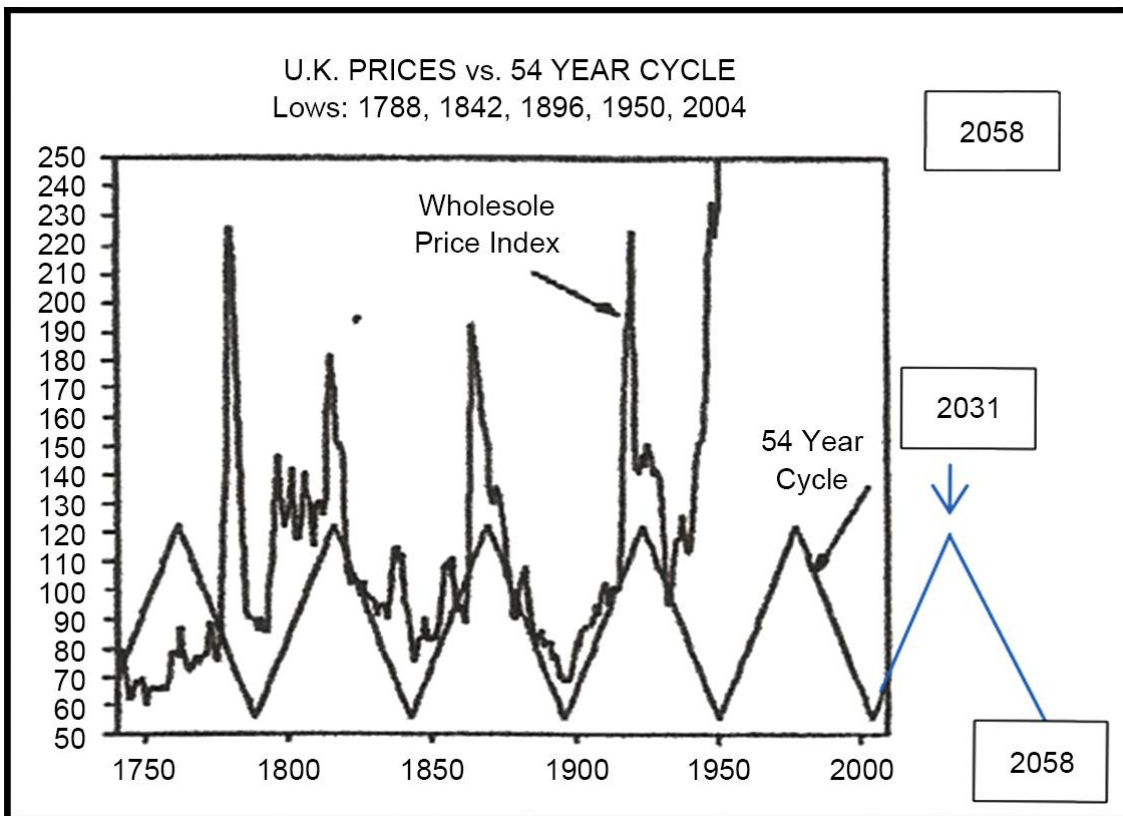
2.1 Merenkulun markkinoiden historialliset syklit

On esitetty, että meriliikennemarkkinat etenevät sykleittäin. Tämä havainto on jo yli sata vuotta vanha. Syklien pituus on mielenkiintoinen aihe, mutta tosiasia on se, että syklien pituus näyttäisi olevan melko sattumanvaraista. Stopford (2009, 93–101) esittää, että syklit ovat seurausta siitä, miten markkinat tasapainottavat itsensä ja että syklit saavat alkunsa maailmantalouden sattumanvaraisista tapahtumista, tarjonnan ja kysynnän tasapainoilusta sekä ihmismielen epäloogisesta ja tunteellisesta käyttäytymisestä. Syklien pituus onkin tulevaisuuden ennustamisen kannalta epäoleellinen seikka. Tärkeämpää on ymmärtää sykliä syyt. Syklille on aina syy ja sykli kestää niin kauan, että markkinamekanismi on tasoittanut syklin syyn aiheuttaman ”häiriön”. Syklit voidaan karkeasti jakaa lyhyihin ja pitkiin sykleihin. (Stopford 2009, 93–101.) Seuraavaksi esitellään lyhyen syklin tyyppilliset vaiheet ja tämän jälkeen tutustutaan tarkemmin pitkän syklin käsitteeseen.

Lyhyessä syklissä on neljä vaihetta: lama, palautuminen, huippu ja romahdus. Laman aikana markkinoilla on ylitarjontaa. Voittomarginaalit ovat pieniä ja yritykset tekevät kaikkensa säästääkseen kustannuksissa. Uusia laivoja ei tilata ja vanhoja myydään romutettavaksi. Palautumisvaiheessa jokin tapahtuma tai markkinamekanismi saa aikaan sen, että kysyntä ja tarjonta alkavat liikkua kohti toisiaan. Huippuvaiheessa kysyntä ja tarjonta saavuttavat tasapainon. Kaikki resurssit ovat käytössä ja uusien laivojen kauppa käy kuumana. Romahdusvaiheessa tarjonta ylittää kysynnän, hinnat romahtavat ja tunnelma on hämmentynyt. Tämän jälkeen sykli alkaa taas alusta. On kuitenkin huomioitava, että syklit eivät aina ole näin yksiselitteisiä, vaan joskus jotkin vaiheet eivät välttämättä ala kunnolla, vaan markkinat palautuvatkin takaisin muutosta edeltävään tilaan. (Stopford 2009, 98.)

Nikolai Kondratieffin teoria pitkistä sykleistä on lyhyiden sykliä ohella toinen keskeinen teoria meriliikenteen muutoksista ja sykleistä (Goulielmos 2017, 307–208). Pitkät syklit kestävät noin viisikymmentä vuotta lamasta lamaan ja niiden syyt ovat teknologian

kehityksessä. Ensimmäinen pitkä sykli kesti vuodet 1790–1813 ja sen pääsyy oli höyryvoiman kehittyminen. Seuraava sykli kesti vuodet 1844–1874 ja sen syyksi Kondratieff näki raideliikenteen yleistymisen. Kolmannen syklin aiheutti taas auton ja sähkön yleistyminen, ja se kesti vuodet 1895–1916. Luonteestaan johtuen pitkiä syklejä on vaikea huomata jokapäiväisessä elämässä, mutta tarpeeksi pitkällä aikavälillä tarkasteltuna niiden vaikutus on merkittävä. (Stopford 2009, 95–96.) Kondratieffin elämän jälkeen on tunnistettu vielä lisää pitkiä syklejä. Näitä kutsutaan usein K-aalloiksi. Neljännen syklin on nähty alkaneen 1939–1950 ja loppuneen 1984–1991. Tämän jälkeen on vielä tunnistettu viides sykli, jonka loppu ei luonnollisesti ole vielä tiedossa. (Korotayev, Zinkina & Bogevolnov 2011, 1281.) Viidennen syklin on ennustettu olevan hitaampi kuin edellisten ja sen huipun odotetaan alkavan vasta 2030 luvulla (Grinin, Grinin & Korotayev , 3). Kuvassa 2 on havainnollistettu pitkiä syklejä Yhdistyneiden Kuningaskuntien hintatason vaihtelun avulla.



Kuva 2 Yhdistyneen Kuningaskunnan tukkuhintaindeksi noin vv. 1740-2000 verrattuna 54 vuoden sykliin sekä arvio pitkän syklin jatkosta vuoteen 2058 (Goulielmos 2017, 311)

K-aallot ovat tämän tutkielman kannalta oleellisempi havainto kuin lyhyet syklit. Tämän tutkielman tarkastelujakson (2020–2040) sisään tulee mahtumaan useampi lyhyt

sykli, joten niiden tarkastelu ei ole yhtä keskeistä kuin pidempien K-aaltojen. Miehitämättömät alukset liittyvät oleellisesti teknologian kehitykseen aivan kuten K-aallot. Mielienkiintoisesti viidennen K-aallon huipun oletetaan vielä alkavan tämän tutkielman tarkastelujakson sisällä. Tätä ei tässä tutkielmassa kuitenkaan huomioida erikseen.

2.2 Meriliikenteen nykyinen markkinatilanne

Meriliikenne on viime vuosina kasvanut historiallisia keskiarvoja hitaammin. Etenkin kuivarahdin osuus jäi vuonna 2015 odotusten alle. Tilanteeseen ei myöskään tullut merkittävää parannusta vuonna 2016. Suuri syy tähän on Kiinan talouskasvun hidastuminen. Toisaalta meriliikenteessä on nähty positiivisiakin merkkejä, joilla on potentiaalia muuttaa meriliikenteen tulevaisuudennäkymiä positiivisemmiksi. Etenkin etelä–etelä-kaupan kasvu sekä Panaman ja Suezin kanavan laajennukset voivat muuttaa meriliikenteen kasvunäkymiä. Myös neljäs teollinen vallankumous ja tietotekniikka luovat uusia mahdollisuuksia ja haasteita. Vuonna 2015 maailman laivauskapasiteetti kuolleena painona mitattuna kasvoi 3,5 prosenttia. Tämä on hitain kasvu yli kymmeneen vuoteen. Kysyntä kasvoi kuitenkin ainoastaan 2,1 prosenttia, joten meriliikennettä jo useita vuosia vaivannut ylikapasiteetti sai lisää jatkoa. (UNCTAD 2016, x.)

Ylikapasiteetista johtuen kuivarahdin markkinahinta on liikahtellut alusten käyttökustannusten tasolla tai hieman sen alapuolella. Tämä on johtanut merkittäviin toimiin. Toiminnan optimointi ja nopeuden hidastaminen ovat olleet keskeisiä keinoja kustannusten hallitsemisessa. Myös allianssien vahvistaminen ja perustaminen ovat olleet keskeisiä keinoja kustannusten hallinnassa. Alliansseilla tarkoitetaan varustamoiden yhteistyötä, jonka tarkoituksena on mm. hinnoittelun hallinta ja kapasiteetin keskittäminen kilpailuviranomaisten sallimin keinoin. (Repka ym. 2017, 32) Tämä trendi huipentui tähän asti suurimman allianssin, Capezise Chartering:in, perustamiseen. Laillinen kehitys on viime vuosina keskittynyt lähinnä ympäristönsuojeluun. (UNCTAD 2016, xi–xii.)

2.3 Meriliikenteen tulevaisuudenskenaarioita

2.3.1 Wärtsilä Oyj:n tulevaisuudenskenaariot

Wärtsilä Oyj (2010, 1–23) on luonut kolme mahdollista tulevaisuuden skenaariota meriliikenteelle vuoteen 2030 asti, jotka se on nimennyt seuraavasti: 1) Kovat meret (*Rough Seas*), 2) Keltainen joki (*Yellow River*) ja 3) Avoimet valtameret (*Open Oceans*). Wärtsilä

on meriteknologiaan ja energiaan erikoistunut yritys, joten ennusteet on erityisesti luotu auttamaan liiketoiminnan kehittämistä.

Kovat meret -skenaariossa luonnonvarat ovat vähissä, ilmastonmuutos aiheuttaa kitkaa ja kahdenkeskeiset sopimukset ja protektionismi ovat korvanneet vapaan markkinatalouden. Nämä tapahtumat johtavat siihen, että varallisuus jakautuu epätasaisesti maailmassa ja logistiikkaketjut ovat vain paikallisella tasolla optimoituja. Tässä skenaariossa mukavuuslippujen aika on ohi ja meriliikenne on kansallisesti säädeltyä ja pahimmassa tapauksessa kauppa-alukset tarvitsevat kansainvälisillä vesillä aseistetun saattueen. (Wärtsilä Oyj 2010, 10–11.)

Keltainen joki -skenaariossa Kiina on maailman johtava talousmahti. Taloudellisen vallan lisäksi Kiina hallitsee maailmaa myös maantieteellisesti. Kiina ei ole enää halvan tuotannon maa vaan tuotanto sijoitetaan kustannussyistä ja ympäristösyistä muualle. Kiina sijoittaa voimakkaasti Afrikkaan ja muualle Aasiaan. Kaupanteko ja liikenne etenkin Kiinan ja Intian välillä kasvaa voimakkaasti. Läntiset taloudet vastaavat Kiinan voimakkaaseen kasvuun protektionistisin keinoin. Läntisissä maissa tutkimukseen ja kehitykseen investoidaan voimakkaasti ja tuotanto siirretään lähelle. Ilmastonmuutosta pyritään hallitsemaan alueellisilla sopimuksilla, mutta maailmanlaajuinen yhteistyö puuttuu. 2020-luvun loppupuolella Kiinan talous ylikuumentuu ja kasvu hiipuu. Samalla Kiinan yhteistyökumppanit Afrikassa tulevat vähemmän ja vähemmän riippuvaisiksi Kiinasta. (Wärtsilä Oyj 2010, 14–15.)

Avoimet valtameret -skenaariossa maailma on erittäin globalisoitunut ja selvinnyt yhteistyön avulla vuosikymmen mittaisesta vuonna 2008 alkaneesta globaalista lamasta. Suuret korporaatit ja kaupungit ovat voimakkaampia kuin valtiot. Valtion rooliksi on jäänyt lähinnä vapaakauppa- ja ilmastopöytäkirjojen laatiminen. Ilmastonmuutos nähdään mahdollisuutena ja kestävä kulutus ja vihreät keksinnöt ovat arkipäivää. Maailmankauppa ja logistiikkaverkostot ovat kansainvälisesti integroituneita. Fossiilisilla polttoaineilla on silti paikkansa tässäkin skenaariossa. Etenkin alueilla, joissa uusiutuvien energioiden tuottaminen on vaikeaa, fossiilisten polttoaineiden käyttö jatkuu vahvasti. Uudenlaisia tehokkaita kansainväliseen logistiikkaverkoston integroituja alustyyppisiä kehitetään. (Wärtsilä Oyj 2010, 18–19.)

2.3.2 Lappalaisen tulevaisuudenskenaariot

Lappalainen (2013) on tutkinut Itämeren PENTA -satamien mahdollisia tulevaisuudenskenaarioita. PENTA -satamaprojektissa tutkittiin, viiden Itämeren keskeisen sataman, Tukholman, Tallinnan, Helsingin, Turun ja Naantalinnin satamien tulevaisuutta. Tutkimuksessa viitataan myös Wärtsilän tutkimukseen, mutta koko maailman sijaan tutkimuksessa

keskityttiin erityisesti Itämeren tilanteeseen. Tutkimuksen suurin rajoite tämän tutkielman kannalta on sen aikahaarukka, joka ulottuu vain vuoteen 2020 asti. Tästä huolimatta tutkimuksesta voi havaita hyvin Itämeren mahdollisia tulevaisuuden trendejä. Tutkimuksen tulokset oli jaoteltu kolmeen mahdolliseen skenaarioon Itämeren talousalueelle.

Ensimmäinen *Rising costs – no surprises* -skenaario on nimensä mukaisesti skenaario, jossa meriliikenne jatkaa nykyisellä urallaan kovien kustannuspaineiden alaisena. Tämän skenaarion kymmenen tärkeintä trendiä ovat: maltillinen talouskasvu, polttoaineen hinnan kallistuminen, rikkidirektiivi, ympäristön suojeluun liittyvän säädösten voimistuminen, Venäjän kaupan merkityksen kasvu, maantieliikenteen kasvua kuljetusmuodoista eniten, PENTA-satamien liikenteen väheneminen kasvavan Venäjän kaupan johdosta, uuden liiketoimintaa haittaavan lainsäädännön kehittäminen, satamien määrän väheneminen ja verovapaan kaupan salliminen Ahvenanmaan reiteillä. (Lappalainen 2013, 41.)

Toinen *Green concentration* -skenaario on, jossa ympäristöasiat ovat vahvasti pinnalla, mutta ne eivät välttämättä haittaa liiketoimintaa vaan niiden johdosta avautuu uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tämän skenaarion kymmenen tärkeintä trendiä ovat: Itämeren alueen hidas talouskasvu, erittäin voimakas polttoaineen hintojen nousu, rikkidirektiivi, meriliikennettä edistävä keskittyminen ympäristöasioihin, Euroopan sisäisen kaupan kasvu, meriliikenteen osuuden kasvu kuljetusten kokonaisvolyymistä, Venäjän kaupan kasvun neutraali vaikutus PENTA-satamien väliseen liikenteeseen, liiketoimintaa haittaavan lainsäädännön kehittämättä jättäminen, satamien määrän merkittävä väheneminen ja keskustelu Ahvenanmaan liikenteen verovapaan kaupan jatkamisesta. (Lappalainen 2013, 41–42.)

Kolmas *Good times for shipping* -skenaario on taas nimensä mukaisesti sellainen tulevaisuudennäkymä, jossa näkymät meriliikenteelle ovat kaikkein positiivisimmat. Tässä tulevaisuudessa kaikki muuttujat ovat meriliikenteelle erityisen suotuisat. Tämän skenaarion kahdeksan suurinta trendiä ovat: voimakas talouskasvu, polttoaineen hinnan maltillinen kasvu, rikkidirektiivin hyväksymättä jättäminen sellaisenaan, Aasian kaupan kasvun näkyminen myös Itämerellä, raideliikenteen osuuden kasvaminen, Venäjän kaupan kasvun näkyminen Itämeren liikenteen kasvamisena, uuden liiketoiminnalla suotuisen lainsäädännön kehittäminen ja satamien määrän ennallaan pysyminen. Kuten voidaan nähdä, osa tämän ennusteen toteutumiseksi vaadittavista asioista on jo mennyt toisin. Tämä ei ole erityisen yllätyksellistä, sillä Lappalainen myöntää tutkimuksessaan, että ennusteen toteutuminen sellaisenaan on hyvin epätodennäköistä. (Lappalainen 2013, 42–43.) Vaikka ennusteet alun perin ulottuvatkin vain vuoteen 2020 asti, niin on helposti nähtävissä, että moni skenaarioissa esille tuotu asia on vielä auki, ja eri skenaarioiden toteutuminen ainakin osittain on vielä mahdollista.

2.3.3 *Trafín tulevaisuudenskenaariot*

Kolmas tässä tutkielmassa käytettävä ennuste on Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín julkaisusarjan ennuste Itämeren tulevaisuuden skenaarioista. Tutkimuksessa esitettiin viisi mahdollista tulevaisuuden skenaariota. Tutkimuksen aikajänne ylettyy vain vuoteen 2020 asti, joten jotkin skenaariot eivät enää ole mahdollisia reaali maailman tapahtumien takia, mutta tästä huolimatta tutkimuksen skenaariot ovat mielenkiintoisia ja niitä voidaan käyttää pohjana pidemmän ajan ennustetta laadittaessa. (Mäkelä, Kallionpää, Paavilainen, Pöllänen & Liimatainen 2011, 1–47.)

Ensimmäinen skenaario on nimeltään Kasvua ja kumppanuutta. Nimensä mukaisesti tässä skenaariossa Euroopan talous kasvaa voimakkaasti ja Suomen ja Venäjän kauppasuhteet vahvistuvat. Venäjän kaupan kasvua tukee etenkin öljyn korkea hinta. Tässä skenaarioissa rikkidirektiivin ennustettiin tulevan voimaan suunnitellusti vuonna 2015. (Mäkelä ym. 2011, 16.) Kuten voidaan nähdä, ennuste ei rikkidirektiiviä lukuun ottamatta toteutunut sellaisenaan, mutta talouden kääntyminen kasvuun ei kuitenkaan ole vielä mitenkään mahdotonta.

Hyvin menee kaikesta huolimatta -skenaarioissa talouskasvu on Euroopassa hidasta. Aasian arvo kauppakumppanina kasvaa Euroopan heikon taloustilanteen vuoksi ja Venäjän talouskasvu on myös hyvin epävarmaan. Tässä skenaariossa rikkidirektiivin käyttöönottoa lykättiin vuoteen 2018 asti. (Mäkelä ym. 2011, 20.) Kuten voidaan huomata, tämä skenaario näyttäisi rikkidirektiivin viivästyttämistä lukuun ottamatta toteutuneen lähes sellaisenaan.

Aikalisä -skenaarioissa rikkidirektiiviä olisi viivästytetty vuoteen 2020 asti, jolloin olisi tehty uudet kansainväliset ympäristösäännökset (Mäkelä ym. 2011, 20). Kuten voidaan huomata, tämä skenaario voidaan tämän tutkielman puitteissa tehtävässä tarkastelussa unohtaa tarkastelusta, koska sen pohjaolettamat ovat reaali maailmassa toteutuneet täysin toisin.

Rikkiä prosessin rattaissa -skenaariossa rikkidirektiivin ennustettiin toteutuvan 2018. Oleellista skenaariossa on myös Suomen supistuva teollinen tuotanto ja Venäjän kaupan merkityksen väheneminen. Tähän vaikuttaa paljon Aasian talouden voimakas kasvu. Venäjän talouden kasvun oletetaan olevan melko hyvää ja tähän vaikutta etenkin öljyn hinnan nousu. Suomen tärkein kauppa on tässä skenaariossa EU-sisäkauppa. (Mäkelä ym. 2011, 20.)

Negatiivisin tutkimuksessa esitetty skenaario on Energiakriisi-skenaario. Tässä skenaariossa maailma on epävakaa ja useat paikalliset kriisit heilauttelevat maailman taloutta ja yrityksiä meneekin konkurssiin normaalia enemmän. Epävakaa tilanne johtaa myös öljyn hinnan nousuun mikä toisaalta osittain parantaa Venäjän taloudellista tilannetta ja

näin myös Suomi hyötyy Venäjän kaupan kasvusta. Tästä huolimatta tilanne näyttää synkältä Suomen suurin vahvuus onkin korkea teknologia ja osaamistaso. Rikkidirektiivi toteutetaan alkuperäisen aikataulun mukaan vuonna 2015. (Mäkelä ym. 2011, 21.)

2.3.4 Tulevaisuudenskenaarioiden yhteenveto

Kuten ennusteista voidaan huomata, meriliikenteen oletetaan kohtaavan monia haasteita sekä maailmanlaajuisesti että Itämeren ympäristössä. Miehittämättömillä aluksilla oletetaan kirjallisuuden perusteella olevan monia etuja konventionaaliseen alukseen verrattuna (MUNIN 2016, 1) ja nämä edut saattavat olla ratkaisevassa asemassa meriliikenteen kilpailukyvyyn säilyttämiseksi.

Wärtsilän Kovat meret -skenaariossa etenkin luonnonvarojen vähyys ja ilmastonmuutoksen voimistuminen nähdään suurimpina uhkina meriliikenteelle. Myös Kiinan talouskasvun hidastuminen tuo omat haasteensa tässä skenaariossa. Keltainen joki -skenaariossa Kiina nähdään maailman talouden uutena keskuksena ja läntinen maailma vastaa tähän protektionistisin keinoin. Ilmastonmuutosta pyritään hillitsemään, mutta kansainvälinen yhteistyö puuttuu. Avoimet valtameret skenaariossa ilmaston muutos puolestaan nähdään mahdollisuutena ja uusia innovaatioita syntyy. Maailman kauppa on avointa ja logistiikkaverkostot hyvin integroituja.

Lappalaisen ennusteet keskittyivät erityisesti Itämeren talousalueeseen. Negatiivisimmassa skenaariossa ympäristöasiat nähdään jarruna aivan kuten Wärtsilänkin ennusteissa. Meriliikenteen nykyisten kustannuspaineiden oletetaan myös jatkuvan kovina. Lappalaisen toisessa skenaariossa ympäristöasioiden oletetaan olevan vahvasti pinnalla, mutta niitä ei välttämättä nähdä pelkästään uhkina vaan myös mahdollisuuksina. Euroopan sisäisen kaupan oletetaan myös kasvavan tässä skenaariossa. Lappalaisen positiivisimmassa skenaariossa maailman talouskasvu on voimakasta ja sen positiiviset vaikutukset ulottuvat Itämerelle asti. Tästä huolimatta polttoaineen hinnan oletetaan pysyvän kohtuullisena.

Trafin ennuste keskittyy Lappalaisen ennusteen tavoin vain Itämeren alueelle, mutta toisin kuin kahdessa edellisessä ennusteessa, joissa skenaarioita on kolme kummassakin, Trafin ennusteessa niitä on viisi. Ensimmäisessä skenaariossa Euroopan kaupan oletetaan parantuvan ja Suomen ja Venäjän suhteiden vahvistuvan. Toisessa skenaariossa Euroopan kauppa jää taka-alalle Aasian kaupan voimistuessa. Kolmannessa skenaariossa rikkidirektiivin viivästyttäminen nähdään keskeisenä seikkana. Tämä skenaario kuitenkin voidaan tarkastelussa unohtaa, koska rikkidirektiivi tuli voimaan suunnitellusti. Neljännessä skenaariossa Suomen teollinen tuotanto supistuu ja Venäjän kauppa hiipuu. EU:n sisäkauppa on keskeisessä asemassa Suomen kannalta. Viidennessä ja negatiivisimmassa

skenaariossa maailma nähdään epävakana ja kriisien ravisuttamana. Talous on epävarmaa, mutta toisaalta Venäjä hyötyy öljyn hinnan noususta ja Suomi taas tästä johtuvasta venäjän kaupan kasvusta.

2.4 Irtolastialustoiminta ja rahtimarkkinat

2.4.1 Rahtimarkkinat pääpiirteittäin

Meriliikennettä on kuvailtu peliksi. Kuten muillakin markkinoilla kysyntä ja tarjonta muodostavat pohjan kilpailulle. Näiden kahden voiman keskiössä on rahtihinta, joka muodostuu kysynnän ja tarjonnan vuorovaikutuksesta. Kysynnän viisi keskeisintä muuttujaa ovat maailman talous, hyödykemarkkinat, matkan keskipituus, poliittiset tapahtumat ja kuljetuskustannukset. Tarjonnan viisi keskeisintä muuttujaa ovat taas maailman kaikkien alusten yhdistetty rahtikapasiteetti, tuottavuus, laivojen rakennustuotanto, romutusmäärät ja rahtihinnat. Etenkin tarjonnan muuttujiin vaikuttaa taloudellisten realiteettien lisäksi paljon ihmisen käyttäytymiselle tyypilliset ominaisuudet kuten ylireagointi ja epäloogisuus. Tästä johtuen puhtaasti taloudelliset mallit eivät aina selitä hyvin kysynnän ja tarjonnan vuorovaikutusta. Tämä on myös yksi syy siihen, että markkinasyklit ovat epäsäännöllisiä ja vaikeasti ennustettavia. (Stopford 2009, 172–174.)

Meriliikenteen markkinat jakautuvat neljään pääryhmään. Nämä ovat rahtimarkkinat, käytettyjen alusten myynti- ja ostomarkkinat, uusien alusten rakentamismarkkinat ja romutusmarkkinat. Rahtimarkkinat koostuvat varustamoista, rahdinantajista ja kaupanvälittäjistä. Käytettyjen alusten osto- ja myyntimarkkinoiden rooli on tärkeä. Hinnat ovat hyvin epävakaita ja niinpä nämä markkinat ovatkin tärkeä rahanlähde varustamoille. Uusien alusten rakentamismarkkinoissa on paljon samoja piirteitä kuin käytettyjen alusten markkinoilla. Hinnat ovat hyvin epävakaita ja usein ne liikkuvat yhdessä käytettyjen alusten hintojen kanssa. Suurin ero on hieman monimutkaisempi sopimusprosessi, joka johtuu siitä, että uusi laiva pitää rakentaa ja se ei siis ole heti saatavilla. Romutusmarkkinoilla loppuun käytetyt alukset lopulta myydään romuksi ja alus poistuu markkinoilta. (Stopford 2009, 213–214.)

Rahtimarkkinoilla varustajat tarjoavat aluksensa käyttöön ja rahdinantajat tarjoavat rahtinsa rahdattavaksi. Kaupanvälittäjät tuovat nämä kaksi osapuolta yhteen ja saavat sopimuksen aikaiseksi. Sopimustyyppit voidaan jakaa neljään pääryhmään. (Stopford 2009, 182.) Nämä ovat:

- matkarahtaus (*voyage charter*),
- sopimusrahtaus (*the contract of affreightment*),
- aikarahtaus (*time charter*) ja

- ilman miehistöä vuokraus (*bare boat charter*).

Matkarahtaus on sopimustyypeistä yksinkertaisin. Siinä rahti kuljetetaan sopimuksen mukaisesti sovittuun hintaan sovitusta lähtöpaikasta sovittuun määränpäähän. Varustamo vastaa aluksen toiminnasta ja kaikista kustannuksista. Rahdinantajan velvollisuudet vuorostaan rajoittuvat sovitun hinnan maksamiseen. (Stopford 2009, 183.)

Sopimusrahtauksessa on kyse siitä, että osapuolet sopivat, että varustamo kuljettaa tietyn määrän jotain rahtia tietyn kokoisina erinä sovittuna ajanjaksona. Kuten matkarahtauksessakin varustamo vastaa kaikista kustannuksista ja rahdinantajan velvollisuus on maksaa sovittu hinta. Tällainen menettely mahdollistaa usein sekä tehokkaamman yksittäisen aluksen että koko laivaston hyödyntämisen. Sopimusrahtaus on yleistä, etenkin irtolastimarkkinoilla. (Stopford 2009, 183–184.)

Aikarahtaus on kahta edellistä sopimustyyppiä hieman mutkikkaampi. Tässä sopimusmenettelyssä rahdinantaja vuokraa miehitetyn aluksen käyttöönsä tietyksi ajanjaksoksi. Rahdinantaja saa siis päättää miten alusta hyödynnetään, mutta varsinaisen operoinnin hoitaa kuitenkin varustamo. Tällaisessa sopimusmenettelyssä varustamo vastaa pääoma- ja toimintakustannuksista, mutta matkakustannukset kuten polttoaine- ja satamakustannukset ovat rahdinantajan vastuulla. (Stopford 2009, 184–185.)

Ilman miehistöä vuokrauksessa on nimensä mukaisesti kyse siitä, että rahdinantajan ottaa aluksen kokonaan käyttöönsä. Tällaisessa järjestelyssä aluksen omistaa usein jokin rahoitusinstituutio. Rahoitusinstituutio vuokraa aluksen yritykselle käyttöön sovituksi ajanjaksoksi. Rahoitusinstituutio vastaa pääomakuluista, mutta varsinainen aluksen opeointi ja kaikki siihen liittyvät kustannukset jäävät rahdinantaja vastuulle. (Stopford 2009, 185.)

Kuten edellä on mainittu, rahtihinta muodostuu monimutkaisten vuorovaikutusten alaisuudessa markkinoilla siten, että yksittäinen varustaja tai rahdinantaja ei siihen voi vaikuttaa. Tämä on yksi pääsyy siihen, että tutkielmassa keskitytään vain kustannuksiin. Mikäli kaksi alusta kykenee kuljettamaan saman määrän rahtia yhtä nopeasti, niin erot kannattavuudessa tulevat vääjäämättä ainoastaan kustannuksista. Tutkielmassa keskitytään erityisesti matka- ja sopimusrahtaus tyyppiseen toimintaan, koska nämä toimintamallit antavat parhaat mahdollisuudet pureutua alustyyppien välisiin kustannuseroihin varustamon kannalta, koska näissä sopimustyypeissä varustamo vastaa kaikista kustannuksista.

2.4.2 *Irtolastialustoiminta*

Irtolastialus toimii yleensä periaatteella, jossa yksi rahdinantaja täyttää koko aluksen ja alus ei näin tee välipysähdyksiä muihin satamiin matkan aikana. Tyypillinen logistiikka-ketju irtolastille sisältää useita eri vaiheita. Aluksi tavara varastoidaan tuottajan lähistölle, josta se sitten lastataan maakuljetusmuotoon. Maakuljetusmuoto kuljettaa rahdin terminaaliin, jossa se taas varastoidaan. Varastoinnin jälkeen rahti lastataan alukseen merikuljetusta varten. Merikuljetuksen jälkeen rahti puretaan laivasta ja varastoidaan odottamaan maakuljetusta. Maakuljetuksen jälkeen lasti varastoidaan ostajalle. Tästä lasti lähtee taas mahdollisesti prosessoituna jatkamaan matkaansa arvoketjussa. Kuvattu kuljetusketju sisälsi yhden merimatkan, neljä varastointia tai varaston purkua, yhden laivan lastauksen, yhden laivan purun, kaksi maakuljetusta, kaksi maakuljetuksen lastausta ja kaksi maakuljetuksen purkamista. Tässä prosessissa on yhteensä seitsemätoista eri vaihetta. Jotta kuljetuksen kokonaiskustannukset saadaan pidettyä kurissa, on huomioitava neljä eri asiaa: on hyödynnettävä skaalaetuja, rahti on käsiteltävä mahdollisimman tehokkaasti, eri kuljetusmuodot on integroitava sujuvasti ja varastot on optimoitava. (Stopford 2009, 422–424.)

Kolme tärkeintä kuivalastia ovat rautamalmi, kivihiili ja vilja (Stopford 2009, 447). Rautamalmi kuljetetaan lähes yksinomaan kokonaisina laivarahteina. Koko kuljetussysteemi on optimoitu siten, että terästehdas saa tasaisena virtana tarvittavan määrän rautamalmia. Uudet rautamalmin kuljetukseen erikoistuneet alukset ovat useimmiten melko suuria, mutta monia vanhempia pienempiä aluksia on silti vielä käytössä. (Stopford 2009, 450.)

Kivihiili on toiseksi suurin edellä mainituista kolme suuresta kuivalastista. Kivihii- len kauppa on monimutkaisempaa kuin rautamalmin. Syy tähän on se, että kivihii- ltä käytetään sekä teräksen raaka-aineeksi että polttoaineena voimalaitoksissa. Metallin valmistukseen käytettävän kivihii- len kauppa ja kuljetus on hyvin samankaltaista kuin rautamalmin. Voimalaitoksissa käytettävä kivihiili kilpailee taas osittain öljyn kanssa samoilla markkinoilla. Käytettävät alukset ovat yleisesti pienempiä kuin rautamalmin tapauksessa. (Stopford 2009, 450–453.)

Viljan kuljetus on rautamalmin ja kivihii- len verrattuna hyvin erilaista. Viljat ovat maataloustuotteita ja niiden tuotanto on hyvin epäsäännöllistä ja kausiluontoista, ja tästä johtuen niiden kuljetusta on erittäin vaikea optimoida tai edes suunnitella. Epäsäännöllisyydestä johtuen jyväkuljetuksissa ei turvauduta pitkäaikaisiin sopimuksiin kuten rautamalmin ja kivihii- len kuljetuksessa. Viljat kuljetetaan pääasiassa pienemmillä aluksilla matkarahtausperiaatteella. (Stopford 2009, 456–457.)

Kuivalastien lisäksi öljytuotteet ovat keskeinen irtolastin muoto. Vaikka sitä ei tässä tutkielmassa enempää käsitellä, käydään sen pääpiirteet läpi tässä luvussa. Öljytuotteiden

markkinat voidaan karkeasti jakaa raakaöljyyn ja öljytuotteisiin. Raakaöljyn kuljettaminen on melko suoraviivaista toimintaa. Suuruuden ekonomia on keskeisessä osassa raakaöljyn kuljetusten suunnittelua ja tästä syystä öljytankkerit ovatkin usein erittäin suuria. Öljyä kuljetetaan usein suurten erikoistuneiden öljysatamien kautta. Tämä johtuu paljolti alusten valtavasta koosta. Öljytuotteiden kuljetuksen keskeisin ero raakaöljyn kuljetukseen verrattuna on käytetyt pienemmät aluskoot. Tämä johtuu siitä, että öljytuotteita kuljetetaan usein lyhemmillä reiteillä ja pienempien satamien väleillä. (Stopford 2009, 440–444.)

Edellä mainittujen irtolastien lisäksi on olemassa joukko muita irtolasteja. Nämä voidaan karkeasti jakaa kuuteen pääryhmään jotka ovat maataloustuotteet, sokeri, lannoitteet, metallit, mineraalit, terästuotteet ja metsätuotteet. (Stopford 2009, 457–458.) Näitä tuotteita kuljetetaan monipuolisesti erilaisilla aluksilla ja liiketoimintamalleilla. Joitakin tuotteita kuljetetaan jopa konttiliikenteen puolella. (Stopford 2009, 467.)

2.4.3 Irtolastialukset

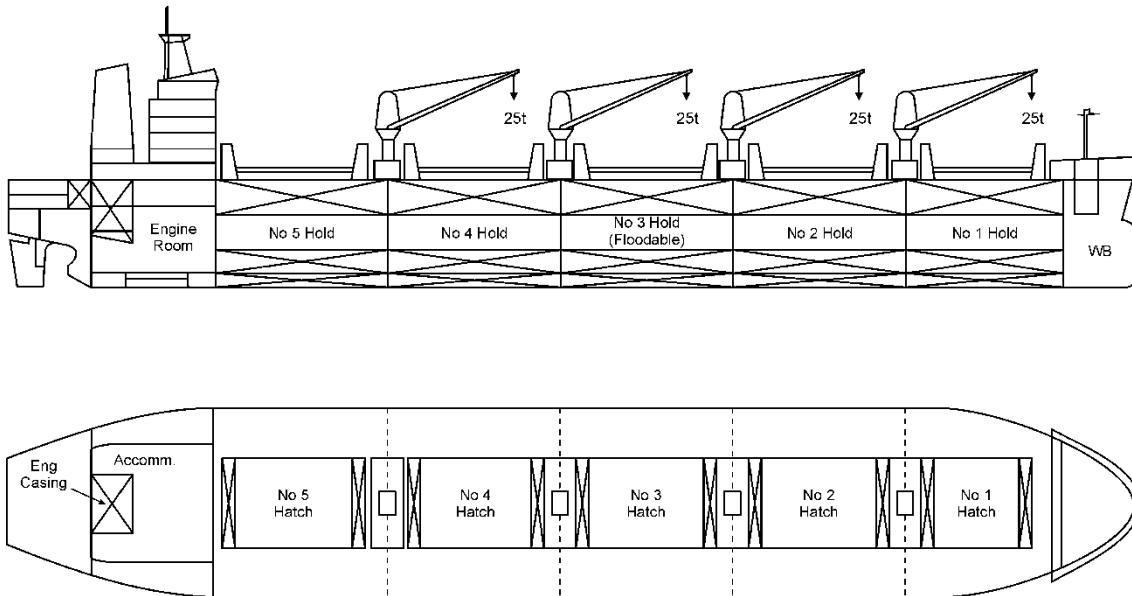
Irtolastialuksen keskeisin tarkoitus on kuljettaa rahti mahdollisimman edullisesti. Tämä on irtolastialuksen suunnittelun perusta. Irtolastialukset on perinteisesti jaoteltu koon mukaan neljään eri luokkaan: *handysize* (10 000–39 999 DWT), *handymax* (40 000–59 999 DWT), *panamax* (60 000–99 999 DWT) ja *capecize* (yli 100 000 DWT). Pienemmät koot ovat yleisempiä. (Stopford 2009, 590–591.) Panaman kanavan vuoden 2016 laajennus on kuitenkin johtanut siihen, että alkuperäistä panamax-luokaa suuremmat alukset voivat nyt kulkea kanavan läpi. Näihin aluksiin viitataan usein *new panamax* nimityksellä. (Maritime connector 2017.)

Tärkeimmät yksityiskohdat aluksen suunnittelussa ovat tilavuus, helppo pääsy rahtitilaan ja toimiva lastinkäsittelylaitteisto. Lastitilan suunnittelu on erityisen tärkeää, koska monet irtolastit liikkuvat helposti ja liikahtaessaan saattaisivat jopa kaataa aluksen. Tästä johtuen useimmissa aluksissa onkin itsensä tasapainottavat rahtitilat. (Stopford 2009, 592.)

Lastitilan luukut ovat tyypillisesti noin 45–50% rahtitilan leveydestä ja noin 65–75% sen pituudesta. Tämä ratkaisu luonnollisesti vaikeuttaa aluksen lastaamista, mutta tällä ominaisuudella on hyvä syy: aluksen kansi on aluksen jäykkyyden kannalta olennainen osa ja suurien rahtitilan aukkojen tapauksessa aluksen riittävä jäykkyys on vaikea saavuttaa kohtuullisilla rakennuskustannuksilla. Edellä mainitut koot ovat siis käytännössä osoittautuneen hyviksi kompromisseiksi lastinkäsittelyn nopeuden ja aluksen valmistuskustannusten välillä. (Stopford 2009, 592.)

Vain pienemmällä irtolastialuksilla on tyypillisesti oma rahtinkäsittelyvälineistö. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että pienemmät alukset operoivat useimmiten pienempien

satamien yhteydessä, ja näillä pienemmillä satamilla harvoin on kovin erikoistunutta lastinkäsittelyvälineistöä. Suuremmat alukset eivät tarvitse omaa lastinkäsittelyvälineistöä, koska tämän tyyppiset alukset eivät voi kokonsa puolesta operoida pienemmilta satamilta, ja suurilla satamilla on useimmiten riittävä lastinkäsittelyvälineistö. (Stopford 2009, 592.) Kuvassa 3 on havainnollistettu tyypillisen irtolastialuksen rakennetta.



Kuva 3 Irtolastialus omalla lastinkäsittelyvälineistöllä (Wikimedia Commons 2017)

Aluksen koon valintaan vaikuttaa kolme tekijää, jotka ovat suuruuden ekonomia, saatavilla olevat lastimäärät ja satamainfrastruktuuri. Suuremmilla aluksilla keskimääräinen lastinkuljetuskustannus on huomattavasti pienempi etenkin pitkillä matkoilla. Monilla teollisuudenaloilla tarvittavat tavaramäärät ovat kuitenkin huomattavasti pienempiä kuin mitä suuret alukset kykenevät kuljettamaan. Toiseksi monet satamat ovat yksinkertaisesti liian pieniä ja matalia suuremmille aluksille. Tämä onkin keskeinen syy sille, että korkeammista kuljetuskustannuksista huolimatta pienemmät aluskoot ovat yleisempiä. (Stopford 2009, 577–578.) Etenkin handymax-kokoiset (40 000–59 999 DWT) alukset ovat yleisiä. (Clarksons 2016.)

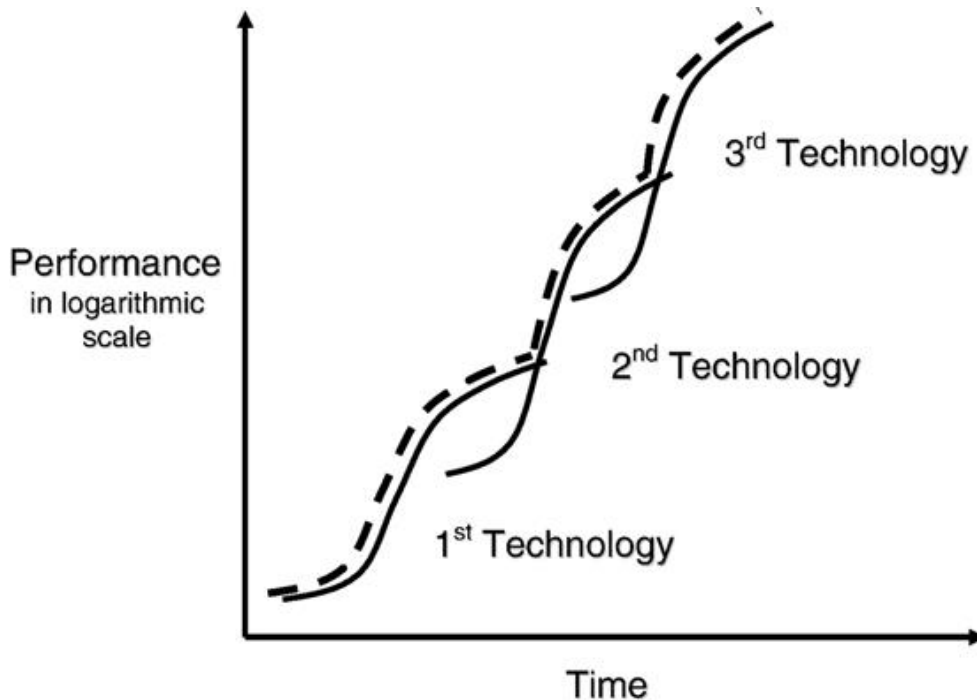
2.5 Miehistämättömien alusten kehitys ja erityispiirteet

Tässä luvussa käydään läpi uuden teknologian suorituskykyyn ja käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä. Teknologioiden suorituskyky ja käyttöönotto ovat monimutkainen ongelma, ja teknologioiden käyttöönottoon vaikuttavat usein myös muutkin kuin taloudelliset seikat (Woodside 1996, 25–43).

Aluksi tarkastellaan teknologioiden käyttöönottoon liittyviä merkittäviä teorioita ja teknologioiden käyttöönoton historiaa. Tämän jälkeen keskitytään erityisesti teknologioiden käyttöönottoon meriliikenteessä. Luvussa tarkastellaan erityisesti laivojen kehitystä ja sitä, miten uudet teknologiat ovat historiallisesti vaikuttaneet merenkulkuun ja miten uudet teknologiat on otettu vastaan ja millaisia taloudellisia vaikutuksia uusilla teknologioilla on ollut meriliikenteeseen.

2.5.1 Teknologioiden suorituskyky ja käyttöönotto

Teknologioiden suorituskykyä ja käyttöönottoa kuvataan usein s-käyrällä tai s-käyrillä (kuva 4). Tämä on kirjallisuudessa yleisesti hyväksytty tapa kuvata teknologioiden kehitystä. (Koh & Magee 2006, 1071.)

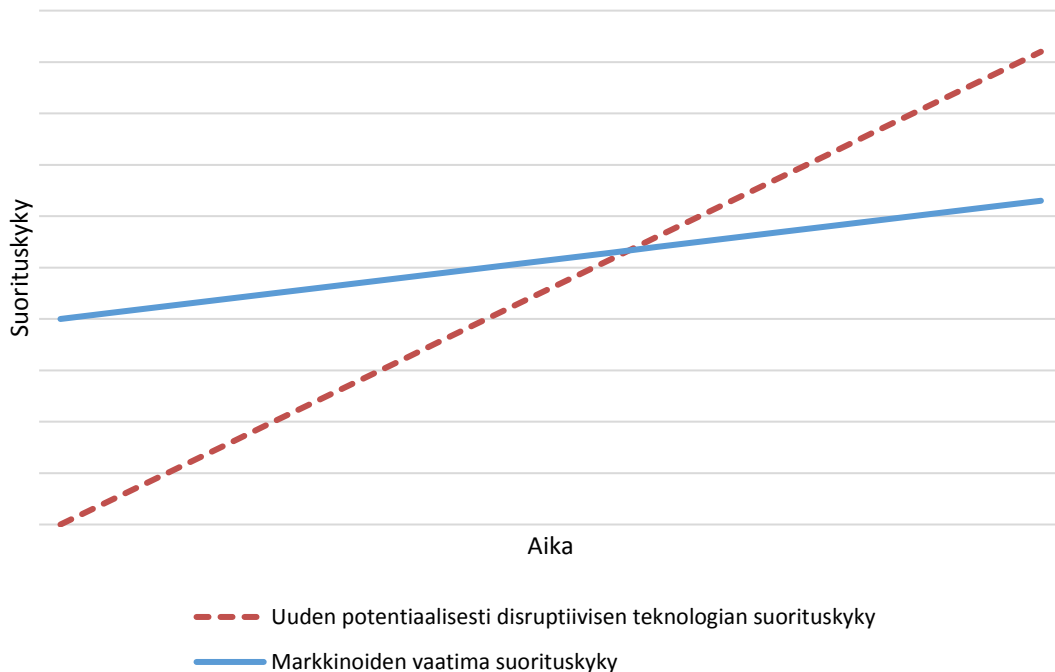


Kuva 4 Teknologian kehityksen s-käyrät (Koh & Magee 2006, 1072)

Ensimmäisessä vaiheessa teknologia on vasta kehitetty tai keksitty, ja siitä saavutettavissa olevat hyödyt ovat usein varsin pienet. Toisessa vaiheessa teknologia kehittyy nopeasti, ja siitä saavutettavat hyödyt ovat merkittävät. Kolmannessa vaiheessa teknologia saavuttaa kypsyyden, ja se ei enää kehity merkittävästi ja siitä saavutettavissa olevat uudet hyödyt vähenevät hiljalleen kunnes mahdollisesti loppuvat kokonaan tai alkavat jopa vähentyä. On myös mahdollista, että teknologia kokee uuden merkittävän uudistuksen ja s-käyrä saa uuden alun. Kun uusi teknologia aluksi esitellään sen suorituskyky saattaa

olla heikompi kuin edeltävällä teknologialla. Tästä johtuen s-käyrä saattaa olla porrasmainen, kuten kuvassa 4 on. Näin kuvattuna, teknologian kehitystä kuvaava kuvaaja on jatkuva s-käyrien sarja. (Veryzer 2003, 848; Koh & Magee 2006, 1071.)

Markkinoiden näkökulmasta teknologian kehitys muuttaa markkinoiden tasapainoa lisäämällä tuottavuutta tai alentamalla kustannuksia tuhoten edellisen tasapainotilan. Yritys voi koittaa hyötyä tästä tasapainon muutoksesta, mutta toisaalta tämä tasapainon muutos voi koitua myös yrityksen tuhoksi. (Tang & Zannetos 1992, 135.) Bowlerin ja Christensenin (1995, 43) mukaan on tyypillistä, että hallitsevissa markkina-asemissa olevilla yrityksillä on vaikeuksia huomata uusia suorituskykyisempiä teknologioita, ja usein teknologian kehittyessä uudet tulokkaat pääsevät valtaamaan markkinat uuden teknologian avulla. Tämä havainto on keskeisessä asemassa, kun tarkastellaan teknologioiden käyttöönottoa ja hyväksymistä. Bowler ja Christensen (1995, 49) tarkastelivat ilmiötä erityisesti siitä näkökulmasta, että johtavat yritykset usein epäonnistuivat näkemään milloin tulevaisuudessa uuden mahdollisesti disruptiivisen teknologian suorituskyky ylittää valitsevan teknologian suorituskyvyn. On suuri haaste löytää se piste, jossa tulevan teknologian suorituskyky ylittää asiakkaiden tarpeet (kuva 5) (Bower & Christensen 1995, 49).



Kuva 5 Disruptiivisen teknologian suorituskyky (mukaillen Bowler & Christensen 1995, 49.)

Toinen keskeinen havainto teknologioiden käyttöönotosta on se, että päätöstä uuden teknologian käyttöönotosta ei suinkaan aina tehdä puhtaasti taloudellisten tosiasioiden

pohjalta. Uuden suorituskykyisemmän teknologian hyväksymiseen vaikuttavat usein erilaiset mukavuustekijät ja irrationaaliset tottumukset. Sen sijaan, että hallitsevassa markkina-asemassa olevat yritykset ottaisivat teknologian käyttöön itse, yritykset saattavat esimerkiksi yrittää estää uuden teknologian markkinoille saapumisen, koska kokevat sen uhkana. (Woodside 1996, 25–40.)

Teknologian käyttöönottoon vaikuttaa usein myös täysin muitakin kuin taloudellisia syitä. Teknologian muutos saattaa aiheuttaa muutoksen kansantalouden rakenteeseen, ja tämä on omiaan aiheuttamaan rakenteellista työttömyyttä (Begg, Fischer & Dornbusch 2008, 527). Uuden teknologian käyttöönotto edellyttää joissakin tapauksissa lakien tai muiden yhteiskunnan rakenteiden muutoksia. Mikäli jotkin sidosryhmät kuten työntekijät kärsivät teknologian muutoksesta on mahdollista, että uusi teknologia tulee kokemaan vastarintaa (Zwick 2002, 551).

2.5.2 Meriliikenteen erityispiirteet autonomisten alusten toiminnassa

Merenkulku nähdään usein perinteitä vaalivana teollisuutena ja osittain tämä onkin myöskin totta. Perinteistä huolimatta meriliikenne on kokenut monta teknologista vallankumousta, ja uudet teknologiat ovat aina lopulta päätyneet käyttöön. Voidaan sanoa, että harva teollisuus on muuttunut yhtä paljon teknologian kehittymisen myötä kuin merenkulku. Uudet tekniset innovaatiot ovat olleet keskeisiä meriliikenteen kehittämisessä. (King 2001, 569–571; Stopford 2009, 44–45.)

Merenkulku on yksi ihmiskunnan vanhimmista ammateista (King 2001, 567), mutta modernin meriliikenteen voidaan katsoa alkaneen 1860-luvulla. Tällöin laivanrakentajat onnistuvat rakentamaan ensimmäisen kaupallisesti kannattavan teräsrunkoisen höyrylaivan. Tämän jälkeen laivatekniikan kehitys oli erittäin nopeaa ja uusia innovaatioita tuli markkinoille nopealla tahdilla. 1950-luvulle tultaessa dieselmoottori oli jo korvannut muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta höyrymoottorin laivoissa. 1950–1970-luvuilla merkittävin tekninen kehitys oli laivojen koon kasvaminen. 1900-luvun alusta 1950-luvulle keskiverto öljytankkerin kuollut paino oli alle 20 000 tonnia. 1970-luvulla keskiverto tankkerin kuollut paino oli kuitenkin jo noin 100 000 tonnia. Tämä koon viisinkertaistuminen johtui Suezin kanavan sulkemisesta ja Japanin kaupan kasvusta. Alusten koon kasvu johti lopulta siihen, että kuljetuskustannukset laskivat noin 75 prosenttia. Viime vuosikymmeninä ei ole tullut kenties yhtä mullistavia uudistuksia kuin 1860–1970-luvuilla, vaan kehitys on ennemminkin ollut jo olemassa olevien tekniikoiden hienosäätöä ja parantamista. Esimerkiksi dieselmoottoareiden kulutuksen pieneneminen ja uudet paremmat rungon päällysteet ovat tehneet aluksista taloudellisempia. (Stopford 2009, 23–40.) Jatkuvasta uudistumisesta huolimatta nykyisten alusten teknologia on saavuttanut

maturiteettivaiheen. Esimerkiksi nykyisten dieselmoottorien energiatehokkuus on jo todella lähellä niiden teoreettista suurinta mahdollista energiatehokkuutta. (Stopford 2016, 10.)

Näyttäisi siis siltä, että meriliikenne on murrosvaiheessa. Tämä ei kuitenkaan ole uusi asia vaan merenkulun historian ajalta on tunnistettu kolme suurta murrosvaihetta. Nämä vaiheet ovat 1400-luvun lopulta aina 1800-luvun alkuun kestänyt maailmanlaajuisen kauppaverkoston muodostuminen, 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa tapahtunut teollinen vallankumous ja 1950-luvulla alkunsa saanut vapaankaupan kasvu, konttivallankumous ja suurten irtolastialusten kehittäminen. Näistä murroksista on selvästi nähtävissä viisi toistuvaa teemaa, jotka ovat seuraavat:

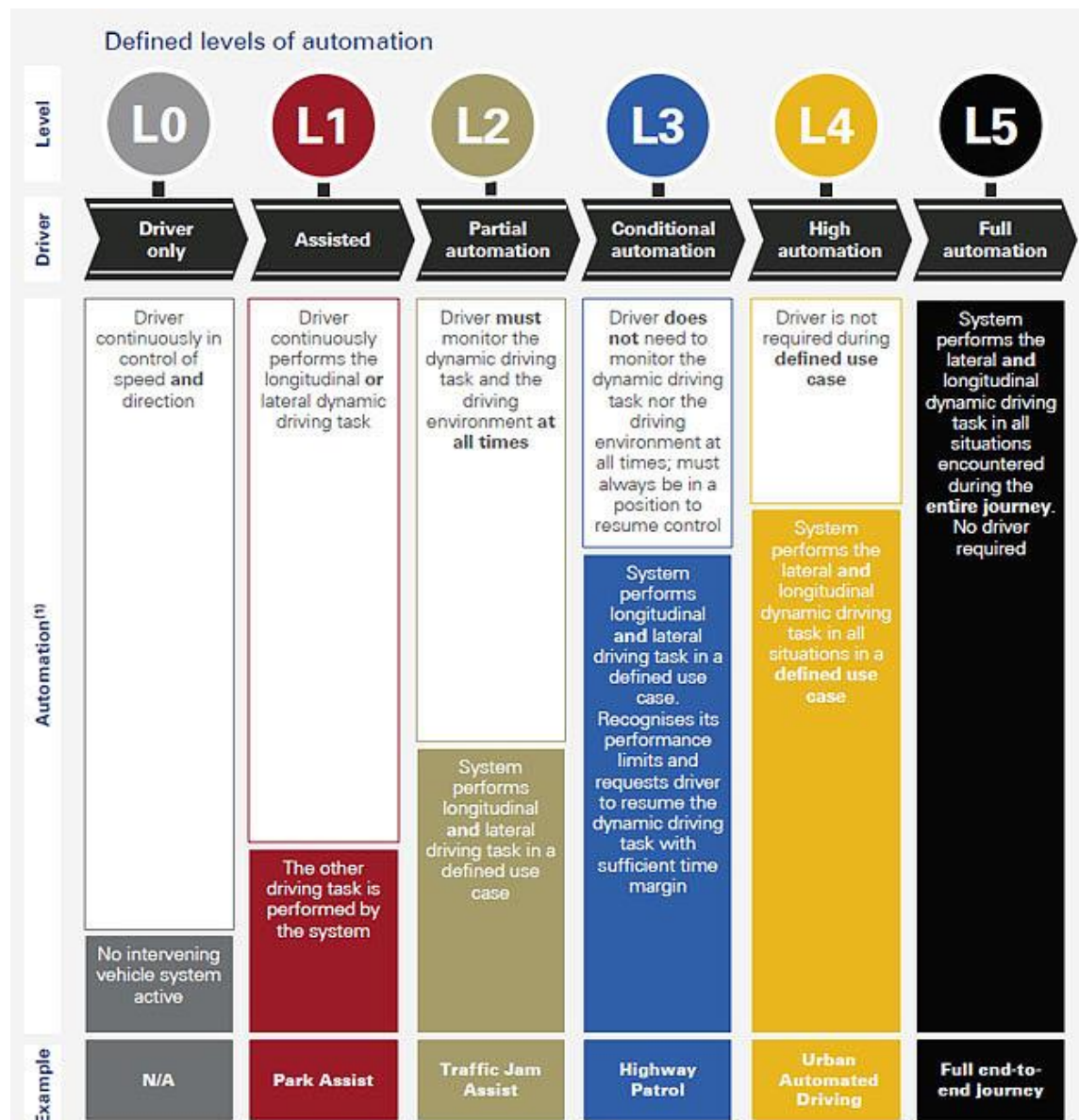
- muutosvaihe kestää kauan,
- muutoksen ajurit ovat aina monimutkainen yhdistelmä teknisiä ja taloudellisia seikkoja,
- muutoksen hallinta on aina traumaattista,
- asiakkailta on keskeinen rooli muutoksessa,
- muutos itsessään on traumaattinen. (Stopford 2016, 6–9.)

Muutosvaihe kestää useimmiten vuosikymmeniä, mutta joskus jopa vuosisatoja. Keskeistä on myös se, että mikään yksi seikka ei riitä aiheuttamaan muutosta. Usein muutos aiheuttaa ongelmia etenkin perinteikkäille yrityksille. Vain ketterimmät yritykset selviävät muutoksesta voittajina. Jotta muutos tapahtuu, on siitä oltava myös selkeitä hyötyjä asiakkaalle. On myöskin huomioitava, että vaikka yritys selviäisikin muutoksesta, niin uuteen tilanteeseen tottuminen voi viedä kauan. (Stopford 2016, 6–9.)

Stopford (2016) on ehdottanut, että meriliikenteen digitalisaatio ja älyalukset (*smart ships*) olisi neljäs merenkulun suuri murros. Kolme keskeistä osaa tässä ovat älyalukset, älykäs laivaston hallinta (*smart fleet management*) ja älykäs logistiikanhallinta (*smart shipping logistics*). Älyalukset eli autonomiset alukset ovat tässä muutoksessa keskiössä. Mutta jotta näistä aluksista saadaan paras hyöty irti, on yritysten toimintatapaa muutettava. Ajatus laivasta irrallisena yksikkönä ei enää sovellu älyalusten vaatimaan liiketoimintamalliin vaan koko laivaston optimointi yhtenä kokonaisuutena mahdollistaa tehokamman toiminnan. Viimeiseksi koko kuljetusjärjestelmä on muokattava, jotta älyaluksista saadaan paras mahdollinen hyöty. Kyse on samankaltaisesta muutoksesta, kuin konttivallankumouksessa aikoinaan. (Stopford 2016, 11–13.)

2.5.3 Autonomian tasot

Siirtymä täysin miehittämättömään ja autonomiseen alukseen ei tule tapahtumaan yhdellä harppauksella, vaan muutos on vaiheittainen. Autonomian tasot voidaan määrittellä kuuksiksi eri vaiheeksi nolasta kuuteen. (Rolls Royce 2016b, 23.) Seuraavassa käydään läpi autonomian tasot Rolls Roycen (2016b, 23) esityksen pohjalta käyttäen esimerkkeinä autoista tuttuja tai autoihin suunnitella olevia systeemejä. Lopuksi määritellään vielä millä tasolla laivat ovat autonomian viisiportaisella asteikolla. On syytä huomata, että kuvassa 6 esitetty asteikko ei siis ole alun perin suunniteltu aluksia varten, mutta se on kuitenkin otettu käyttöön tästä huolimatta tässä yhteydessä.



Kuva 6 Autonomian tasot (Rolls Royce 2016b, 23)

Nolla-tason autonomia on luonnollisesti täysin vailla automaatiota oleva systeemi. Ensimmäisen tason autonomiassa systeemi kykenee suorittamaan yksinkertaisia kuljettajaa avustavia tehtäviä. Esimerkki tämän tason autonomiasta on henkilöauton parkkiavustin. Toisen tason autonominen systeemi kykenee osittaiseen automaatioon. Tällaisen tason automaation systeemi kykenee suoriutumaan yksinkertaisista ennalta määräytyistä tehtävistä, mutta edellyttää kuljettajalta jatkuvaa valvontaa. Esimerkki tällaisesta systeemistä on henkilöauton liikeneruuhka-avustin. Kolmannen tason autonominen systeemi kykenee automaattiseen toimintaan ennalta määritetyissä olosuhteissa ja tunnistaa myös oman kyvykkyytensä rajat. Tällaisessa systeemissä ajajan ei tarvitse valvoa aktiivisesti systeemin toimintaa, mutta ajajan on oltava valmiina ottamaan manuaalinen kontrolli tilanteen sitä vaatiessa. Esimerkki tällaisesta systeemistä on henkilöauton automaattinen moottoritieajo. Neljännen tason autonominen systeemi on täysin autonominen määritetyissä olosuhteissa eikä tarvitse lainkaan ihmistä määritetyissä olosuhteissa. Esimerkki tästä olisi auto, joka kykenee täysin automaattiseen ajoon kaupunkiolosuhteissa. Viidennen tason autonominen systeemi on täysin autonominen ja kykenee toimimaan täysin autonomisesti minkä tahansa matkan ajan. Tällainen järjestelmä ei luonnollisesti tarvitse ajajaa mihinkään. (Rolls Royce 2016b, 23.)

Nykyisissä laivoissa on automaattinen ohjaus avomerellä purjehdittaessa. Tämän kaltaisen systeemi on kolmannen tason autonominen systeemi. Toisin sanoen seuraava vaihe on neljännen tason autonominen systeemi ja lopulta tavoitteena olisi päätyä täysin automomiseen alukseen.

Aluksi on kuitenkin hyvin todennäköistä, että monissa haastavissa olosuhteissa aluksella on miehistöä paikalla huolimatta sen kyvystä hoitaa tehtäviä autonomisesti. Vaikka alus lopulta olisikin täysin miehittämätön, niin täysin autonominen se ei koskaan tule todennäköisesti olemaan, vaan kyse olisi aina jonkintasoisesta hybridistä. (AAWA 2016, 12–13.) Kongsberg Maritimen suunnitelma autonomisesta aluksesta näyttäisi vahvistavan tämän teorian. Aluksen on määrä toimia aluksi miehittettynä, mutta myöhemmin sen on tarkoitus toimia täysin autonomisesti. (Kongsberg Maritime 2017.)

2.5.4 *Autonomisiin aluksiin tarvittavan tekniikan kehitys*

Liu, Zhang, Yu & Yuan (2016, 85–88) ovat tehneet kattavan kirjallisuuskatsauksen miehittämättömiin vesikulkuneuvoihin liittyvistä teknisistä haasteista. Merkittävästä teknisestä kehityksestä huolimatta on vielä useita haasteita, jotka pitää ratkaista ennen kuin miehittämättömät vesikulkuneuvot ovat käytännössä kannattavia. Seuraavaksi esitellään Liun, Zhangin, Yun & Yuanin (2016, 85–88) keskeisimpiä havaintoja teknisistä haasteista.

Monet reitin suunnitteluun liittyvät menetelmät ovat vielä joko liian hitaita tai epäluotettavia reaaliaikaiseen toimintaan. Etenkin reitin uudelleensuunnittelu on haastava aihepiiri. Erityisesti COLREGS (*International Regulations for Preventing Collisions at Sea*) -määräykset huomioonottavat reitin uudelleensuunnittelumenetelmät vaativat lisää tutkimusta. Suuri syy tähän on se, että COLREGS on alun perin kehitetty ihmisille eikä koneille. COLREGS säädökset ovat siis säädöksiä, jotka määrittelevät miten aluksen on toimittava yhteentörmäysten estämiseksi. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 85.) Asia on kuitenkin huomioitu IMO:ssa (IMO 2017, 4).

Navigaatioon liittyvistä haasteista ehkä keskeisin on havainnointiteknoologiaan liittyvät ongelmat. Eri havainnointiteknoologioilla on omat hyvät ja huonot puolensa ja näin onkin ehdotettu, että kulkuneuvossa tulisi olla useita eri havainnointiteknoologioita. Tässä oman ongelman tuo eri teknologioiden mahdollisesti ristiriitaisen informaation prosessointi. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 85–86.)

Paikannuksessa GPS (*Global Positioning System*) on yleisesti hyväksytty ja käytetty menetelmä. Lisää tutkimusta vaaditaan kuitenkin, siihen miten muut sensorijärjestelmät toimivat yhteistyössä GPS:n kanssa. On myös huomioitava, että GPS ei aina välttämättä toimi kaikissa olosuhteissa kuten puiden tai siltojen katveessa. Tämä ei kuitenkaan todennäköisesti tule olemaan merellä liikkuvassa kauppa-aluksessa merkittävä ongelma. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 86.) Tästä huolimatta turvallisuuskysymykset on kuitenkin otettava vakavasti. GPS on kuitenkin lopulta melko helposti häiritävissä oleva teknologia (Landry, Boutin & Constantinescu 2006, 255).

Ympäristön ymmärtäminen ja tilannetaju ovat myös merkittävä lisää tutkimusta vaativa ongelma. Suurin ongelma tällä saralla on muuttuvissa olosuhteissa tapahtuva toiminta. Luotettavia menetelmiä muuttuvien olosuhteiden huomioimiseen ei ole tutkittu riittävästi, yksittäisiä tutkimuksia lukuun ottamatta. (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 86.)

Hallintaan ja ohjaamiseen liittyvät haasteet ovat moninaisia (Liu, Zhang, Yu & Yuan 2016, 86–88) ja niihin perehdytään seuraavassa alaluvussa tarkemmin. Eräs huomionarvoinen seikka on laiturin läheisyydessä tapahtuva liikehdintä. Tämä voisi olla joko täysin automaattinen tai vaihtoehtoisesti tämä osuus matkasta voitaisiin tehdä kauko-ohjauksen avulla (AAWA 2016, 9).

2.5.5 Miehittämättömän aluksen hallinta ja ohjaaminen

Useissa kirjallisissa lähteissä miehittämättömien alusten hallintaan ja ohjaamiseen on esitetty maissa sijaitsevaa hallintakeskusta (*Shore Contor Centre, SCC*). Tässä keskuksessa työskentelisivät operaattori, insinööri ja ohjaustiimi (Wahlström, Hakulinen, Karvonen & Lindborg 2015, 1039; MUNIN 2016, 2; AAWA 2016, 59). Aiheesta on tehty joitakin tutkimuksia ja seuraavissa alaluvuissa esitellään konseptin hyviä ja huonoja puolia.

Eräs miehittämättömien alusten suurin vahvuus on merimiesten työolojen paraneminen. Merimiesten ei enää tarvitsisi olla pitkiä aikoja merellä vaan työtehtävät voitaisiin hoitaa maista käsin. (MUNIN 2016, 7.) Etäoperointia on jo hyödynnetty monissa muissa vaarallisissa toimissa kuten kaivostoiminnassa ja avaruusteknologiassa työntekijöiden olojen parantamiseen (Sheridan 1993, 592–606; Hainsworth 2001, 19–28; Wahlström ym. 2015, 1039).

Monista hyvistä puolistaan huolimatta etäohjauksella on omat riskinsä. Tilannetajun heikentyminen on tunnistettu yhdeksi etäohjauksen suurimmista ongelmista. Aluksen monista sensoreita huolimatta operaattorilla ei ole luonnollista tunnetta siitä, miten laiva liikkuu aallokossa. Sensorien paljous voi johtaa myös informaatioähkyyn, ja tämä yhdistettynä ihmisen rajalliseen keskittymiskykyyn voi johtaa tilanteisiin, joissa operaattorilla ei enää ole todellista tajua tilanteesta merellä. Myöskin eriliset kieleen ja paikallisiin tapoihin liittyvät ongelmat on nostettu esille kirjallisuudessa. Kun miehistö ei enää ole fyysisesti laivalla, heikentyy vuorovaikutus paikallisten ihmisten kanssa, mikä saattaa johtaa ongelmiin. (Porathe, Prison & Man 2014, 26–27; Wahlström ym. 2015, 1040.)

Muissa etäohjauksella toimivissa laitteissa havaittuja ongelmia on jonkin verran ja tiettyin varauksin voidaan olettaa, että ne ovat sovellettavissa myös miehittämättömiin aluksiin. Miehittämättömien lentokoneiden ohjaajien kanssa tehdyssä tutkimuksessa yli 90 prosenttia ohjaajista koki jonkinasteista tylsyyttä. Vuorojen vaihtojen on myös todettu aiheuttaneen suorasti tai epäsuorasti onnettomuuksia. Automaattiautoja koskevissa tutkimuksissa on huomattu, että kuljettajat saattavat muuttaa tapojaan vaarallisemmiksi, koska luottavat liiaksi koneen tekemiin päätöksiin. Myöskin suoranainen taitojen katoaminen on mahdollista. Yleisemmällä tasolla eettiset ongelmat ja empatian puute voivat johtaa ongelmiin. Laivojen odotetaan noudattavan hyvää merimiestapaa (Rødseth & Burmeister 2012, 12) ja esimerkiksi osallistuvan pelastusoperaatioihin. (Saffarian, De Winter & Happee 2012, 2296–2300; Wahlström ym. 2015, 1041–1043.)

AAWA-projektin puitteissa ohjaamiseen liittyvät riskit on melko yksiselitteisesti tiivistetty seuraaviin:

- aluksen tuntuman puuttuminen
- informaatioähky
- vuoron vaihtojen yhteydessä tapahtuvat virheet
- tarve automaation tunnistamiseen
- taitojen heikkeneminen
- viive ja siihen liittyvät ongelmat
- tylsyys

Nämä ovat kaikki huomionarvoisia asioita, jotka tulee ottaa huomioon miehittämättömiä aluksia ja niiden komentokeskuksia suunniteltaessa. Luonnollisesti myös tietoturva

ja datayhteyksien vakaus ja luotettavuus ovat keskeisessä asemassa konseptin toimivuuden kannalta.

2.6 Miehitämättömän aluksen käyttö irtolastialuksena

Kirjallisuudessa on ehdotettu, että todennäköisin ensimmäinen miehitämättömän aluksen sovellus on irtolastialus (MUNIN 2016, 2; AAWA 2016, 7). Ajatus tämän takana on se, että irtolastialuksen toiminta on moneen muuhun alustyyppiin verrattuna melko yksinkertaista, nopeudet usein hitaita ja lasti usein varsin arvotonta. Nämä ominaisuudet ja verrattain yksinkertaiset kuljetussopimukset luonnollisesti puoltavat automaation käyttöä ja näin ollen miehitämättömän aluksen hyödyntäminen on houkuttelevaa näissä olosuhteissa. Tällaisissa olosuhteissa alus voisi normaalisti toimia autonomisesti, mutta haastavimmissa tilanteissa koko alus voisi olla ihmisen kauko-ohjauksessa. (AAWA 2016, 7, 58; MUNIN 2016, 2.) Tässä tutkielmassa pääpaino on matkarahtaus periaatteella tapahtuvassa liiketoiminnassa, koska tämä antaa parhaat mahdollisuudet pureutua eri alustyyppien kustannusrakenteisiin. Käytännössä ensimmäiset sovellukset ovat kuitenkin todennäköisesti esimerkiksi losseja ja muita erittäin rajatuilla alueilla toimivia aluksia. Nyt näyttäisi siltä, että ensimmäinen autonominen lastialus olisi erittäin rajatulla alueella toimiva konttisyöttöalus (*container feeder*) (Kongsberg Maritime 2017).

Se mistä kirjallisuudessa ei olla aivan yhtä mieltä on matkan pituus. MUNIN -projektin puitteissa pitkät matkat on nähty miehitämättömän aluksen etuna. Tämä on taloudellisessa mielessä täysin ymmärrettävää, koska pitkillä matkoilla automaatio hyödyttää eniten ja hitaasti liikuttaessa myös miehistökustannusten osuus kokonaiskustannuksista kasvaa polttoainekustannusten pienentyessä. Useissa kirjoituksissa kuitenkin lyhemmät paikalliset merikuljetukset nähdään kuitenkin todennäköisimpinä ensimmäisiä miehitämättömien alusten käyttökohteina. Syy tähän on pääasiassa tilanteen hallinnan helpottuminen ja se, että paikallisesti lainsäädäntö ja muu sopimusoikeus ovat helpompia ja nopeampia muuttaa miehitämättömille aluksille sopivammaksi. (Sampson 2014, 58; AAWA 2016, 58). Integrointi muuhun yhteiskuntaan ja kuljetusverkostoon ovat kuitenkin nousseet kirjallisuudessa miehitämättömien alusten keskeisimmäksi haasteeksi. (Rødseth & Burmeister 2012, 6, 12; MUNIN 2016, 2). Paljolti näistä syistä johtuen todennäköisesti ensimmäinen autonominen alus tulee toimimaan hyvinkin lyhyillä matkoilla. Yara Birkelandin suunniteltu matka on vain 30 merimailia. (Kongsberg Maritime 2017.)

Syy siihen, miksi tässä tutkielmassa kuitenkin keskitytään irtolastialukseen, on se, että Kongsbergin vuoden 2017 julkaisusta huolimatta, autonomian käyttöä irtolastialuksessa puoltaa moni seikka, kuten edellä on mainittu. Syy sille, miksi tässä tutkielmassa keskitytään alueelliseen liikenteeseen, on edellä mainittu lainsäädännön ja sopimusoikeuden helpottuminen verrattuna kansainväliseen liikenteeseen.

2.6.1 *Merkittävät oletetut erot kustannusten jakautumisessa miehitettyjen ja miehittämättömien alusten välillä*

MUNIN-projektin puitteissa tehdyssä kustannusanalyysissä miehityskustannukset nähtiin kustannuseränä, jossa on miehittämättömien alusten osalta suurin säästöpotentiaali. Jopa noin 10,5 % säästöt aluksen elinaikana nähtiin mahdollisena. (MUNIN 2016, 3.) Korjaus- ja huoltokustannuksissa nähdään MUNIN-projektin puitteissa säästöpotentiaalia (MUNIN 2016, 3). Mitään tarkkaa lukua ei kuitenkaan ole annettu. Vakuutus-kustannukset ovat todella haastava kustannuserä arvioida. Mikäli miehittämätön alus on todellisuudessa kirjallisuudessa tehtyjen arvioiden mukaisesti vähemmän onnettomuusaltis kuin miehitetty (MUNIN 2016, 3), voitaisiin olettaa, että alus olisi myös halvempi vakuuttaa. Tämä ei kuitenkaan ole todellisuudessa näin yksinkertaista. Miehittämättömän aluksen kalliimman hinnan vuoksi vakuutusmaksut saattavat myös olla korkeammat ja varsinkin alussa miehittämättömien alusten teknologia ei välttämättä ole täysin luotettavaa, mikä myös saattaa nostaa vakuutusmaksuja huomattavasti. Näitä muuttujia tarkastellaan tarkemmin myöhemmin. Hallintokustannukset tulevat miehittämättömällä aluksella nousemaan hieman miehitettyyn verrattuna. MUNIN projektin puitteissa noin 2,8 % kustannusten nousu on oletettavissa aluksen elinkaaren aikana. (MUNIN 2016, 3.)

Kirjallisuudessa yhdeksi miehittämättömän aluksen eduksi on ennustettu pienempi polttoaineen kulutus. MUNIN-projektin kustannusanalyysissä polttoainekustannussäästöjen ennustetaan olevan 2,8 % aluksen elinkaaren aikana (MUNIN 2016, 3). Lisää polttoainesäästöjä on mahdollista saavuttaa hitaiden nopeuksien avulla. Miehittämättömän aluksen matkasta riippumattomat miehityskustannukset ovat luonnollisesti miehitettyä pienemmät, joten hitailla nopeuksilla matkaaminen on luonnollisesti entistäkin tehokkaampi keino vähentää kustannuksia. Satamamaksujen oletetaan olevan miehittämättömille aluksille miehitettyä alusta korkeammat. (MUNIN 2016, 3). Tämä johtunee miehittämättömien alusten vaatimasta erityisestä infrastruktuurista.

Miehittämättömien alusten lastinkäsittelykustannuksia ei tieteellisessä kirjallisuudessa ole juurikaan käsitelty. Tämän tutkielman puitteissa voitaneen olettaa, että modernin miehitetyn ja miehittämättömän aluksen välillä ei lastaus- ja purkamiskustannuksissa juurikaan ole eroja. Miehittämättömiin aluksiin saattaa liittyä muita lastinkäsittelykustannuksia, joita ei vielä tiedetä. Näitä pyritään ottaa tarpeen mukaan huomioon analyysissä.

Luotsauskustannuksiin MUNIN -projekti ei ota kantaa. Ne ovatkin hankala kustannuserä arvioida, koska argumentteja kustannusten muuttumisesta kumpaankin suuntaan on mahdollista keksiä. Jos kustannuksiin sovelletaan samalaista ajattelutapaa kuin satamakustannuksiin niin voidaan olettaa, että miehistön puute tarkoittaa sitä, että alus tulee tarvitsemaan enemmän luotsauspalveluita ja näin kustannukset nousisivat. On kuitenkin

myös mahdollista, että automaatio tekee luotsauksen tarpeettomaksi ja näin nämä kustannukset eivät koskisi autonomisia aluksia ollenkaan. Näistä syistä johtuen tässäkin tutkielmassa ei oteta kantaa luotsauskustannuksiin tätä enempää.

2.6.2 *Sosiaalinen, laillinen ja infrastruktuurin kehitys miehittämättömien alusten kannalta*

Kirjallisuudessa on todettu, että miehittämättömien alusten suurin haaste ei tule olemaan tekninen kehitys vaan integrointi nykyiseen kuljetusjärjestelmään ja sosiaalinen hyväksyntä. Myös institutionaaliset, juridiset ja sopimusoikeudelliset seikat tulevat olemaan merkittävä haaste. (Rødseth & Burmeister 2012, 10; AAWA 2016, 55.)

Euroopassa merenkulku on ala, jolla osaavasta työvoimasta pulaa. Merenkulkuala ei houkuttele uusia työntekijöitä, sen sosiaalista elämää ja perhe-elämää rajoittavan luonteensa johdosta. Avomerellä purjehtimisesta on tullut yksitoikkoista mutta stressaavaa hallinnollisiin asioihin keskittyvää ei kiinnostavaa työtä. (IMO 2008, 1–7.) Oletettavasti paheneva työvoimapula omalta osaltaan lisää ainakin teoriassa tarvetta miehittämättömille aluksille. Todellisuus ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen. Ideana miehittämätön alus on kohdannut myös vastustusta. Suurin osa vastustuksesta liittyy siihen, että miehittämätön alus ei voisi olla turvallinen. (Ackerman 2014.) Todellisuudessa kuitenkin suurin osa merellä tapahtuvista onnettomuuksista johtuu nimenomaan inhimillisistä virheistä. Mikäli teknologia saadaan luotettavaksi, niin voidaan olettaa, että miehittämätön alus on vähintään yhtä turvallinen mutta todennäköisesti huomattavasti turvallisempi kuin miehitetty alus. (Rødseth & Burmeister 2012, 12; MUNIN 2016, 3.)

Rødseth ja Burmeister (2012, 13) erottivat kolme suurinta juridista haastetta, jotka miehittämättömät alukset tulevat kohtaamaan.

- Merien lait kuten esim. UNCLOS (*United Nations Convention on the Law of the Sea*) tarvitsevat päivitystä. Erityisesti vastuu onnettomuustilanteissa ja miehittämättömän aluksen oleminen osa lippuvaltion aluetta tarvitsevat vahvistusta.
- Tekniset ja operationaaliset ohjeet, kuten SOLAS (*Safety Of Life At Sea*) ja COLREGS (*International Regulations for Preventing Collisions at Sea*), tarvitsevat päivitystä.
- Kaupalliset sopimukset ja vakuutukset tarvitsevat päivityksen.

Van Hooydonkin mukaan on täysin selvää, että miehittämättömän aluksen tulisi olla, samoin kuin miehitetyn, osa lippuvaltion aluetta. Ongelmaksi nousee se, miten lippuvaltion lakien noudattaminen käytännössä ilmenee aluksella, jolla ei ole ketään kyydissä, jonka omistaja ei ehkä ole kuitenkaan rekisteröitynyt lippuvaltioon, jonka ohjaaja on jos-

sain muussa maassa ja joka on kenties vain pilvipalvelussa sijaitsevan tekoälyn hallitsema. Merien lainsäädäntö tulee tarvitsemaan kokonaisvaltaisen uudistamisen ennen, kuin miehittämättömät alukset voivat käytännössä purjehtia merillä. (Van Hooydonk 2014, 409–410.)

Tekniset ja operationaaliset ohjeet tulevat tarvitsemaan myös täydellisen läpikäynnin. Miehittämättömät alukset vaativat tiukkaa teknistä standardointia ja SOLAS tulisi todennäköisesti olemaan hyvä paikka implementoida näitä standardeja. Etenkin *Port State Control:in* (PSC) rooli tulisi todennäköisesti kasvamaan miehittämättömien alusten standardisoinnin valvomisessa. SOLAS-säädösten käyttö voi aluksi tuntua intuition vastaiselta, mutta tarkemmin ajateltuna se on täysin loogista. Vaikka miehittämättömät alukset yleistyisivätkin nopeasti, merillä tulisi todennäköisesti liikkumaan myös miehitettyjä aluksia vielä vuosikymmeniä ja näin ollen on erityisen tärkeää, että miehittämätön alus ei ole vaaraksi miehitetyille. (Van Hooydonk 2014, 411–414.)

COLREGS-säädöksissä kapteenille asetetaan tarkkoja vaatimuksia, miten toimia joustavasti vaaratilanteissa. Tällä hetkellä on epäselvää voidaanko maissa sijaitsevassa ohjauskeskuksessa oleva ohjaaja rinnastaa näihin säädöksiin. Toisaalta modernien laivojen navigointi ja automaatioteknologia on jo johtanut tilanteeseen, jossa laivassa olevalla kapteenilla ja maissa olevalla ohjaajalla saattaa olla hyvinkin samanlaiset olosuhteet toteuttaa COLREGS:in vaatimuksia. Yleinen vaatimus hyvistä merimiestavoista on miehittämättömien alusten – ja ehkä konventionaalistenkin alusten – osalta kenties yksi hämmärimmistä ja vaikeimmin toteutettavista vaatimuksista. Esimerkiksi suomen merilaissa hyvään merimiestaitoon viitataan useassa kohdassa, mutta missään ei tarkasti määritellä mitä hyvällä merimiestaidolla tarkoitetaan. Useimmiten laissa viitataan vain päällikön tekemään ammatilliseen arvioon. (Suomen merilaki 1994.) On epäselvää, onko hyvän merimiestavan mukaista tekoälyä koskaan mahdollista saavuttaa. (Van Hooydonk 2014, 411–414.)

Alusten miehistön pätevyyksien sertifiointista määräävä STCW (*International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*)-säädöstö pätee tällä hetkellä vain merellä työskenteleviin henkilöihin. Tällä hetkellä on epäselvää tulisiko näitä säädöksiä soveltaa myös maissa sijaitsevassa ohjauskeskuksessa työskentelevään henkilökuntaan. Merellä työskenteleminen on monilta osin hyvinkin erikoinen ja oma alansa. Monet merellä työskentelyn erikoisvaatimukset, kuten pitkät poisolot kotoa ja fyysinen rasittavuus, evät päde maissa sijaitsevan ohjauskeskuksen työntekijöihin. Onkin hyvä miettiä, onko maissa sijaitsevan ohjauskeskuksen työntekijöitä mielekästä kohdella eritysten merimieslakien mukaan. Toisaalta maissa työskentelevä ohjaaja joutuu kuitenkin kohtaamaan monia muita hankaluuksia työssään. Ensinnäkin ohjaaja on vastuussa erittäin arvokkaasta aluksesta ja sen lastista aivan kuten perinteisessä miehitetyssä aluksessa. Muutenkin ohjaajan on kyettävä toimimaan rauhallisesti ja harki-

ten vaaratilanteissa, aivan kuten perinteisen päällikönkin. Ohjaajan on myös ymmärrettävä tekniikkaa ja tietotekniikkaa selviytyäkseen työstään. Ylipäätään ohjauskeskuksissa toimivan henkilökunnan juridinen kohtelu onkin haastava aihe ja tällä hetkellä onkin vielä erittäin epäselvää mitä säädöksiä ohjauskeskuksen henkilökuntaan tulisi soveltaa. (Van Hooydonk 2014, 413.)

Merikuljetusten sopimusoikeus on hyvin erikoistunut ja historiallinen sopimusoikeuden haara. Karkeasti jaoteltuna oikeuden kehittyminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Purjelaivojen aikakausi oli ensimmäinen näistä. Meriliikenteelle ominainen edelleen käytössä oleva asiakirja konossementti on perujaan tältä aikakaudelta. Höyrylaivojen vallankumouksen aikana kuljetusvarmuus ja -nopeus lisääntyivät dramaattisesti ja konossementista tuli yleisesti käytetty asiakirja. Rahdinkuljettajat alkoivat sisällyttää laajoja vastuunvapautuslausekkeita konossementin kuljetusehtoihin ja tämän seurauksena alkoi kansainvälinen yhteistyö osapuolten kannalta reilun lainsäädännön kehittämistä. Työ huipentui Haagin konventioon, joka on muun muassa määritellyt mallikonossementin rakenteen. On ehdotettu, että merilainsäädännön kehitys olisi siirtymässä neljänteen vaiheeseen, jonka keskiössä on informaatioteknologian kehitys. (Sisula-Tulokas & Tulokas 2007, 115–116.) Tämän tutkielman puitteissa tämä neljäs vaihe tuntuu mielekkäältä talvalta ymmärtää ja käsitellä merikuljetusten sopimusoikeudellisia seikkoja.

Näyttäisi siltä, että nykyiset rahtisopimukset soveltuisivat hyvin myös miehittämättömien alusten aikakauteen. Kansainväliset sopimusstandardit tarvitsevat toki päivitystä ja tarkennusta, mutta lähtökohtaisesti kyse on vain hienosäädöstä. Suurin osa nykyisistä sopimuksista on myös muutettava digitaaliseen muotoon. Tällä hetkellä voimassa oleva velvollisuus pitää useita rahdinkuljettamiseen, miehitykseen ja aluksen kuntoon liittyviä todistuksia ja asiakirjoja mukana aluksella ei luonnollisesti ole kovin järkevää, mikäli aluksella ei kuitenkaan ole ketään. (Van Hooydonk 2014, 418–419.)

Miehittämättömät alukset tulevat tarvitsemaan merkittäviä investointeja infrastruktuuriin. Suuri osa tarvittavasta infrastruktuurista liittyy tarvittavaan tietotekniikkaan, jotta turvallinen tiedonsiirto ja kommunikointi onnistuvat ohjauskeskusten, alusten ja muiden osapuolien välillä. Myös satamien toiminnallinen infrastruktuuri tulee mahdollisesti tarvitsemaan päivitystä. (MUNIN 2016,4–5.) Lopuksi on kuitenkin todettava, että lainsäädäntö tulee muuttumaan mikäli poliittista tahtoa vain riittää (AAWA 2016, 13).

3 TUTKIMUKSEN SKENAARIOIDEN ESITTELY

3.1 Ennusteiden analysointi ja yhdistäminen

Tässä luvussa vertaillaan luvussa 2 esitettyjä ennusteita ja määritellään tulevaisuuden kannalta keskeiset trendit PESTE-viitekehityksen avulla. Selkeyden vuoksi ennusteet yhdistetään kolmeksi skenaarioksi, jotka on nimetty vaikutuksensa mukaan negatiiviseksi, neutraaliksi ja positiiviseksi. Yhdistämisessä Trafin ennusteet Rikkiä prosessin rattaissa- ja Energiakriisi-skenaariot on yhdistetty niiden negatiivisen luonteensa vuoksi. Aikalisä-skenaariota ei huomioida ollenkaan, koska sen oletus oli lähinnä se, että mitään uutta ei tapahdu, vaan kehitys menee ”aikalisälle”. Tämä ei kuitenkaan tapahtunut, joten ennuste voidaan tämän tutkielman puitteissa unohtaa.

Kolmessa ennusteessa oli paljon yhtenäisyyksiä ja niiden pohjalta onkin hyvä määrittää tulevaisuuden trendejä pidemmälle aikavälille. Suurimmat ristiriidat ennusteissa koskivat ympäristöasioiden vaikutuksia meriliikenteeseen. Etenkin Wärtsilän ennusteissa ympäristöasioiden huomioiminen nähtiin meriliikenteen etuna kun taas Lappalaisen ennusteessa ympäristöasiat nähtiin neutraalina tai negatiivisena seikkana.

Negatiivisimmassa skenaarioissa poliittisiksi ja laillisiksi trendiksi tunnistettiin protektionismi, epävarma poliittinen ympäristö ja liiketoimintaa jarruttavan lainsäädännön kehittäminen. Taloudellisesta näkökulmasta negatiivisimmat trendit olivat varallisuuden epätasainen jakautuminen maailmalla sekä maltillinen tai heittelehtivä talouskasvu. Sosiaalisesta näkökulmasta varallisuuden epätasainen jakautuminen on negatiivista. Toisaalta negatiivisimmassakin tulevaisuudenkuvassa Suomen korkea koulutustaso nähtiin mahdollisuutena. Teknisestä näkökulmasta tämä korkea koulutustaso näkyy korkean teknologian kehittämispotentiaalina synkässäkin tulevaisuudessa. Negatiivisimmassa tulevaisuudenkuvassa ympäristöasiat aiheuttavat kitkaa valtioiden välillä ja ympäristönsuojeluun liittyvät säännöksen jarruttavat liiketoimintaa.

Neutraalissa tulevaisuudessa poliittisen ja laillisen kehityksen keskeisin trendi on se, että Kiina ja Aasia nähdään maailman talousmahtina. Tämä johtaa lännessä protektionismiin ja paikallisiin sopimuksiin. Lainsäädännön kehitys nähdään yleisesti liiketoimintaa tukevana. Suomen kannalta etenkin Venäjän arvo kauppakumppanina laskee ja Aasian nousee. Taloudellisista seikoista keskeisimpiä ovat Kiinan talouskasvun hiipuminen sekä Itämeren ja Euroopan heikko talous. Tämä näkyisi erityisesti Euroopan sisäisen kaupan kasvuna. Yhdessäkään ennusteessa ei otettu neutraalissa tulevaisuudessa kantaa sosiaaliin seikkoihin, joten oletettavasti maailman ja Suomen sosioekonomisessa rakenteessa ei olisi tulossa suuria mullistuksia tässä skenaariossa. Tekninen kehitys neutraalissa skenaariossa tulisi keskittymään vihreään teknologiaan. Etenkin läntiset taloudet panostaisivat vahvasta tutkimukseen ja kehitykseen. Neutraalissa skenaariossa ilmastomuutosta

pyritään hallitsemaan paikallisilla ilmastopimuksilla. Kansainvälinen yhteistyö puuttuu, mutta meriliikenne kuitenkin hyötyy trendistä verrattain hyvän ympäristöystävällisyytensä ansiosta.

Positiivisimmassa tulevaisuudessa keskeisimmät poliittiset ja lailliset trendit ovat globalisaatio, yhteistyö ja valtion roolin väheneminen yritysten ja suurkaupunkien vallan alle. Tässä skenaarioissa myös lainsäädäntö tukee liiketoimintaa. Suomen kannalta keskeistä on myös kumppanuus Venäjän kanssa. Taloudellisesta näkökulmasta globaali lama on onnistuneesti selätetty ja sekä Venäjän että Euroopan kauppa kasvaa. Sosiaalisesti suurin muutos tulee olemaan kaupungistuminen. Globaalit suurkaupungit vetävät ihmisiä puoleensa. Teknisessä kehityksessä keskeisintä tulisi olemaan vihreät innovaatiot, uudet alustyytit ja logistiikkaverkostojen integroiminen. Tässä tulevaisuudessa ilmastonmuutos nähdään mahdollisuutena uusille markkinoille, tuotteille ja palveluille.

3.2 Omien ennusteiden luominen

Eri tulevaisuuden skenaariot määritellään tulevaisuustaulukkomenetelmällä. Tulevaisuustaulukossa riveillä on tulevaisuuden kannalta keskeiset muuttujat. Muuttujat ovat tässä tutkielmassa valittu siten, että PESTE-viitekehityksen jokaisesta ulottuvuudesta on valittu keskeisin tulevaisuuteen vaikuttava muuttuja ja sille on annettu kolme mahdollista arvoa edellisessä alaluvussa tehdyn analyysin perusteella. Mahdolliset arvot tulevat siis tulevaisuustaulukon sarakkeisiin. Tulevaisuustaulukkoon ei sisällytetä asioita, joiden ei uskota muuttuvan. Näitä asioita kutsutaan perususkomuksiksi. Esimerkki tämän tutkielman perususkomuksesta on ilmastonmuutoksen jatkuminen. Tämän tutkielman puitteissa ei uskota, että ilmastonmuutos onnistuttaisiin pysäyttämään ja näin ollen jokaisessa ympäristöön liittyvässä asiassa lähdetään siitä, että kamppailu ilmastonmuutosta vastaan jatkuu nykyisen kaltaisena tai todennäköisesti entistä voimakkaampana. Taulukossa 1 on esitetty tutkielman tulevaisuudenskenaariot.

Taulukko 1 Tutkielmassa käytettävät tulevaisuudenskenaariot

	Keskeinen muuttuja	Negatiivinen (S1)	Neutraali (S2)	Positiivinen (S3)
P	Kansainvälisen yhteistyön ja lainsäädännön luonne	protektionismi ja liiketoimintaa vaikeuttava lainsäädäntöä kehitetään	paikallinen yhteistyö ja uutta haitallista lainsäädäntöä ei kehitetä	kansainvälinen yhteistyö ja uusi lainsäädäntö on liiketoiminnan etu
E	Itämeren alueen taloustilanne	talous heittelee	talous kasvaa hitaasti	talous kasvaa voimakkaasti
S	Koulutus, elintaso ja kulutus	Suomen koulutustaso pysyy korkeana muuhun maailmaan verrattuna, tuloerot jatkavat kasvuaan	maailman kehityy nykyisillä tuloerilla, tuloerot pysyvät nykyisellään	maailmalla kehittyä uusi keskiluokka, joka koulutautuu ja kuluttaa
T	Teknologisen kehityksen taso Suomessa ja maailmalla	miehittämättömien alusten teknologiaan panostaminen jää Suomeen ja muihin harvoihin Itämeren maihin	koko Eurooppa ja läntinen maailma panostaa miehittämättömien alusten teknologiaan	koko maailma alkaa panostamaan miehittämättömien alusten tekniikkaan
E	Suhtautuminen ilmastonmuutokseen	ilmastonmuutos nähdään esteenä	ilmastonmuutos nähdään meriliikenteen etuna	ilmastonmuutos nähdään yleisesti liiketoiminnalle mahdollisuutena

Poliittisen kehityksen keskeisimmäksi muuttujaksi miehittämättömien alusten kannalta on valittu yhteistyön taso. Kuten aiemmin on todettu miehittämättömien alusten suurimmat haasteet liittyvät siihen, kuinka ne integroidaan nykyiseen kansainväliseen logistiikkaverkostoon. Tämä integrointi ei tule onnistumaan ilman kansainvälistä yhteistyötä. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta tehdyn analyysin avulla poliittisen kehityksen kolme mahdollista suuntaa ovat protektionismi, paikallinen yhteistyö ja kansainvälinen

yhteistyö. Lisääntyvä protektionismi on mahdollista tulevaisuudessa jossa kriisit koittelevat poliittista yhteistyötä. Esimerkki tällaisesta on Ison-Britannian mahdollinen ero Euroopan unionista. Myös USA:n politiikassa on mahdollista, että tulevaisuudessa protektionistisemmat poliittiset linjat saavat enemmän jalansijaa. Paikallinen yhteistyö-skenaario viittaa taas tulevaisuuteen, jossa koko maailman kattava kansainvälinen yhteistyö puuttuu, mutta esimerkiksi Pohjoismaat tiivistävät poliittista yhteistyötä. Tällainen ympäristö mahdollistaisi ainakin paikallisten logistiikkaketjujen optimoimisen ja näin miehittämättömät alukset olisi helpompi saada liikenteeseen ainakin joillakin reiteillä. Kansainvälinen yhteistyö-skenaariossa koko maailma on tiiviissä poliittisessa yhteistyössä. Tällaisessa ympäristössä päätöksiä on helppo saada aikaiseksi ja mikäli tämä tulevaisuus olisi ennusteissakin esiin tullut tulevaisuus, jossa todellinen valta on suurilla yrityksillä ja valtioiden tehtävä olisi lähinnä mahdollistaa liiketoimintaa, niin olisi erittäin todennäköistä, että tällaisessa ympäristössä miehittämättömät alukset sallittaisiin välittömästi kun tekniset asiat on saatu kuntoon.

Taloudellisen kehityksen keskeisin muuttuja on talouskasvu. Talouskasvu vaikuttaa luonnollisesti sekä kysyntään että tarjontaan. Talouskasvun kolme mahdollista kehitysuuntaa ovat heittelehtivä talouskasvu, hidas talouskasvu ja voimakas talouskasvu. Heittelehtivässä taloudessa investointeja tehdään vain vähän ja näin myös kysyntä uuden tyyppisille aluksille olisi todennäköisesti vähäinen. Hitaan talouskasvun tilanteessa meriliikenteen vähäinen kysyntä ja ylitarjonta jatkaisivat vallitsevina trendeinä meriliikenteen alalla. Mikäli miehittämättömät alukset osoittautuisivat merkittävästi perinteisiä aluksia kustannustehokkaammiksi, niin halu saada tällaisia aluksia liikenteeseen voisi kasvaa rajusti tässä skenaarioissa. Toisaalta heikko taloudellinen tilanne vaikeuttaa investointien rahoittamista. Voimakkaan talouskasvun-skenaariossa meriliikenteen kysynnän oletetaan kasvavan voimakkaasti ja tällaisessa tilanteessa miehittämättömien alusten kilpailuvaltti ei välttämättä olisi niiden kustannustehokkuus vaan muut edut kuten mahdollinen kyky kantaa enemmän kuormaa. Toisaalta voimakkaan talouskasvun tilanteessa investointeja on helppo tehdä ja perinteisesti meriliikenne on alana noudattanut suu säkkiä myödenpolitiikkaa, joten historian valossa voidaan väittää, että tässä skenaariossa miehittämättömien alusten kysyntä oli suurin kolmesta skenaariosta.

Tämän tutkielman puitteissa sosiaalinen ulottuvuus on vahvasti sidoksissa poliittiseen ja taloudelliseen ulottuvuuteen. Sosiaalinen muuttuja on siis ihmisten sosioekonomista asemaa kuvaava muuttuja. Toisessa ääripäässä on huonosta taloudellisesta tilanteesta johtuva varallisuuden epätasainen jakautuminen ja toisessa ääripäässä on taas maailmanlaajuisen kuluttavan urbaanin keskiluokan syntyminen. Keskimäinen skenaario olisi nykyisen kaltainen maailma ja yhteiskunta. Epävarman taloudellisen tilanteen synnyttämä varallisuuden epätasainen jakautuminen johtaa alempaan koulutustasoon ja kulutukseen. Nämä asiat eivät luonnollisestikaan edistä miehittämättömien alusten asemaa. Tilanteesta

johtuva heikko työllisyystilanne saattaa myös johtaa tilanteeseen, jossa ammattiliitot vastustavat vahvasti miehittämättömiä aluksia, koska ne saattaisivat lisätä esimerkiksi merimiesten työttömyyttä. Tosiasia on myös se, että miehittämättömien alusten saapuminen markkinoille vaikuttaisi eniten matalasti koulutettujen rutiinitöitä tekevien merimiesten työllisyyteen, sillä juuri näistä työpaikoista lisääntyvä automaatio vähentäisi työpanosta. Joillekin maille merimiehet ovat myös tärkeä tulonlähde ja tällaisille maille miehittämättömät alukset eivät välttämättä näyttäyty kovin houkuttelevalta tulevaisuudelta. Luonnollisesti uuden teknologian tuottaminen ja ylläpitämien saattaisi lisätä kysyntää korkeamman koulutustason ammatteihin. Tämä ruokkisi entisestään lisää jo kasvanutta varallisuuden epätasaista jakautumista. Toinen ääripää taas on voimakkaasta talouskasvusta syntyvä kulutuksen ja koulutuksen kasvu. Voimakas kulutus lisäisi meriliikenteen kysyntää ja koulutuksen tason paraneminen edistäisi teknistä kehitystä.

Teknisen ulottuvuuden muuttuja on teknologian kehitys Suomessa ja maailmalla. Mitä nopeammin teknologia kehittyy sitä nopeammin miehittämättömiin aluksiin liittyviä ongelmia saadaan ratkaistua. Keskeistä ongelmien ratkaisussa on myös saada ensimmäiset alukset koekäyttöön. Kaikkia ongelmia ei pystytä ratkaisemaan tutkimuksen avulla. Teknisen kehityksen taso määrittää pitkälti, kuinka kiinnostavia miehittämättömät alukset ovat. Huonoimmassa skenaariossa tekniikan kehitys jää lähinnä perinteisesti korkean teknologian maille. Suomi tulisi jatkamaan yhtenä miehittämättömien alusten kärkimaana. Tietyllä tavalla tällainen tilanne saattaa lisätä Suomen kilpailukykyä (ei välttämättä varustamoiden kilpailukykyä, mutta Suomen kansantalouden kilpailukykyä yleensä), mutta toisaalta miehittämätön alus on innovaationa sen kaltainen, että mitä enemmän niitä tulee käyttöön, sitä hyödyllisempi se on kaikille. Tämä saattaa johtaa tilanteeseen, jossa miehittämättömät alukset jäävät pitkäksi aikaa vain Suomen paikallisliikenteeseen. Neutraalissa skenaariossa koko Eurooppa ja muut läntiset talousmahdin panostaisivat voimakkaasti teknologian kehittämiseen. Tällaisessa tilanteessa miehittämättömiin aluksiin liittyvä teknologia saataisiin standardoitua nopeammin ja alusten tehokkuus parantuisi. Tämä helpottaisi myös koko kuljetusverkoston integroitumista ja todennäköisemmin koko Itämeren alueen valmius miehittämättömiin aluksiin parantuisi. Äärimmäisin skenaario olisi sellainen, jossa koko maailma panostaisi vahvasti teknologian kehitykseen ja miehittämättömät alukset yleistyisivät nopeasti ja niiden vaatima teknologia ja infrastruktuuri kehittyisi nopeasti. Kansainvälinen kuljetusverkosto integroitaisiin nopeasti ja Itämeri ja Suomen paikallisliikenne olisivat vain osa sitä.

Ympäristöllisen ulottuvuuden merkittävin muuttuja on suhtautuminen ilmastonmuutokseen. Ilmastonmuutos on keskeisessä asemassa tulevaisuuden logistiikkajärjestelmiä suunniteltaessa. Suhtautuminen siihen tulee määrittämään paljon sitä, miltä maailma tulee näyttämään tulevaisuudessa. Negatiivisimmassa skenaariossa ilmastonmuutos nähdään jarruna ja kaikki fossiilisilla polttoaineilla toimiva liikenne nähdään uhkana. Sopimukset ja säännöstely rajoittavat kaikkea liikennettä ja tekevät liiketoiminnan harjoittamisesta

haastavaa. Neutraalissa skenaariossa ilmaston muutos nähdään uhkana, mutta samalla ymmärretään, että meriliikenne on muihin kuljetusmuotoihin verrattuna ympäristöystävällistä. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa liikennepolitiikka hoidetaan siten, että meriliikennettä suositaan. Koko meriliikenne hyötyy tästä ja miehittämättömien alusten potentiaaliset edut kiinnostavat enemmän. Positiivisimmassa tulevaisuudenkuvassa ympäristönmuutos nähdään mahdollisuutena ja sen ansiosta avautuu uusia liiketoimintamahdollisuuksia kuljetusalalle. Ympäristöystävällisyyttä odotetaan kaikilta kuljetusmuodoilta ja meriliikenne tulee näyttämään tietä uusilla entistä taloudellisemmilla alustyypeillä. Tässä luvussa esitetyt kolme skenaariota tulevat luomaan pohjan luvussa 4.4 esitettäville tulevaisuuteen liittyville muuttujille laskentamallissa.

3.3 Irtolastialustoiminnan analysointi

Irtolastialustoiminnassa on neljä pääperiaatetta, joiden suhteen kuljetussysteemi pyritään optimoimaan mahdollisimman tehokkaaksi. Nämä neljä pääperiaatetta ovat mittakaava-edut, tehokas lastinkäsittely, eri kuljetusmuotojen integrointi ja varastojen optimointi. Skaalaeduilla tarkoitetaan periaatetta, jossa suuremman aluksen suuremmilla rahtimäärillä saavutetaan teoriassa aina alemmat yksikkökustannukset. Tehokkaalla lastinkäsittelyllä on myös suuret vaikutukset kuljetustoiminnan tehokkuuteen. Pienillä ja huonosti varustetuilla satamilla lastin purkamisen ja lastaaminen voi kestää moninkertaisen ajan moderniin tehokkaaseen satamaan verrattuna. Kuljetusmuotojen integroinnilla tarkoitetaan sitä, että koko kuljetusjärjestelmä tuottajalta asiakkaalle on suunniteltu siten, että se toimii kokonaisuutena tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Kontit ovat klassinen esimerkki tästä, mutta myös irtolastissa voidaan käyttää monia toimintaa nopeuttavia pakkauskäytöksiä kuten suuria säkkejä. Varastojen optimointi on monella tapaa skaalaetujen vastainen periaate. Monilla teollisuuden aloilla suurimmat tarvittavat kuljetukset ovat huomattavasti pienempiä kuin mitä suuret alukset kykenevät kuljettamaan. Tämä johtaa siihen, että käytettävä aluskoko on kompromissi juuri skaalaetujen ja varastojen optimoinnin kannalta. (Stopford 2009, 424–427.)

Vielä eräs operointiin suuresti vaikuttava asia on tuottavien päivien suhde tuottamattomiin päiviin. Tuottavia päiviä ovat ne päivät, joina alus purjehtii merellä lastattuna. Kaikki muut päivät ovat tuottamattomia päiviä. Näitä ovat esimerkiksi ilman rahtia purjehtiminen ja satamassa oleminen. (Stopford 2009, 244–245.) Tähän suhteeseen vaikuttaa luonnollisesti jo edellä mainittu aika satamassa, mutta toinen asiaan runsaasti vaikuttava seikka on matkan pituus. Lyhyillä matkoilla tulee väijäämättä tuottaviin päiviin verrattuna enemmän tuottamattomia päiviä satamassa, koska satamatoiminnot ovat luonnollisesti yhtä nopeita tai hitaita riippumatta merellä vietetystä ajasta. Tämä johtaa siihen, että

pidemmillä matkoilla alus on vääjäämättä tuottavampi. Tämä on keskeinen havainto tuotavuutta analysoitaessa.

Tämän tutkielman puitteissa tullaan tekemään kolme erilaista toimintaa liittyvää skenaariota, jotta miehittämättömän ja konventionaalisen aluksen eroja voidaan eritellä helpommin. On todennäköistä, että kustannusrakenteet alustyyppien välillä saattavat vaihdella suurestikin erilaisissa operationaalisissa skenaarioissa. Skenaariot tulevat kuvastamaan äärimmäisiä toimintaa liittyviä eroja. Yhdessä skenaarioista suoritetaan pidempää matkaa ja toisessa lyhyttä matkaa. Kolmas skenaario tulee olemaan näiden kahden väli-muoto. Satamassa vietetty aika oletetaan vakioksi yksinkertaisuuden takia.

Tutkielmassa tehdään myös kolme eri skenaariota nopeudella. Yksi käytettävä nopeus on 14 solmua, joka on myös käytettävän aluksen suunnittelunopeus. Toinen nopeus on 12 solmua, joka on alle suunnittelunopeuden ja kolmas 16 solmua, joka on yli sen. Näin voidaan tarkastella polttoaineen kulutuksen ja vuodessa tehtyjen matkojen välistä suhdetta.

3.4 Teknologisten muuttujien analysointi

Kuten aiemmin on todettu teknologian kehittymistä ja käyttöönottoa on äärimmäisen vaikea ennustaa. Tämän takia tässä tutkielmassa tullaan luomaan kolme mahdollista skenaariota miehittämättömien alusten tekniikan kehitykselle ja käyttöönotolle.

Positiivisimmassa skenaariossa oletetaan, että miehittämättömien alusten tekniikka kehittyy nopeasti ja jo vuonna 2020 on mahdollista rakentaa luotettava ja täysin ilman miehistöä toimiva autonominen alus, jonka lainsäädäntö sallii. Tällainen skenaario on kirjallisuuskatsauksen perusteella erittäin epätodennäköinen, mutta kuitenkin mahdollinen. Tämän skenaarion alus olisi AAWA-projektin konseptin mukainen. Siinä ei olisi tiloja miehistölle lainkaan ja näin alus kykenisi kuljettamaan hieman enemmän rahtia kuin konventionaalinen alus, tai vaihtoehtoisesti se kuluttaisi vähemmän polttoainetta. Myös sen luotettavuus ja huoltokustannukset olisivat konventionaalista alusta alemmat. Voidaan olettaa, että tällaisen aluksen hankintahinta olisi kuitenkin aluksi konventionaalisen aluksen hankintahintaa suurempi.

Neutraalissa skenaariossa siirtymä täysin miehittämättömään alukseen oletetaan oleva vaiheittainen. Tämä on kirjallisuuskatsauksessa eniten esille tullut vaihtoehto. Alus kykenisi aluksi suorittamaan rutiininomaisia tehtäviä itsenäisesti, mutta laivalla olisi siitä huolimatta aina jonkin verran miehistöä paikalla, lainsäädännöllisistä ja teknisistä syistä, valmiina suorittamaan vaativampia tehtäviä. Voidaan olettaa, että tällaisen aluksen las-tinkantokyky ja polttoaineen kulutus eivät olisi merkittävästi konventionaalista alusta parempia. On kuitenkin mahdollista, että miehityskustannuksissa voitaisiin säästää, koska

alus ei tarvitsisi nykyistä minimimiehistöä suoriutuakseen turvallisesti tehtävistään. Minimimiehistöä ei suoraan säädetä missään, joten tämä seikka antaa joustovaraa. Alus kuitenkin tultaisiin tekniikan ja lainsäädännön kehittyessä muuttamaan täysin miehittämättömäksi elinkaaren aikana. Tällöin lastinkantokyky tai polttoainetaloudellisuus parantuisivat ainakin jonkun verran konventionaaliseen alukseen verrattuna.

Negatiivisessa skenaariossa alun oletetaan sujuvan aivan kuten neutraalissakin skenaariossa, mutta harppausta täysin miehittämättömään alukseen ei tehdä missään vaiheessa. Näin ollen alus jatkaa osittain miehittettynä hybridinä tarkasteluajan loppuun asti.

4 LASKENTAMALLI

Irtolasti on lastia, jota kuljetetaan suurina laivakuormina kustannusten säästämiseksi. Tässä tutkielmassa keskitytään erityisesti homogeeniseen kuivalastiin, jonka erityispiirre on se, että sitä voidaan käsitellä helposti automatisoidulla välineistöllä. Esimerkkejä homogeenisesta kuivalastista ovat vilja ja kivihiili. Tämä on irtolastin yksinkertaisin muoto, ja automatisoidun käsittelyn sekä usein helpon säilytyksen ansiosta, sen on oletettu olevan ensimmäinen miehittämättömissä aluksissa kuljetettava lastin muoto. (Stopford 2009, 419; MUNIN 2016, 2.) Seuraavissa alaluvuissa käsitellään keskeiset homogeenisen irtolastin kuljetuksen kustannusajurit.

4.1 Kustannusajurien määrittely

Aluksen kokonaiskustannukset jaotellaan usein viiteen eri kategoriaan (Stopford 2009, 221.), jotka ovat:

- toimintakustannukset,
- huoltokustannukset,
- matkakustannukset,
- pääomakustannukset ja
- lastinkäsittelykustannukset.

Usein kustannukset on vielä tapana jakaa aluksen kuolleella painolla. Tämä on looginen tapa mitata kustannuksia, koska tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman alhaiset yksikkökustannukset määriteltyä yksikköä kohti. Irtokuivalastialuksen tapauksessa kuollut paino on mielekäs tapa kohdistaa kustannukset. Näin määriteltynä kokonaiskustannusfunktioksi saadaan,

$$KK = (OK + HK + MK + PK + LK) \div KP$$

Kaava 1 Aluksen kokonaiskustannusfunktio (Stopford 2009, 223)

jossa:	KK	=	kokonaiskustannukset kuollutta painoa kohti
	OK	=	toimintakustannukset
	HK	=	huoltokustannukset
	MK	=	matkakustannukset
	PK	=	pääomakustannukset
	LK	=	lastinkäsittelykustannukset
	KP	=	aluksen kuollut paino

Yllä esitelty kaava muodostaa aluksen kokonaiskäyttökustannukset, mutta todellisuudessa kustannukset koostuvat vielä pienemmistä osakokonaisuuksista. Seuraavissa luvuissa eritellään kaikki kustannukset, joista yllä olevan kaavan osat koostuvat. Kaikki esitellyt arvot ovat vain suuntaa antavia ja voivat vaihdella suurestikin aluksesta riippuen.

Toimintakustannukset voidaan jakaa viiteen eri osaan: miehityskustannuksiin, kulutustavaroihin, korjaus- ja huoltokustannuksiin, vakuutukseen ja hallintoon. Näin eriteltynä aluksen Toimintakustannusfunktioksi saadaan:

$$OK = M + KT + KH + V + H$$

Kaava 2 Toimintakustannusfunktio (Stopford 2009, 226)

jossa:	OK	=	toimintakustannukset
	M	=	miehityskustannukset
	KT	=	kulutustavaroiden kustannukset (consumables)
	KH	=	korjaus- ja huoltokustannukset
	V	=	vakuutusmaksut
	H	=	hallintokustannukset

Toimintakustannukset ovat siis aluksen päivittäiseen toimintaan liittyviä kustannuksia. Toimintakustannukset ovat tyypillisesti noin 14 prosenttia aluksen kokonaiskustannuksista. Toimintakustannukset myöhemmin eriteltävistä matkakustannuksista erottaa se, että Toimintakustannukset eivät ole suoraan riippuvaisia tehdystä matkasta. (Stopford 2009, 226.)

Miehityskustannuksia ovat kaikki suorat ja epäsuorat kustannukset, jotka liittyvät aluksen miehittämiseen. Joissakin tapauksissa miehityskustannukset saattavat olla jopa puolet toimintakustannuksista. Minimimiehityksen määrittelee usein lippuvaltion lainsäädäntö. (Stopford 2009, 226–227.)

Kulutustavarat ovat toinen merkittävä toimintakustannusten osa. Kulutustavaroilla tarkoitetaan asioita kuten voiteluöljyjä ja varaosia. Nämä kustannukset ovat usein noin kymmenen prosentin luokkaa toimintakustannuksista. Laivojen suuret dieselmoottorit saattavat kuluttaa jopa satoja litroja voiteluöljyä päivässä. (Stopford 2009, 229.)

Korjaus- ja huoltokustannukset voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan. Näitä ovat rutiininomaiset huoltotoimenpiteet, aluksen hajoamiset ja varaosat. Rutiininomaisilla huoltotoimenpiteillä tarkoitetaan huoltotoimenpiteitä, jotka voidaan suorittaa normaalin operoinnin lomassa. Esimerkkejä tällaisista toimista ovat moottorin huoltaminen ja rungon maalaaminen niiltä osin kun se voidaan merellä tehdä. Hajoamiskustannukset puolestaan ovat yllättäviä tekniikan pettämisestä johtuvia kustannuksia. Nämä sisältävät muun muassa korjaustelakan laskun ja menetetyt ajan kustannuksen. Korjaus- ja huolto-

kustannukset vaihtelevat suuresti aluksesta riippuen. Pääsääntöisesti korjaus- ja huoltokustannukset kasvavat voimakkaasti aluksen iän myötä. Tyypillisesti kustannukset ovat kuitenkin noin 15 prosenttia toimintakustannuksista. (Stopford 2009, 229–230.)

Vakuutuskustannukset vaihtelevat suuresti eri alusten välillä. Vakuutus koostuu itse aluksen vakuuttamisesta ja vakuutuksesta, jolla korvataan mahdolliset kolmansille osapuolille aiheutuneet haitat. Näiden lisäksi varustaja voi ottaa muita vapaaehtoisia vakuutuksia halutessaan. (Stopford 2009, 230.)

Hallintokustannuksia ovat luonnollisesti kaikki aluksen ja yrityksen hallintoon liittyvät kustannukset. Nämä vaihtelevat luonnollisesti erittäin paljon eri yritysten välillä. (Stopford 2009, 231.) Pienellä yrityksellä hallintokustannukset voivat olla hyvinkin pienet, mutta toisaalta ne jakautuvat usein myös vain muutaman aluksen kesken. Suuremmalla yrityksellä hallintokustannukset voivat olla erittäin suuri erä, mutta samalla kustannukset jakautuvat useiden alusten välillä.

Huoltokustannukset (HK) ovat aluksen määräaikaishuoltoihin ja -katsastuksiin liittyviä kustannuksia. Alus on katsastettava määrättyin väliajoin, jotta sitä saa käyttää kaupallisessa meriliikenteessä. Nämä katsastukset saattavat olla hyvinkin kalliita etenkin vanhemmille aluksille, koska kaikki puutteet ja viat on korjattava ennen kuin alus voidaan julistaa merikelpoiseksi. (Stopford 2009, 231.)

Matkakustannukset ovat matkan aiheuttamat muuttuvat kustannukset. Matkakustannusten pääkomponentit ovat polttoaine, satamamaksut, luotsaus ja kanavamaksut. Näiden komponenttien avulla matkakustannusfunktio voidaan määritellä seuraavasti:

$$MK = P + S + L + K$$

Kaava 3 Matkakustannusfunktio (Stopford 2009, 232)

jossa:	MK	=	matkakustannukset
	P	=	polttoaine (PK*polttoaineen hinta)
	S	=	satamamaksut
	L	=	luotsausmaksut
	K	=	kanavamaksut

Polttoainekustannukset ovat matkakustannusten suurin osa. Polttoainekustannukset ovat helposti noin puolet matkakustannuksista. Polttoainekustannuksissa on kuitenkin suuria eroja alusten välillä. Kulutukseen vaikuttaa suuresti aluksen ominaisuudet. Vanhoissa aluksissa oli usein turbiinimoottoreita, joiden ansiosta alukset saavuttivat suuria nopeuksia, mutta kuluttivat usein myös paljon polttoainetta. 1970-luvun öljykriisin jälkeen alusten taloudellisuuteen alettiin kiinnittää enemmän huomiota. Modernit matalalla kierroslukualueella käyvät dieselmoottorit ovat huomattavasti vanhoja turbiinikäyttöisiä

voimanlähteitä taloudellisempia. Myös rungon karheus ja siihen kiinni kasvanut vesieliöstö vaikuttavat suuresti polttoaineen kulutukseen. Hyvin huollettu runko saattaa pienentää polttoaineenkulutusta ja kasvattaa nopeutta merkittävästikin. (Stopford 2009, 233–234.)

Polttoaineen kulutus riippuu luonnollisesti myös nopeudesta. Alukset suunnitellaan yleensä johonkin tiettyyn nopeuteen (nimellinen nopeus), ja ilmoitettu hetkellinen polttoaineen kulutus pitää paikkansa luonnollisesti vain tässä nopeudessa. Polttoaineen kulutus muissa nopeuksissa voidaan arvioida juurisäännön avulla. Polttoaineen kulutus muuttuu säännön mukaan voimakkaasti nopeuden muutokseen verrattuna. Matemaattisesti ilmaistuna sääntö näyttää seuraavalta:

$$PK = IPK * \left(\frac{N}{TN}\right)^a$$

Kaava 4 Polttoaineenkulutusfunktio (Stopford 2009, 234)

jossa:	PK	=	todellinen polttoaineen kulutus
	IPK	=	ilmoitettu polttoaineen kulutus
	N	=	nimellinen nopeus
	TN	=	todellinen nopeus
	a	=	vakio, joka on noin kaksi turbiinimoottoreille ja noin kolme dieselmoottoreille

Kaavasta voidaan huomata, että polttoaineen kulutus on erittäin voimakkaasti todellisesta nopeudesta riippuvainen. Tämä onkin johtanut viime vuosina yleistyneeseen hitaiden nopeuksien käyttämiseen polttoaineen säästämiseksi (Tezdogan, Incecik, Turan & Kellett 2016, 1659). Näyttäisi siltä, että ensimmäiset autonomiset alukset olisivat muutenkin hitaampia kuin konventionaaliset (Kongsberg Maritime 2017).

Satamamaksut ovat luonnollisesti satamien perimiä maksuja sataman ja sen palveluiden käyttämisestä. Satamamaksut ja niiden perimisen perusteet vaihtelevat suuresti. Usein niitä peritään lastitonien mukaan. Luotsauskustannukset ovat luonnollisesti käytettyjen luotsauspalvelujen perimiä maksuja. Kanavamaksut ovat kaikki kanavien käytöstä johtuvat kustannukset. (Stopford 2009, 235–236.) Tämän tutkielman puitteissa kanavamaksuja ei tarvita koska tutkittavalla merialueella ei ole kanavia. Yleistettävyyden kannalta kanavamaksuilla ei myöskään ole merkitystä, koska voidaan olettaa, että ne olisivat samat miehitylle ja miehittämättömälle.

Lastinkäsittelykustannukset ovat merkittävä osa kokonaiskustannuksista ja niiden optimointi on merkittävä osa-alue onnistuneen aluksen suunnittelussa. Lastinkäsittelykus-

tannuksiin kuuluu kaikki lastaamiseen ja purkamiseen liittyvät kustannukset. Tämän lisäksi lastinkäsittelykustannuksiin voi sisältyä muitakin maksuja. Kaavan muodossa ilmaistuna lastinkäsittelykustannukset ovat siis:

$$LK = L + P + MU$$

Kaava 5 Lastinkäsittelykustannusfunktio (Stopford 2009, 236)

jossa:	LK	=	lastinkäsittelykustannukset
	L	=	lastauskustannukset
	P	=	purkamiskustannukset
	MU	=	muut lastinkäsittelykustannukset

Tässä tutkielmassa ei kuitenkaan huomioida lastinkäsittelykustannuksia kahdesta syystä. Ensimmäinen syy on se, että lastinkäsittelykustannuksiin vaikuttaa paljon myös satamainfrastruktuuri, mikä on tämän tutkielman tarkastelun ulkopuolella. Toinen syy on se, että lastinkäsittelykustannuksien huomiotta jättäminen auttaa yksinkertaistamaan laskentamallia huomattavasti ja näin mallissa voidaan keskittyä paremmin muihin suurempiin kustannuseriin.

Kustannusfunktion viimeinen osa on pääomakustannukset. Pääomakustannukset näkyvät yhtiön rahavirrassa kolmella tavalla. Ensimmäinen pääomakustannuserä on itse aluksen osto. Toinen erä on pankeille tai investoijille lainasta tai pääomasta maksettavat korot. Kolmas erä on taas aluksen myymisestä saatava maksu. Pääomakustannuksissa voi olla suuria eroja riippuen siitä, miten aluksen ja toiminnan rahoitus on järjestetty. (Stopford 2009, 236–237.) Tästä johtuen ei ole mielekästä esittää tässä kohtaa yleistävää pääomakustannusfunktiota, vaan pääomakustannukset otetaan huomioon laskelmissa tarpeen mukaan. Laskennassa käytettävät tavat selvitetään tarkasti luvuissa 4.3–4.4.

4.2 Hypoteettinen case

Tutkielmassa tutkitaan konventionaalisen ja miehittämättömän irtolastialuksen kustannusrakenteiden eroja Itämeren ympäristössä. Tutkittavat matkat vaihtelevat 250 ja 1000 merimailin välillä. Nämä ovat tyypillisiä matkoja Itämerellä (SEA-DISTANCES.ORG 2017). Tutkittava alus on handysize-kokoinen irtolastialus, jolla on oma lastinkäsittelylaitteisto ja joka kykenee operoimaan pääasiassa ilman jäänmurtaajien apua. Tämän ominaisuuden ja mallin yksinkertaistamisen vuoksi jääolojen vaikutusta ei huomioida ollenkaan tutkielmassa. Tämä ei luonnollisesti ole täysin realistista, mutta koska tutkielman tarkoitus ei ole tuottaa tarkkoja kustannusarvioita vaan suuntaa antavia tietoja eri alus-

tyyppien eroista, tämä on hyväksyttävä yksinkertaistus. Alus operoi Itämerellä matkarahausperiaatteella, ja varustamo omistaa aluksen ja operoi itse aluksella sekä hankkii sille rahoituksen.

Varustamo tekee investoinnin vuonna 2020 ja operoi aluksella vuosina 2021–2040. Vuoden 2040 lopuksi alus myydään. Rahoitus hoidetaan siten, että koko alus rahoitetaan lainalla, jota lyhennetään tasaerinä siten, että koko laina on maksettu takaisin viidessä vuodessa (mukaiillen Stopford 2009, 286). Laskelmissa oletetaan, että alus kulkee samaa reittiä edestakaisin koko tämän ajan 350 päivää vuodessa. Vuoden muina päivinä alus ei liikennöi vaan on esimerkiksi huollossa (mukaiillen Greiner 2014, 17). Matkanopeus ja satamassa vietetty aika oletetaan vakioiksi koko tarkastelujakson ajaksi. Vuonna 2030 alukseen tehdään suurempi päivitys. Nämä kaikki oletuksen pätevät myös miehittämättömälle alukselle, ellei muutoin mainita.

Keskeistä on se, että tutkielmassa käsitellään vain kustannuksia. Tuloja ei huomioida mitenkään, vaikka laskentamalli ne pystyisikin laskemaan. Syy tähän valintaan on se, että luotettavaa tietoa rahtihinnoista on vaikea saada ja mikäli alusten rahdinkantokyvyt oletetaan samoiksi, kuten tässä tutkielmassa tehdään, niin ainoat erot tulevat kustannuksista. Näin ollen kannattavampi alustyyppe on se, minkä kustannukset ovat alemmat.

Mallissa on kolme eri skenaariota tulevaisuuden kehityssuunnalle, suoritettavalle merimatikalle, nopeudelle ja miehittämättömän aluksen teknisiä seikkoja koskevalle kehitykselle. Näitä yhdistämällä saadaan yhteensä 81 erilaista mahdollista skenaariota. Mahdolliset konversiot ja suuremmat aluksen elinkaaren puolenvälin päivitykset tehdään vuoden 2030 lopussa.

4.3 Mallin rakenne

Tutkielmassa kehitetty laskentamalli laskee konventionaalisen ja miehittämättömän irtolastialuksen operointiin ja omistamiseen liittyvät kustannukset 20 vuoden jakson ajalta. Aluksi selitetään mallin parametrit ja muuttujat. Tämän jälkeen kerrotaan itse laskennan logiikka ja lopuksi avataan mallin antamia tuloksia ja niiden tulkitsemista.

4.3.1 Parametrit

Laskentamallin parametrit ovat lähtöarvoja, joita ei kyseenalaisteta eri skenaarioissa. Nämä ovat arvoja joihin kaikki muut laskelmassa käytettävät arvot perustuvat. Laskentamallin parametrit ovat:

- konventionaalisen aluksen miehityskustannukset vuodessa
- konventionaalisen aluksen kulutustavarakustannukset vuodessa

- konventionaalisen aluksen korjaus- ja huoltokustannukset vuodessa
- konventionaalisen aluksen vakuutuskustannukset vuodessa
- konventionaalisen aluksen hallintokustannukset vuodessa
- konventionaalisen aluksen vuosittaiset katsastus ja telakointikulut vuodessa
- konventionaalisen aluksen puolenvälin päivityskustannus
- ULSFO (*ultra-low sulphur fuel oil*) polttoaineen hinta (päävoimanlähteiden käyttämä matalarikkinen polttoaine)
- MDO (*marine diesel oil*) polttoaineen hinta (apuvoimanlähteiden käyttämä polttoaine)
- korkokanta
- konventionaalisen aluksen hinta
- konventionaalisen ja miehittämättömän aluksen kuollut paino
- konventionaalisen aluksen lastinkantokyky
- konventionaalisen aluksen nimellinen nopeus
- konventionaalisen aluksen polttoaineen kulutus ilmoitetulla nopeudella
- apumoottorien ilmoitettu kulutus
- aluksen vuodessa liikenteessä olevat päivät
- aika jonka alus viettää satamassa matkan kummassakin päässä
- satamakustannusten lastimaksu rahtitonnia kohden

Kaikki muuttujat merimatkan pituutta lukuun ottamatta on saatu kertomalla nämä luvut kertoimella, joka kuvastaa kyseisen muuttujan suuruutta kyseisessä skenaariossa. Parametrit ovat siis tällä hetkellä saatavilla olevaan faktatietoon perustuvia arvoja, joita ei tarvitse arvailla.

4.3.2 *Tulevaisuuden kehityksen muuttujat*

Tulevaisuuden kehitykseen liittyvät muuttujat ovat muuttujia, jotka vaikuttavat sekä konventionaalisen että miehittämättömän aluksen kustannuksiin. Tulevaisuuden kehitykseen liittyvät muuttujat ovat:

- miehityskustannusten kehittymisen kerroin
- kulutustavaroiden kustannusten kehittymisen kerroin
- korjaus- ja huoltokustannusten kehittymisen kerroin
- vakuutuskustannusten kehityksen kerroin
- hallintokustannusten kehityksen kerroin
- satamakustannusten kehityksen kerroin
- vuosittaisten huolto- ja telakointikustannusten kehityksen kerroin
- polttoaineen hinnan kehityksen kerroin

- aluksen arvon kerroin tarkastelujakson lopuksi

Nämä muuttujat ovat kertoimia, jotka kertovat kuinka suuret kyseiset kustannukset ovat tarkastelujakson lopulla parametreihin verrattuna. Kustannukset voivat myös laskea, jolloin kertoimen arvo on alle yksi. Laskentamallissa kulut muuttuvat lineaarisesti vuosi vuodelta kunnes saavuttavat kertoimen mukaisen arvon tarkastelujakson lopussa.

4.3.3 Merimatkan muuttujat ja nopeuden skenaariot

Merimatkan ainoa muuttuja on sen pituus. Tällä on keskeinen vaikutus kustannusrakenteeseen. Tälle muuttujalle on kolme eri arvoa: lyhyt Suomen kotimaanliikennettä kuvaava 250 merimailin matka, hieman pidempi Etelä-Suomen ja Pohjanlahden välistä reittiä kuvaava 500 merimailin matka ja vielä pidempi Suomen ja Norjan välistä reittiä kuvaava 1000 merimailin matka.

Nopeuden muuttuja on luonnollisesti aluksen todellinen nopeus, joka voi siis olla eri kuin nimellinen nopeus. Tälle on myös kolme mahdollista arvoa: yksi nopeus on alle ilmoitetun nopeuden, toinen on nimellinen nopeus ja kolmas yli ilmoitetun nopeuden.

4.3.4 Miehittämättömän aluksen tekniikkaan liittyvät muuttujat

Miehittämättömän aluksen tekniikkaan liittyvät muuttujat ovat siis muuttujia jotka riippuvat siitä kuinka edistyksellinen miehittämätön alus on konventionaaliseen verrattuna. Nämä muuttujat ovat:

- aluksen hinnan kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- lastinkantokyky konventionaaliseen alukseen verrattuna
- lastinkantokyky mahdollisen konversion jälkeen konventionaaliseen alukseen verrattuna
- päävoimanlähteen kulutuksen kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- päävoimanlähteen kulutuksen kerroin mahdollisen konversion jälkeen konventionaaliseen alukseen verrattuna
- apuvoimanlähteiden kulutuksen kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- apumoottorien kulutuksen kerroin mahdollisen konversion jälkeen konventionaaliseen alukseen verrattuna
- miehityskustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- miehityskustannuksien kerroin mahdollisen konversion jälkeen konventionaaliseen alukseen verrattuna
- kulustavaroiden kulutuksen kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna

- korjaus- ja huoltokustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- vakuutuskustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- hallintokustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- satamakustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- vuosittaisten telakointi- ja katsastuskustannusten kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna
- puolenvälin päivityksen hinnan kerroin konventionaaliseen alukseen verrattuna

Kaikki muuttujat ovat tässäkin muuttujaryhmässä parametrien kertoimia. Toisin kuin tulevaisuuteen liittyvät muuttujat nämä ovat kuitenkin samat koko laskenta-ajan läpi, koska alus ei luonnollisesti muutu vuosi vuodelta erilaiseksi. Tekijät, jotka muuttuvat aluksen elinkaaren aikana on jaoteltu omiksi muuttujikseen. Esimerkki tällaisesta on las-tinkantokyvyn tai polttoaineen kulutuksen muuttuminen mahdollisen konversion yhteydessä.

4.3.5 *Laskentamallin toteutus*

Laskentamalli toteutettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Skenaariot-sivulla on listattu kaikkien eri skenaarioiden mahdolliset muuttujat. Tältä sivulta malli hakee laskutoimitusten suorittamiseen vaadittavat kertoimet. Syötteet-sivulla on parametrit ja valitun skenaarion muuttujat. Skenaario valitaan yksinkertaisesti syöttämällä skenaariolle annettu tunnus sille varattuun soluun tiivistelmä-sivulla. Tunnus on luku yhdestä kolmeen. Syötteet-sivulta itse varsinainen laskentamalli hakee suoritettavaan laskelmaan vaadittavat parametrit ja muuttujien kertoimet.

Itse laskentamalli suorittaa laskemisen 20 vuoden ajanjaksolta soveltamalla Stopfordin (2009, 253) esittelemiä matkakustannuslaskelmia (*voyage cashflow analysis*) ja vuosikustannuslaskelmia (*annual cashflow analysis*) soveltuvilta osin. Varsinainen laskenta tapahtuu vuosikustannuslaskentamenetelmällä, mutta monia apumuuttujia joudutaan laskemaan aluksi matkakustannuslaskelman avulla ennen kuin kustannukset nostetaan vuositasonalle. Tämä johtuu siitä, että monet muuttujat muuttuvat suhteessa toisiinsa melko monimutkaisesti esimerkiksi nopeudesta riippuen.

Vuosikustannuslaskentamenetelmässä on tarkoitus selvittää kunkin vuoden nettotulos ja tämän avulla myös kumuloituva kassavirta ja tilin lopullinen rahamäärä kunkin vuoden lopussa (Stopford 2009, 257). Tässä tutkielmassa laskenta on toteutettu siten, että ensimmäisellä rivillä on tilin saldo vuoden alussa. Tämä on sama kuin tilin saldo edellisen vuoden lopussa. Nämä ovat luonnollisesti negatiivisia arvoja, koska tuloja ei huomioida.

Tämän jälkeen lasketaan yritykseen tulevat rahavirrat. Näitä ovat tässä tutkielmassa aluksen rahoitusta varten saatu laina ja aluksen myynnistä saatavat varat. Näin saadaan

kunkin vuoden tulot. Saatu laina saadaan vuonna 2020 ja se on täsmälleen aluksen arvon suuruinen. Aluksen myynnistä saatavat varat taas saadaan vuonna 2040. Aluksen myynnistä saatavat varat lasketaan kertomalla aluksen alkuperäinen arvo aluksen jäännösarvoa kuvaavalla kertoimella ja miehittämättömän aluksen tapauksessa aluksen alkuperäistä arvoa kuvaava parametri tulee vielä lisäksi kertoa miehittämättömän aluksen hintaa kuvaavalla kertoimella. Liiketoiminnasta saatavia tuloja ei huomioida luvussa 4.2 selvennyistä syistä.

Kaikki seuraavat rivit kuvaavat yrityksestä poistuvia varoja. Nämä rivit voidaan jakaa toimintakustannuksiin, matkakustannuksiin, katsastus- ja huoltokustannuksiin sekä pääomakustannuksiin. Lastinkäsittelykustannuksia ei tarkastelussa erikseen huomioida. Toimintakustannukset voidaan jakaa vielä miehityskustannuksiin, kulutustavarakustannuksiin, korjaus- ja huoltokustannuksiin, vakuutuskustannuksiin ja hallintokustannuksiin. Nämä ovat siis toiminnasta riippumattomia kiinteitä kustannuksia. Nämä kustannukset lasketaan kertomalla parametrien arvo tilanteen vaatimalla kertoimella. Konventionaalisen aluksen tapauksessa luku kerrotaan vain liukuvasti tulevaisuutta kuvaavalla kertoimella, mutta miehittämättömän aluksen tapauksessa kustannus kerrotaan myös tilanteen vaatimilla miehittämättömän aluksen tekniikkaa kuvastavalla kertoimilla.

Seuraava kustannuserä on matkakustannukset. Näiden laskeminen on hieman monimutkaisempi prosessi kuin verrattain suoraviivaisesti laskettavien toimintakustannusten laskeminen. Matkakustannuksia ovat päävoimanlähteiden polttoainekustannukset, apuvoimanlähteiden polttoainekustannukset ja satamakustannukset. Päävoimanlähteen polttoainekustannukset saadaan kertomalla merellä vuodessa vietetyt päivät todellisella polttoaineenkulutuksella merellä vietettyä päivää kohti ja kertomalla tämä vielä polttoaineen hinnalla. Merellä vuodessa vietetyt päivät lasketaan todellisesta nopeudesta, matkan pituudesta ja satamassa vietetystä ajasta. Todellisen polttoaineen kulutus päivää kohti lasketaan taas juurisäännön avulla todellisesta nopeudesta, ilmoitetusta nopeudesta ja ilmoitetusta polttoaineenkulutuksesta. Miehittämättömän aluksen tapauksessa polttoaineenkulutus kerrotaan vielä miehittämättömän aluksen polttoaineenkulutusta kuvaavalla kertoimella. Polttoaineen hinta saadaan kertomalla polttoaineen hinnan parametri polttoaineen hinnan muutosta kuvaavalla kertoimella.

Apuvoimanlähteen kulutus vuodessa lasketaan kertomalla apuvoimanlähteen kulutus päivässä kaikilla päivillä, jotka alus on vuodessa toimintavalmiina. Oletuksena siis on, että apuvoimanlähteet ovat päällä kaiken aikaa. Miehittämättömän aluksen tapauksessa kulutus on vielä kerrottava miehittämättömän aluksen apumoottorien kulutusta kuvaavalla kertoimella. Lopuksi kulutus kerrotaan vielä apuvoimanlähteen polttoaineen hinnan parametrilla ja hinnan muutosta kuvaavalla kertoimella.

Satamakustannukset saadaan kertomalla vuotuiset satamassa käynnit satamassa käynnin hinnalla. Vuotuiset satamassa käynnit lasketaan todellisen nopeuden, merimatkan ja satamassa vietetyn ajan avulla. Satamassa käynnin hinta taas saadaan kertomalla alukseen

lastattava tai aluksesta purettava lastin määrä lastimaksulla. Lastimaksu saadaan taas kertomalla lastimaksun parametri satamamaksujen muutosta kuvaavalla kertoimella. Miehitämättömän aluksen tapauksessa lastimaksu on vielä lisäksi kerrottava miehitämättömän aluksen lastimaksuja kuvaavalla kertoimella. Satamamaksuihin vaikuttaa luonnollisesti myös joissakin skenaarioissa tapahtuva miehitämättömän aluksen mahdollisesti suurempi lastinkantokyky. Oletuksena on, että alus operoi aina maksimilastilla.

Katsastus- ja huoltokustannukset jaetaan vuotuisiin katsastus-, telakointi-, ja huoltokustannuksiin sekä suurempaan aluksen elinkaaren puolella välissä tehtävään päivitykseen. Vuotuiset katsastus-, telakointi-, ja huoltokustannukset saadaan kertomalla niitä kuvaava parametri niiden hintojen muutosta kuvaavalla kertoimella. Miehitämättömän aluksen tapauksessa tämä kustannus tulee vielä kertoa miehitämättömän aluksen näitä kustannuksia kuvaavalla kertoimella. Puolenvälin päivityskustannus taas saadaan kertomalla sitä kuvaava parametri sitä vastaavilla kertoimilla aivan kuten vuotuiset katsastus-, telakointi-, ja huoltokustannukset. Ainoa ero on, että puolenvälin päivityskustannus ilmenee vain vuoden 2030 lopussa.

Pääomakustannuksia ovat aluksen hankinta, lainan lyhennys ja lainan koron maksu. Aluksen ostohinta on luonnollisesti aluksen hintaa kuvaava parametri. Miehitämättömän aluksen tapauksessa tämä hinta kerrotaan vielä miehitämättömän aluksen hintaa kuvaavalla kertoimella. Laina on aluksi koko aluksen hinnan suuruinen. Lainaa aletaan lyhentää vuodesta 2021 alkaen tasaerinä siten, että viimeinen erä maksetaan vuonna 2025. Tämä on melko lyhyt takaisinmaksuaika, mutta Stopfordin (2009, 286) mukaan tällainenkin toiminta on alalla tyypillistä. Maksettava korko lasketaan siten, että edellisen vuoden lopussa oleva maksamaton laina kerrotaan kyseessä olevan vuoden korkokannalla. Kunkin vuoden korkokanta saadaan laskettua kertomalla korkokantaa kuvaava parametri korkokannan kehitystä kuvaavalla kertoimella.

Kuvattujen laskutoimitusten jälkeen lisäämällä tulot ja menot toisiinsa saadaan kunkin vuoden nettotulos. Kun edellisen vuoden lopussa oleviin varoihin lisätään vielä tämän vuoden nettotulos, saadaan selville kunkin vuoden lopussa oleva yrityksen varallisuus.

4.3.6 Tulossivu, diskonttaus ja nettonykyarvo

Tulossivulla on esitettyä vuosittainen tulos koko laskenta-ajalta valittujen skenaarioiden arvoilla laskettuna sekä konventionaalille että miehitämättömälle alukselle. Tämä tulos ei kuitenkaan kerro yksinään kovin paljon, koska rahan aika-arvoa ei ole huomioitu.

Seuraavalla rivillä on esitettyä nettotulos nettonykyarvoon diskontattuna. Diskontattu tulos saadaan kertomalla kunkin vuoden nettotulos kunkin vuoden diskonttaustekijällä. Diskonttaustekijän avulla nähdään mikä on kunkin tulevaisuudessa saatavan rahayksikön

arvo nykyhetkellä sovellettaessa tiettyä laskentakorkoa ja investoinnin pitoaikaa. (Kinnunen, Laitinen, Laitinen, Leppilampi & Puttonen 2007, 134.) Kaavan muodossa ilmaistuna diskonttaustekijä on:

$$1/(1 + i)^n$$

Kaava 6 Diskonttaustekijä

jossa: i = laskentakorko eli tuottovaatimus,
 n = investoinnin pitoaika

Näin laskettuna saadaan jokaisella vuodelle nykyarvoon diskontattu tulos ja nämä arvot yhteen laskemalla saadaan myös investoinnin tuotto koko laskenta-ajalta diskontattuna nykyarvoon. Tämä arvo kertoo melko tarkasti, kumpi alustyyppi olisi valittujen skenaarioiden vallitessa kannattavampi sijoitus. Diskonttauskorko on 3,4 %. Tämä perustuu laskelmissa käytettyyn LIBOR (*London Interbank Offered Rate*) korkokantaan. Se on viitekorko, jolla pankit lainaavat varoja toisille pankeille Lontoon pankkienvälisillä rahamarkkinoilla. Valinta esitellään ja perustellaan tarkemmin luvussa 4.4.1. Pohjaoletuksena tässä valinnassa on se, että diskonttauskorkokannaksi voidaan valita parempien arvioiden puutteessa sellainen korko, jonka yritys saisi, jos se laittaisi rahaa pankkitalletukseen (Stopford 2009, 261.). Tämän lisäksi tulossivulla on eri kustannustekijät vuosittain jaoteltuina sekä absoluuttisina lukuina että prosentteina, jotta alusten välisiä kustannusrakenteita olisi helpompi vertailla keskenään.

4.3.7 Tiivistelmä-sivu ja laskentamallin käyttäminen

Tiivistelmä sivulla on kaikki mallin käyttämiseen tarvittava tieto. Valitut skenaariot valitaan skenaariot-valikosta. Valinta tapahtuu syöttämällä skenaarion numero sille varattuun tilaan. Numero on 1, 2 tai 3. Tulevaisuuden skenaario 1 on negatiivisin skenaario ja 3 taas positiivisin. Skenaario 2 on neutraali. Teknologian skenaario 1 on skenaario, jossa vain osittain miehittämätön alus on mahdollinen, skenaario 2 on taas skenaario, jossa osittain miehittämätön muutetaan täysin miehittämättömäksi puolella välissä laskenta-aikaa ja skenaario 3 on skenaario, jossa alus on alusta asti täysin miehittämätön. Matka skenaariossa 1 on 250 merimailia, 2 on 500 merimailia ja 3 on 1000 merimailia. Nopeuden skenaariossa 1 on 12 solmua, 2 on 14 solmua ja 3 on 16 solmua.

Diskontatut kustannukset		
K	A	
-192 516 168	-203 147 734	
Kustannukset kokonaiskustannuksista		
	K	A
OPEX	15 %	10 %
Matka	72 %	76 %
V.Huolto	5 %	5 %
Pääoma	8 %	9 %
Autonomisen aluksen kustannukset konventionaalisen aluksen kustannuksista		
	A	
Total	104 %	
OPEX	74 %	
Matka	109 %	
V.Huolto	100 %	
Pääoma	105 %	
<i>Skenaariot</i>		
Tulevaisuus	2	
Teknologia	2	
Matka	2	
Nopeus	2	

Kuva 7 Havainnollistava kuva laskentamallin tiivistelmäisivusta

Kehystetyssä laatikossa (kuva 7) näkyvät oleellisimmat tiedot kustannuksista. Diskontattu tulos siis kertoo investoinnin nettonykyarvon. Luku on negatiivinen, koska tuloja ei ole huomioitu. Vähemmän negatiivinen luku tarkoittaa siis parempaa vaihtoehtoa. Tämän alla näkyy kunkin alustyyppin kustannusten keskimääräinen jakautuminen kustannustyypeittäin suhteessa kokonaiskustannuksiin. Viimeisenä näkyy vielä miehittämättömän aluksen kustannukset suhteessa konventionaaliseen alukseen. Lisäksi sivulla on myös kuvaajat koko laskenta-ajalta tuloksesta, kumuloituvasta tilin rahatilanteesta, toimintakustannuksista, matkakustannuksista, vuosittaisista huolto- ja katsastuskustannuksista sekä pääomakustannuksista. Myöhemmin tutkielmassa esitetyt kuviot ovat kaappauksia tältä sivulta. Tulosta ja kumuloituvaa rahatilannetta kuvaavissa kuvaajissa kaikki arvot ovat negatiivisia, koska yritykseen liiketoiminnasta tulevia rahavirtoja ei tässä tutkielmassa huomioida; vähemmän negatiivinen arvo on siis näitä kuvaajia tulkittaessa parempi.

4.4 Skenaarioiden kuvaukset sekä käytetyt parametrit ja muuttujat

Laskentamallin muuttujat on jaoteltu neljään osioon, jotka ovat: tulevaisuuden kehitys, alukseen ja teknologian kehitykseen vaikuttavat muuttujat, suoritettava merimatka sekä aluksen nopeus. Kullekin muuttujaryhmälle on annettu kirjallisuuskatsauksen perusteella mahdolliset skenaariot: yksi negatiivinen, yksi neutraali ja yksi positiivinen skenaario. Nämä on vastaavasti nimetty S1, S2 ja S3. Näitä yhdistelemällä saadaan yhteensä 81 erilaista mahdollista vastausta. Seuraavissa alaluvuissa esitellään kunkin muuttujaryhmän muuttujat ja annetaan luvuissa 2 ja 3 käydyin kirjallisuuskatsauksen ja analyysin sekä luvussa 4.1 määriteltyjen kustannusajurien avulla kertoimet näille muuttujille. Taulukossa 2 on esitetty tiivistetysti eri skenaariot.

Taulukko 2 Skenaarioiden kuvaukset

	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Tulevaisuus	negatiivinen	neutraali	positiivinen
Teknologia	alus on koko tarkastelujakson osittain miehittämätön	alus muutetaan täysin miehittämättömäksi tarkastelujakson puolella välissä	alus on koko tarkastelujakson täysin miehittämätön
Matka	250 merimailia	500 merimailia	1000 merimailia
Nopeus	12 solmua	14 solmua	16 solmua

4.4.1 Perusolettamukset (parametrit)

Korkokantana käytetään tässä tutkielmassa LIBOR 12kk -korkoa. Syy 12kk koron käyttämiseen on se, että se on useimmiten LIBOR:in eri kannoista korkein. Laskelmissa pankin antamaan lainaan ei oleteta mitään preemiota yksinkertaisuuden vuoksi, mutta korkein mahdollinen LIBOR kompensoi tätä jonkin verran, ja näin tuloksen voidaan olettaa olevan todenmukaisempi. Tämä on kuitenkin melko suoraviivainen yksinkertaistus ja tämä on syytä ottaa huomioon tuloksia tulkitessa. Vuosina 2008–2014 LIBOR oli hyvin lähellä nollaa globaalin taantumien takia. Vuodesta 2015 lähtien LIBOR on kuitenkin alkanut hiljalleen nousta. Vuoden 2020 korkotaso oletetaan olevan tämän nousun trendin mukainen. Trendi on laskettu Excel ohjelmistolla lisäämällä lineaarinen trendikuvaaja vuosien 2015–2017 LIBOR dataan. Näin laskettuna LIBOR:in arvo vuonna 2020 on 3,4 %. Tämä on tässä tutkielmassa käytettävä korko vuodelle 2020. (Macrotrends 2017.)

Toimintakulut on saatu siten, että keskiporto handysize-irtolastialuksen päiväkustannukset selvitetiin, ja tämän jälkeen ne jaettiin Stopfordin (2009, 225) mukaan miehitys-, kulutustavara-, korjaus- ja huolto-, vakuutus- ja hallintokustannuksien välillä. OpCost 2014:n mukaan keskimääräiset handysize-irtolastialuksen toimintakustannukset ovat päivässä USD 5 222 (Greiner 2014, 10). Tämä tekee vuodessa USD 1 827 700, jos oletetaan että alus liikennöi 350 päivänä vuodessa. Stopfordin (2009, 225) mukaan miehitys-, kulutustavara-, korjaus- ja huolto-, vakuutus- ja hallintokustannukset jakautuvat irtolastialuksessa keskimäärin vastaavasti prosenttijakaumilla 42 %, 14 %, 16, % 12 % ja 16 %. Näin laskettuna miehitys-, kulutustavara-, korjaus- ja huolto-, vakuutus- ja hallintokustannuksiksi saadaan taulukon 3 mukaiset kustannukset.

Taulukko 3 Tämän tutkielman aluksen toimintakustannukset vuodessa, kun oletetaan, että alus liikennöi 350 päivänä vuodessa

	USD
Miehityskustannukset	767 634
Kulutustavaroiden kustannukset (<i>consumables</i>)	255 878
Korjaus- & huoltokustannukset	292 432
Vakuutuskustannukset	219 324
Hallintokustannukset	292 432

Nämä ovat tämän tutkielman aluksen oletetut toimintakustannukset. Telakointikustannukset ovat vuosittain tämän tyyppiselle alukselle USD 545 029 vuodessa (Greiner 2014, 17). Suuremman puolella välissä aluksen elinkaarta tehtävän päivityksen oletetaan maksavan USD 1 150 000. Tämä on 5 % aluksen hinnasta ja noin kaksi kertaa normaalin vuosittaisen telakointikustannuksen hintainen.

Polttoaineiden hinnaksi oletetaan viimeaikaiset polttoaineiden hinnat. Päävoimanlähteen käyttämän ULSFO:n (*ultra-low sulphur fuel oil*) hinta Itämerellä on viimeaikoina ollut noin USD 450 tonnia kohti. Apuvoimanlähteiden käyttämän MDO:n (*marine diesel oil*) hinta taas on ollut noin USD 550 tonnia kohti. (Bunker Index 2017; Ship & Bunker 2017.) ULSFO on matalarikkinen alusten päävoimanlähteissä käytettävä polttoaine ja MDO on alusten apuvoimanlähteiden käyttämä dieselöljy. On syytä huomata, että polttoaineiden hinnat muuttuvat jatkuvasti, joten hinnat on arvioitu hieman yläkanttiin, jotta tuloksista ei tulisi ainakaan liian positiivisia.

Handysize kokoisen irtolastialuksen hinta on tyypillisesti USD 20 ja 25 miljoonan välissä. Tämän tutkielman aluksen hinnaksi oletetaan USD 23 miljoonaa (mukaiillen Lloyd's 2011, 7). Aluksen kuolleen painon oletetaan olevan 20 000 tonnia. Lastia alus pysty kuljettamaa 18 500 tonnia (mukaiillen Stopford 2009, 752). Aluksen suunnittelunopeus on

14 solmua ja tällä nopeudella sen päävoimanlähde kuluttaa 25 tonnia polttoainetta vuorokaudessa (mukaiillen MAN Diesel & Turbo 2012, 12). Apuvoimanlähde taas kuluttaa 2,5 tonnia dieselöljyä vuorokaudessa (mukaiillen Stopford 2009, 233).

Satamassa alus viettää keskimäärin noin vuorokauden matkan kummassakin päässä. Tämä on havaittu keskiarvo Johnsonin ja Styhren (2015, 173) tekemässä tutkimuksessa, jossa tutkittiin Itämerellä erään yrityksen alusten satama-aikoja. Satamamaksut vaihtelevat paljon sataman mukaan, mutta hyvänä keskiarvona voidaan pitää noin USD 2 aluksen lastitonnia kohden yhden satamakäynnin aikana (Stopford 2009, 235). Vuodessa alus on toiminnassa 350 päivää. Tämä vastaa sekä Stopfordin (2009, 255) kirjassa esitettyjä yleistyksiä että Greinerin (2014, 17) esityksen esitettyjä keskiarvoja handysize-kokoisten irtolastialusten telakointiajoista.

4.4.2 Tulevaisuuden kehitys

Jos alusten kokonaiskustannusten kehitystä katsoo vuosina 1965–2007, niin vaihteluvälillä tahansa 20 vuoden ajanjaksolla on siten, että tarkastelujakson suurin arvo on 1,5–2 kertainen tarkastelujakson matalimpaan arvoon verrattuna. Suurimpien muutosten kohdalla kuitenkin myös polttoaineen hinta on aina tehnyt merkittävän muutoksen. Yleinen trendi on myös ollut kasvava. Mistä tahansa ajankohdasta katsottuna kokonaiskustannukset eivät ole koskaan laskeneet alle 0,75 kertaiseksi tarkastelujakson alkuun nähden. (Stopford 2009, 226.) Näiden havaintojen pohjalta on kohtuullista olettaa, että kustannusten mahdollinen vaihteluväli on 0,75–1,5 kertainen lähtötason hintoihin verrattuna. Kaikki jäljempänä esitellyt kustannusten vaihtelut perustuvat tähän ellei toisin mainita.

Poikkeuksen muodostaa polttoaineen hintojen kehitys. On ennustettu, että negatiivisimmassa tulevaisuuden skenaarioissa polttoaineen hinta saattaa jopa moninkertaistua tulevaisuudessa (Mäkelä ym. 2011, 19). Tämän pohjalta oletetaan, että negatiivisimmassa skenaariossa polttoaineen hinta kolminkertaistuu, neutraalissa kaksinkertaistuu ja positiivisessa pysyy ennallaan.

Pitkällä aikavälillä palkat ovat joustavia ja näin voidaankin olettaa tämän tutkielman puitteissa tehdyssä tarkastelussa, että palkat tulevat seuraamaan talouden ja meriliikenteen kehitystä. Näin oletetaankin, että negatiivisessa skenaariossa, jossa talous jää polkemaan paikalleen, palkat eivät myöskään nousisi. Kerroin on siis 1. Neutraalissa skenaariossa, jossa talous kasvaa hiljalleen palkkojen oletetaan hieman nousevan. Kerroin on 1,25. Positiivisimmassa skenaariossa jossa talous kasvaa voimakkaimmin kertoimeksi oletetaan 1,5.

Kulutustavaroiden sekä korjaus- ja huoltokustannusten kehitystä on vaikea ennustaa tässä tutkielmassa käytettävillä menetelmillä. Näiden muuttujien kertoimen oletetaan siis olevan kaikissa skenaarioissa 1.

Vakuutuskustannuksiin vaikuttaa olennaisesti merikuljetusten vaarallisuus ja varmuus. Negatiivisessa skenaariossa, jossa meriliikenteen tulevaisuus on täynnä uhkakuvia, on mahdollista, että vakuutuskustannukset nousisivat jonkin verran. Kertoimen arvoksi annetaan 1,25. Neutraalissa skenaariossa, jossa mitään merkittävää ei tapahdu, voidaan vakuutuskustannusten olettaa pysyvän entisellä tasollaan. Kerroin on siis 1. Positiivisessa skenaariossa, jossa meriliikenne kehittyy entistä turvallisempaan ja tehokkaampaan suuntaan, on mahdollista, että vakuutuskustannukset saattaisivat jopa laskea hieman. Näin ollen kertoimen arvoksi annetaan 0,75.

Hallintokustannukset liittyvät oleellisesti liiketoiminnan yleiseen sujuvuuteen. Negatiivisessa skenaariossa, jossa kehitetään paljon uutta liiketoimintaa jarruttavaa sääntelyä, on mahdollista, että hallintokustannukset nousisivat jonkin verran. Kertoimen arvoksi annetaan 1,25. Neutraalissa skenaariossa, jossa asiat jatkuvat entiseen malliinsa, ei tapahdu mitään muutosta. Kerroin on siis 1. Positiivisessa skenaariossa, jossa sääntelyä puretaan aktiivisesti ja uusi lainsäädäntö kehitetään liiketoiminnan kannalta edulliseksi, hallintokustannukset saattaisivat hieman laskea. Kertoimen arvoksi annetaan 0,75.

Satamakustannusten tutkimuksessa, eräs keskeinen teema on strateginen hinnoittelu. Tällä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että satamien hinnoittelupolitiikat eivät välttämättä heijastele kustannuksia vaan hinnoittelulla pyritään muihin tarkoituksiin. (Acciaro 2013, 214.) Näin voidaan olettaa, että negatiivisessa skenaariossa, jossa protektionismi on vallitseva politiikka ja lainsäädäntö ovat liiketoimintaa jarruttavaa, saattavat satamakustannukset myös nousta. Kertoimen arvoksi annetaan siis 1,25. Neutraalissa skenaariossa, jossa suuria muutoksi ei odoteta, kertoimen arvoksi annetaan 1. Positiivisessa skenaariossa, jossa avoimuus ja yhteistyö ovat keskeisessä asemassa, oletetaan, että satamakustannukset saattaisivat jopa hieman laskea. Kertoimen arvoksi annetaan 0,75.

Telakointikustannusten kohdalla voidaan olettaa, että niiden taso on vahvasti sidoksissa merenkulun kysyntään. Kun kysyntää on paljon, uusia aluksia tilataan, vanhoja otetaan käyttöön ja näin telakointipalveluiden kysyntä kasvaa myös. Näin oletetaan, että negatiivisessa skenaariossa kustannukset pysyvät nykyisellä tasolla, neutraalissa kasvavat hieman ja positiivisessa eniten. Kertoimet ovat siis 1, 1,25 ja 1,5.

Korkotaso on vahvasti sidoksissa talouden kehitykseen. Kun talous kasvaa rahan tarve kasvaa ja näin myös korot nousevat. Talouden hiipuessa myös rahan tarve pienenee ja korkotaso laskee samalla. (Begg, Fischer & Dornbusch 2008, 456.) Vuoden 2008 talouden romahduksen jälkeen korot ovat olleet ennätyksellisen alhaalla lähes 10 vuotta, mutta vuodesta 2015 eteenpäin on ollut havaittavissa pientä nousun alkua. Tässä tutkielmassa oletetaan, että negatiivisessa skenaariossa korot jämähtävät oletetulle vuoden 2020 tasolle, neutraalissa skenaarioissa korot jatkavat loivaa nousua ja positiivisessa skenaariossa nousu olisi voimakkaampaa. Mikäli tämänhetkinen nousu jatkuisi keskeyttämättömänä vuoteen 2040 asti, olisi LIBOR 12kk vuoden 2040 tammikuussa 14,2 %. Tämä

heijastaisi erittäin voimakasta talouden kiihtymistä ja tätä voidaan pitää positiivisimmassa skenaariossa mahdollisena. Historiallisesti 12 kuukauden LIBOR on käynyt korkeimmillaan 10,6 % vuonna 1989. Neutraalin skenaarion arvo korkokannalle on taas puolet tästä eli noin 7 %. Nämä ovat siis lainan korot tarkastelujakson lopussa. Laina-aika ei kuitenkaan ole näin pitkä, joten todellisuudessa korko lainan viimeisenäkin vuotena on vielä paljon matalampi. Näin ollen korkokantojen kertoimiksi skenaariossa S1, S2 ja S3 saadaan vastaavassa järjestyksessä 1, 2,1 ja 4,2. Nämä korkokannat ovat siis eri kuin eri, kuin aikaisemmin mainittu diskonttauksessa käytettävä laskennallinen korkokanta, joka ei muutu tarkastelujakson aikana, vaan on lähtötason mukainen 3,4 % joka vuosi.

Laskenta-ajan lopuksi alus myydään. Käytettyjen alusten arvo vaihtelee alusten kysynnän mukaan voimakkaasti. Kun meriliikenteen kysyntä on suurta niin myös alusten hinnat nousevat ja alemman kysynnän tilanteissa alusten arvo tippuu voimakkaasti. (Stopford 2009, 202–203) Tässä tutkielmassa oletetaan, että aluksen arvo tippuu keskimäärin 20 % viiden vuoden aikana (mukaillen Stopford 2009, 212). Näin ollen keskimääräisessä tilanteessa vuonna 2040 aluksen arvo olisi noin 20 % alkuperäisestä. Heikommassa tilanteessa se voi olla vain puolet tästä eli 10 % ja vahvassa taas enemmän kuten esimerkiksi 30 %. Nämä ovat tässä tutkielmassa oletetut alusten jäännösarvot. Taulukossa 4 on esitetty tutkielmassa käytettävät tulevaisuuden muuttujien kertoimet.

Taulukko 4 Tulevaisuuden muuttujien kertoimet

	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Miehityskustannukset	1	1,25	1,5
Kulutustavaroiden kustannukset (<i>consumables</i>)	1	1	1
Korjaus- & huoltokustannukset	1	1	1
Vakuutuskustannukset	1,25	1	0,75
Hallintokustannukset	1,25	1	0,75
Satamakustannukset	1,25	1	0,75
Telakointi- & katsastuskustannukset	1	1,25	1,5
Polttoaineen hinta	3	2	1
Korko	1	2,1	4,2
Aluksen jäännösarvo	0,1	0,2	0,3

4.4.3 *Merimatka ja käytettävät nopeudet*

Skenaarion 1 merimatka on Suomen sisäistä liikennettä kuvaava matka. Tilastojen mukaan keskimääräinen matka on 429 kilometriä (Liikennevirasto 2016, 13). Yksinkertaisuuden vuoksi matkan oletetaan olevan 250 merimailia. Toinen merimatka kuvastaisi liikennettä Etelä-Suomesta Perämerelle. Tämän matkan pituudeksi on valittu 500 merimailia. Kolmas matka kuvaa liikennettä Etelä-Suomen ja Norjan välillä. Tämän matkan pituudeksi on valittu 1000 merimailia. Kaikki matkan on tarkistettu likimain todenmukaisiksi SEA-DISTANCES.ORG-sivustolta. (2017).

Nopeuden eri arvot ovat 12, 14 ja 16 solmua. Nämä ovat kaikki realistisia kulkunopeuksia tämän tutkielman hypoteettisen casen ympäristössä. 12 solmun nopeus kuvaa tilannetta jossa hitaammalla nopeudella pyritään säästämään polttoainetta. Tämä on yleinen toimintaperiaate nykyään. 14 solmun nopeus on aluksen suunnittelunopeus ja 16 solmun nopeus kuvastaa suurinta järkevää mahdollista operointinopeutta. Tällainen toiminta saattaa olla kannattavaa, jos rahtihinnat ovat korkealla polttoainehintoihin nähden.

4.4.4 *Alukseen ja teknologian kehitykseen vaikuttavat muuttujat*

Miehittämättömän aluksen hinta verrattuna konventionaalisen aluksen hintaan on keskeisessä asemassa miehittämättömän aluksen taloudellisen suorituskyvyn arvioinnissa. Valitettavasti arviota hinnasta ei juuri ole tehty. Koko AAWA (2016) raportissa ei edes mainita miehittämättömän aluksen mahdollista hintaa. MUNIN projektissa aluksen hintaan on otettu kantaa ja oletetusti hinnan oletetaan olevan korkeampi kuin miehitetyllä aluksella. Hinnan on arvioitu olevan 10 % konventionaalista alusta kalliimpi (MUNIN 2016, 3). Tämä voi kuulostaa melko vähäiseltä, kun ottaa huomioon aluksen rakentamiseen tarvittavat teknologiat. Miehittämättömässä aluksessa on kuitenkin myös elementtejä, jotka on edullisempi valmistaa kuin konventionaalisisessa aluksessa. Esimerkiksi asumistilat ja muut miehistön ylläpitoa varten olevat systeemit puuttuvat täysin miehittämättömästä aluksesta. (Rødseth & Burmeister 2015, 11.) Tässä tutkielmassa käytetään tätä 10 % kalliimpaa hintaa täysin miehittämättömän aluksen hankintahintana. Osittain miehittämättömän aluksen voidaan olettaa olevan, jopa hieman kalliimpi, koska siinä on miehittämättömän aluksen kalliimpi tekniikka ja tämän lisäksi tarpeellinen majoitus ja järjestelmät miehistöä varten. Koska mitään olemassa olevaa arviota tämän tyyppisen aluksen hinnasta ei ole olemassa oletetaan se tässä tutkielmassa 20 % kalliimmaksi. Skenaarioissa 1 ja 2, joissa alus aloittaa toimintansa osittain miehittämättömänä hinta on siis 20 % korkeampi ja skenaariossa 3, jossa alus aloittaa toimintansa täysin miehittämättömänä hinta on vain 10 % kalliimpi. Ohjauskeskuksen investointikuluja ei lasketa ollenkaan, koska nii-

den suuruus yhtä alusta kohti on luonnollisesti erittäin riippuvainen alusten kokonaismäärästä. Tätä tietoa ei ole saatavilla luonnollisesti, koska yhtään miehittämätöntä alusta tai ohjauskeskusta ei vielä ole valmistettu. Tämä seikka on syytä kuitenkin muistaa tuloksia tulkittaessa. Myöskään tarvittavista datayhteyksistä ei ohjauskeskuksen ja aluksen välillä ole selvyyttä. Kun sensorien määrää kasvatetaan kasvaa myös datayhteyden tarve suuremmaksi (AAWA 2016, 30). Tämä kaikki maksaa jotain ja tämä onkin toinen seikka, joka on huomioitava ohjauskeskuksen investointikulujen ohella tuloksia tulkittaessa.

Lastia 20 000 DWT:n irtolastialus pystyy kantamaan tyypillisesti noin 92,5 % DWT:stään (mukaiillen Stopford 2009, 752). Miehittämättömän aluksen oletetaan voivan kantaa enemmän rahtia kuin konventionaalisen (AAWA 2016, 4). Määrästä ei kuitenkaan ole taas annettu mitään arviota. Etenkin pienessä aluksessa hytin poistaminen tuo suhteellisen paljon lisää tilaa, mutta on mahdollista, että koko tilaa ei pystytä hyödyntämään vaan aluksen kantavuus tulee vastaan aikaisemmin kuin tila. Nämä ongelmat ovat kuitenkin monimutkaisia laivansuunnitteluun liittyviä ongelmia jotka eivät ole tämän tutkielman puitteissa ratkaistavissa. Tässä työssä paremman tiedon puutteessa arvioidaan, että lastinkantokyky ei parane vaan keventynyt massa näkyy pienempänä polttoaineen kulutuksena. Kun lastinkantokyvyssä ei huomioida eroja, on eri alusten tuottavuus sama. Näin ainoat erot tulevat kustannuksista. Tämä yksinkertaistaa myös laskentamallia. (Kretschmann, Rødseth, Fuller, Noble, Horahan & McDowell 2015, 25–26.)

Polttoaineen kulutuksen oletetaan olevan miehittämättömässä aluksessa sama tai hie- man pienempi kuin konventionaalisisessa (MUNIN 2016, 3). Tässä tutkielmassa osittain miehittämättömän aluksen ei oleteta olevan miehitettyä taloudellisempi tässä suhteessa. Tällaisessa aluksessa kuitenkin olisi kaikki miehistön vaatimat tilat ja alus ei rakenteeltaan olisi merkittävästi konventionaalista erilaisempi. Sen sijaan täysin miehittämättömän aluksen tapauksessa pienempi polttoaineenkulutus oletetaan. Tällaisessa aluksessa ei olisi miehistön vaatimia järjestelmiä, joten ainakin apuvoimanlähteiden kulutuksen voidaan olettaa olevan merkittävästi pienempi. Aluksen pienempi massa ja parempi aerodynaamisuus pienentäisivät myös jonkin verran päävoimanlähteen kulutusta. Tällaisen aluksen päävoimanlähteen kulutuksen oletetaan olevan 2,6 % pienempi kuin konventionaalisisella aluksella. On myös laskettu, että sähkönkulutus olisi noin 60 % konventionaalisen aluksen kulutuksesta. (Kretschmann ym. 2015, 41.) Yksinkertaisuuden vuoksi tässä tutkielmassa oletetaan, että tämä johtaa suoraan 0,6-kertaiseen apuvoimanlähteen kulutukseen, koska apuvoimanlähteiden keskeinen tarkoitus on sähkön tuottaminen.

Osittain miehittämättömässä aluksessa miehituskustannusten oletetaan olevan 12,3 % pienemmät kuin vastaavassa konventionaalisisessa aluksessa (Kretschmann ym. 2015, 54). MUNIN-konseptin mukaisen 90 aluksen hallintaan kykenevä komentokeskuksen vuosittaiset kustannukset ovat USD 10,4 miljoonaa. Tämä tarkoittaisi USD 116 000 vuosittaisia

kustannuksia yhtä alusta kohti. Tässä arvioissa yksi tiimi kykenisi hoitamaan kuutta alustan yhtä aikaa. Tämä on 15 % nykyisistä miehityskustannuksista. Tämä on myös tässä tutkielmassa oletettava arvo täysin miehittämättömälle alukselle.

Kulutustavaroiden kustannusten voitaisiin olettaa olevan miehittämättömässä aluksessa jonkin verran pienemmät kuin konventionaalisessa. MUNIN-projektin puitteissa USD 23 000 vuosisäästöt nähtiin mahdollisena. (Kretschmann ym. 2015, 36.) Tämä on noin 8 % MUNIN-tutkimuksen puitteissa arvioiduista USD 288 836 vuosittaisista kulutustavarakustannuksista. Täten tässä tutkielmassa oletetaan myös keskimäärin 8 % säästöt. Eli kerroin miehittämättömälle alukselle on siis 0,92. Korjaus ja huoltokustannusten arvioidaan pienentyvän noin 16 % (Kretschmann ym. 2015, 29 & 36.)

Vakuutuskustannukset on vaikeasti arvioitavissa olevan kustannusryhmä. Osa asioista puoltaa sitä, että miehittämättömien alusten vakuutukset saattaisivat olla kalliimpia kuin konventionaalisen aluksen ja osa asioista puoltaa taas näkemystä, että miehittämätön alus on luotettavampi ja näin vakuutusten tulisi myös olla edullisempia. Mitään arviota vakuutuskustannuksista ei ole olemassa, joten tässä tutkielmassa lähdetään siitä, että miehittämätön aluksen vakuuttaminen on samanhintaista kuin konventionaalisen aluksen.

Miehittämättömän aluksen satamakustannusten oletetaan olevan 20 % korkeammat kuin konventionaalisella aluksella. Tämä johtuu vähäisen tai olemattoman miehityksen vaatimista lisäpalveluista. (Kretschmann ym. 2015, 44.)

Miehittämättömän aluksen tapauksessa hallinto- ja miehityskustannukset on vaikeampi erotella toisistaan kuin konventionaalisen aluksen kohdalla. Nämä kustannukset on huomioitu parhaalla mahdollisella tavalla miehityskustannuksissa, joten laskentamallissa miehittämättömän aluksen hallintokustannusten oletetaan olevan identtiset konventionaalisen aluksen hallintakustannuksiin. Telakointi ja katsastuskuluista ei myöskään ole olemassa mitään arviota, joten eroa konventionaaliseen alukseen ei oleteta. Puolesta välissä tehtävän päivityksen oletetaan olevan miehittämättömällä aluksella myös samanhintainen kuin konventionaalisella aluksella. Autonomisen aluksen ja sen teknologian kehitykseen liittyvät kertoimet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Autonomiseen alukseen ja sen teknologian kehitykseen liittyvät kertoimet (verrattuna konventionaaliseen alukseen)

	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Aluksen hinta	1,2	1,2	1,1
Lastin määrä (tonnia)	18 500	18 500	18 500
Lastin määrä päivityksen jälkeen	18 500	18 500	18 500
Päävoimanlähteen kulutus	1	1	0,93
Päävoimanlähteen kulutus päivityksen jälkeen	1	0,93	0,93
Apuvoimanlähteen kulutus	1	1	0,6
Apuvoimanlähteen kulutus päivityksen jälkeen	1	0,6	0,6
Miehityskustannukset	0,877	0,877	0,15
Miehityskustannukset päivityksen jälkeen	0,877	0,15	0,15
Kulutustavaroiden kulutus (consumables)	0,92	0,92	0,92
Korjaus- ja huoltokustannukset	0,84	0,84	0,84
Vakuutuskustannukset	1	1	1
Hallintokustannukset (huomioitu miehityskustannuksissa, kerroin 1)	1	1	1
Satamakustannukset	1,2	1,2	1,2
Telakointi- ja katsastuskustannukset	1	1	1
Tarkastelujakson puolella välissä tehtävän päivityksen kustannukset	1	1	1

5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa esitetään tulokset ja johtopäätökset. Aluksi esitellään tulokset yleisesti ja kerrotaan miten tulokset muuttuvat jos analyysissa havaittuja kriittisiä muuttujia eri skenaarioissa muutetaan. Tämän jälkeen analysoidaan alkuperäisten skenaarioiden ääripää- ja nollakohtatuloksia. Lopuksi esitetään johtopäätökset, vastataan tutkimuskysymyksiin ja selvitetään miten tulokset suhteutuvat aikaisempiin tutkimustuloksiin ja arvioihin.

5.1 Tulokset yleisesti

Edellisissä luvuissa mainituilla ehdoilla laskentamalli tuottaa yhteensä 81 erilaista lopputulosta eri skenaarioiden yhdistelminä. Näistä lopputuloksista 11 miehittämättömän aluksen nettohyötyarvo oli parempi, eli sijoitus miehittämättömään alukseen olisi kannattavampi. Tämän lisäksi 49 lopputuloksessa miehittämätön alus muuttuu jossain kohtaa laskentaa kannattavammaksi. Tämä muutos tapahtuu vain liian myöhään tehdäkseen nettohyötyarvosta suuremman ja osassa muutos tapahtuu vain ja ainoastaan viimeisenä vuotena miehittämättömän aluksen oletetun paremman jäännösarvon takia. Tähän vaikuttaa myös lainan melko lyhyt viiden vuoden takaisinmaksuaika. Pidemmällä takaisinmaksuajalla näin ei todennäköisesti tapahtuisi, vaan nousevat korot tekisivät lainasta huomattavasti kalliimman.

Yhteistä kaikille skenaarioyhdistelmille, joissa miehittämätön alus on parempi sijoitus, on se, että alus on heti alusta alkaen täysin miehittämätön. Toiseksi yhdessä näistä skenaarioista merimatka ei ollut kaikkein lyhyin mahdollinen. Toinen merkittävä huomio on se, että miehittämättömän aluksen ainut ja suurin etu on alemmat toimintakustannukset, jotka johtuvat luonnollisesti alemmista miehityskustannuksista. Pienempi polttoaineen kulutus ei pysty kumoamaan oletettuja suurempia satamakustannuksia näin lyhyillä matkoilla. Matkakustannukset ovatkin kaikissa skenaarioissa konventionaalaisella aluksella pienemmät.

Mikäli autonomisen aluksen satamakustannukset oletetaan yhtä suuriksi konventionaalisen aluksen kanssa, on miehittämätön alus 54 skenaarioyhdistelmässä parempi sijoitus kuin konventionaalinen alus. Näillä oletuksilla myös kaikissa mahdollisissa skenaarioissa miehittämätön alus muuttuu jossain kohtaa taloudellisemmaksi. Skenaariota, joissa miehittämättömän aluksen nettohyötyarvo on konventionaalisen aluksen nettohyötyarvoa huonompi, yhdistää se, että näissä skenaarioissa teknologian kehitys oletettiin huonommaksi mahdolliseksi, eli missään vaiheessa tarkastelujaksoa ei alus ollut kokonaan miehittämätön. Satamakustannuksilla on merkittävä vaikutus alusten kustannusrakenteisiin lyhyillä merimatkoilla. Tämä muuttuja on siis keskeinen, kun pohditaan konventionaalisen ja autonomisen aluksen välistä taloudellisuutta.

Mikäli merimatkat kymmenkertaistetaan kuvastamaan pidempiä matkoja tulokset muuttuvat taas merkittävästi. Kymmenkertaiset matkat ovat 2500, 5000 ja 10000 merimailia. Pidemmällä matkoilla miehittämätön alus on parempi vaihtoehto 48 skenaarioyhdistelmässä. Näissä kaikissa skenaarioissa teknologian kehitys oli joko neutraali tai positiivinen. Koko tarkasteluajan puoliksi miehittämätön alus ei tässäkään tapauksessa kannata. Pidempien matkojen tapauksessa miehittämättömien alusten etuja pystytään paremmin hyödyntämään. Etenkin lyhemmillä matkoilla dominoivat satamakustannukset eivät enää ole ongelma, vaan miehittämättömän aluksen mahdollisesti alemmaa polttoainekulutusta pystytään hyödyntämään paremmin. Täysin miehittämättömän aluksen tapauksessa 5 000 ja 10 000 merimailin matkoilla matkakustannukset ovat tulevaisuuden kehityksestä ja nopeudesta riippumatta aina alemmat kuin konventionaalisella aluksella.

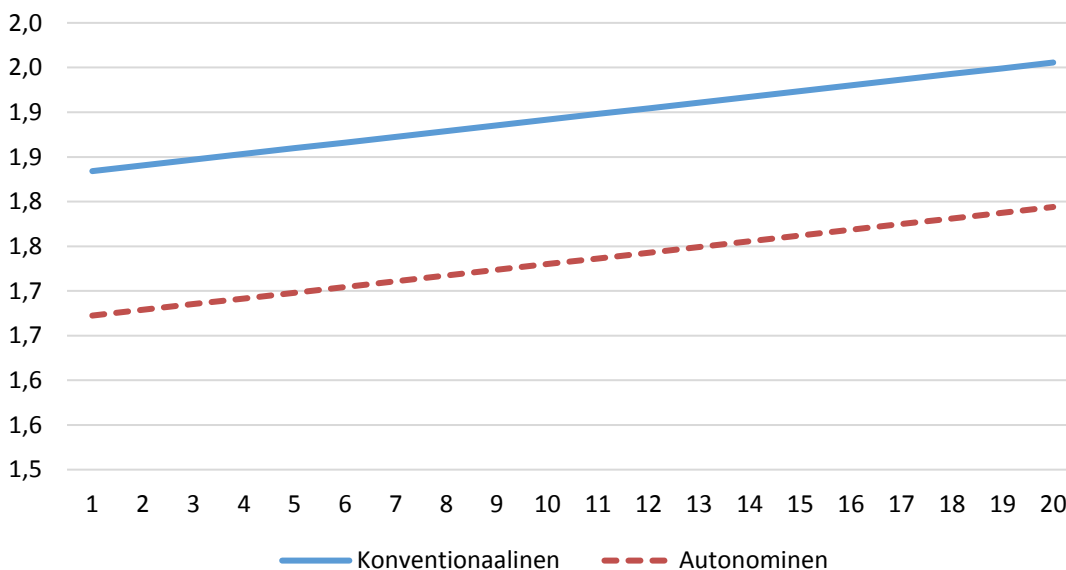
5.2 Ääritapausten analysointi

Kaikki tämän luvun analyysit perustuvat alkuperäisille lyhyille merimatkoille ja korkeille satamakustannuksille, koska näitä olosuhteita pidetään kirjallisuuskatsauksessa todennäköisimpinä vaihtoehtoina autonomisten alusten tulevaisuudessa. Luvussa nostetaan esille ääritapauksia havaituista tuloksista ja analysoidaan kustannusten käyttäytymistä. Luvussa esitetään autonomisen aluksen kannalta huonoimmat ja parhaimmat skenaariot. Luvussa esitetään myös skenaario, jossa autonominen ja konventionaalinen alus ovat likimain yhtä hyvät. Yleisesti tulosta kuvaava kuvaaja käyttäytyy aina samalla lailla. Aluksi kustannukset ovat todella suuret, koska ensimmäiset viisi vuotta on aika, jolloin laina maksetaan. Tämän jälkeen tilanne tasaantuu, mutta keskellä on pieni notkahdus. Tämä johtuu suuremmasta keskikohdan päivityksestä. Tämän jälkeen tilanne tasaantuu uudestaan, kunnes viimeisenä vuotena on taas pieni nousu. Tämä nousu johtuu aluksen myynnistä saatavista varoista. Kaksi keskeisintä seikkaa ovat ensimmäisen viiden vuoden pääomakustannukset, ja tämän jälkeen toimintakustannusten ja matkakustannusten keskinäinen suhde, joka määrittää kumpi alustyyppeistä on lopun tarkasteluajan taloudellisesti tehokkaampi. Keskellä elinkaarta olevalla notkahduksella ei ole vaikutusta lopputulokseen, koska tämä on kummallakin alustyypillä yhtä suuri. Vuosittaisten kokonaiskustannusten ja kumuloituvien kokonaiskustannusten kuvaajissa kaikki arvot ovat negatiivisia, mutta muissa kuvaajissa arvot ovat itseisarvoja. Tämä on syytä muistaa tuloksia tulkittaessa.

5.2.1 Skenaarioyhdistelmä 1113

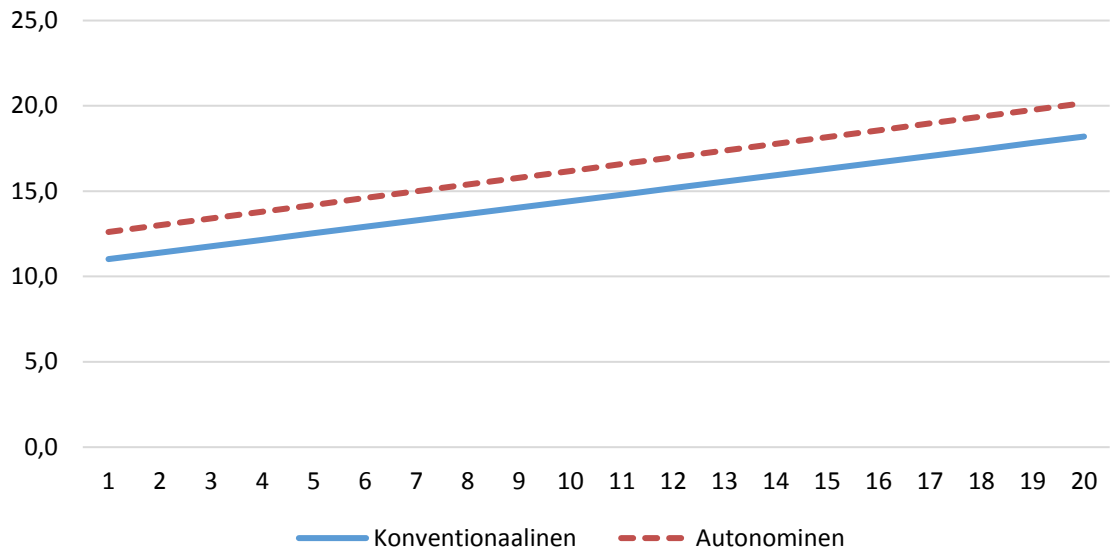
Skenaarioyhdistelmä 1113 on tilanne, jossa autonominen alus on absoluuttisesti konventionaaliseen alukseen verrattuna kaikkein epäedullisin. Tämä on siis skenaario, jossa tulevaisuus on negatiivinen, teknologian kehitys negatiivinen, matka kaikkein lyhyin ja nopeus suurin. Tässä skenaariossa konventionaalisen aluksen nettonykyarvo on USD 27,2 miljoonaa suurempi. Prosentuaalisesti miehittämätön aluksen kustannukset ovat 110,4 % konventionaalisen aluksen kustannuksista. Prosentuaalisesti skenaario 1111 on miehittämättömälle alukselle epäedullisin. Tässä miehittämättömän aluksen diskontatut kustannukset on 111,3 % konventionaalisen aluksen diskontatuista kustannuksista. Rahallisesti mitattuna konventionaalisen aluksen nettonykyarvo on noin USD 24 miljoonaa parempi. Myös skenaario 1112 on erittäin epäedullinen miehittämättömälle alukselle. Vastaavat rahamääräiset tunnusluvut ja prosentit ovat USD 25,8 miljoonaa ja 110,9 %.

Toimintakustannukset kasvavat kummallakin alustyyppillä tasaisesti läpi tarkasteluajan (kuva 8). Tämä johtuu skenaarioyhdistelmän yleisesti nousevasta kustannustasosta. Autonominen aluksen kustannukset ovat läpi tarkasteluajan hieman alemmat johtuen matalammista miehityskustannuksista.



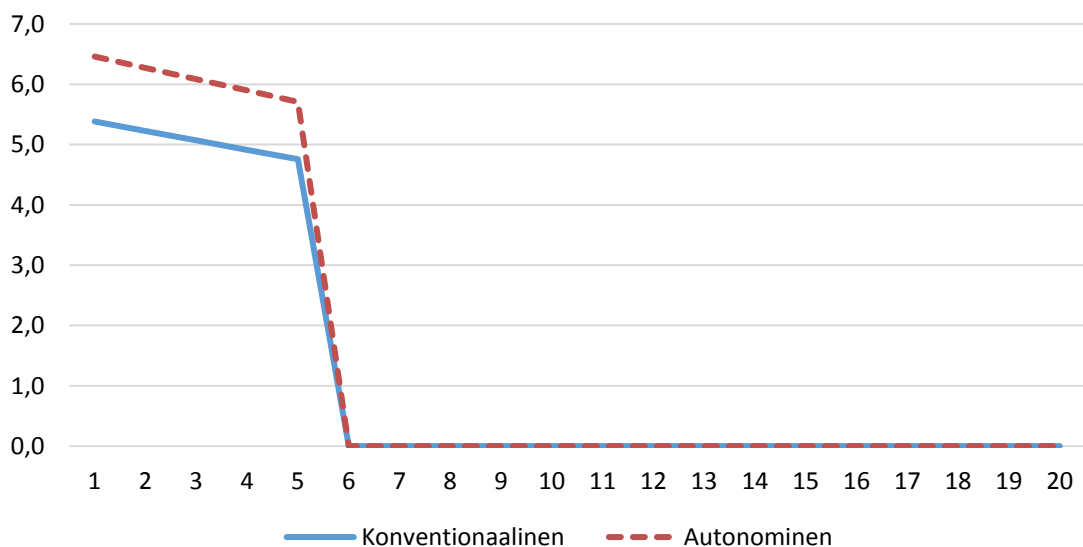
Kuva 8 Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) toimintakustannukset (milj. USD)

Matkakustannukset kasvavat toimintakustannusten tavoin läpi tarkasteluajan nousevasta kustannustasosta johtuen (kuva 9). Autonominen aluksen kustannukset ovat kuitenkin korkeammat läpi tarkastelujakson. Tämä johtuu yksinomaan suuremmista satamakustannuksista.



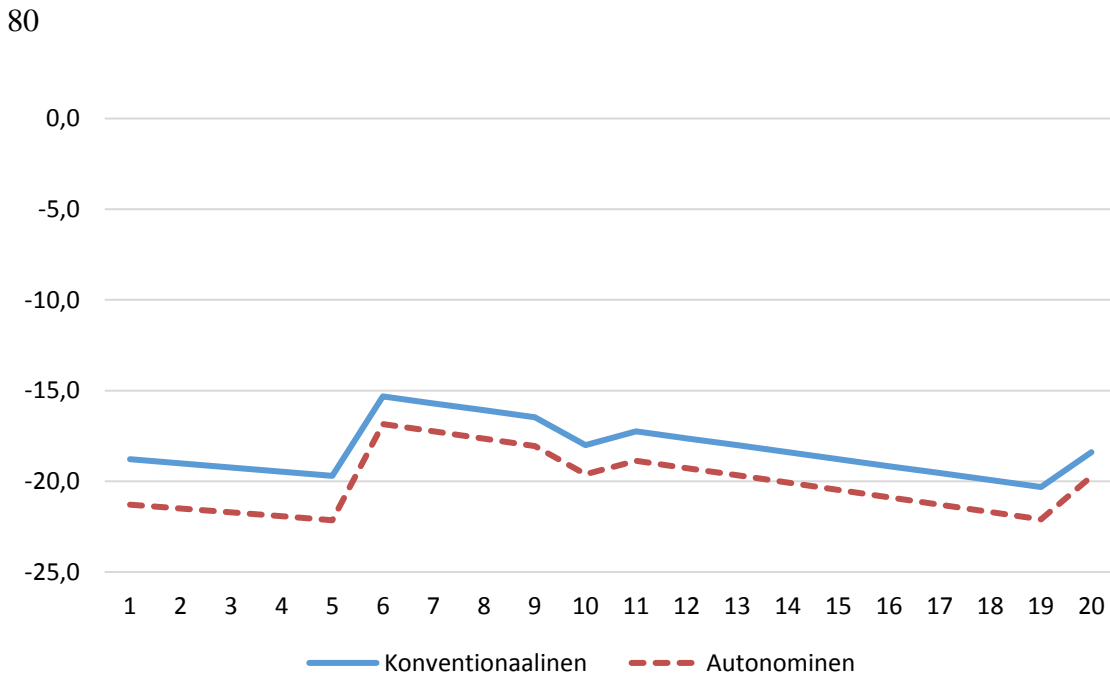
Kuva 9 Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) matkakustannukset (milj. USD)

Pääomakustannukset ovat konventionaalisella aluksella pienemmät johtuen autonomisen aluksen suuremmasta hankintahinnasta (kuva 10).



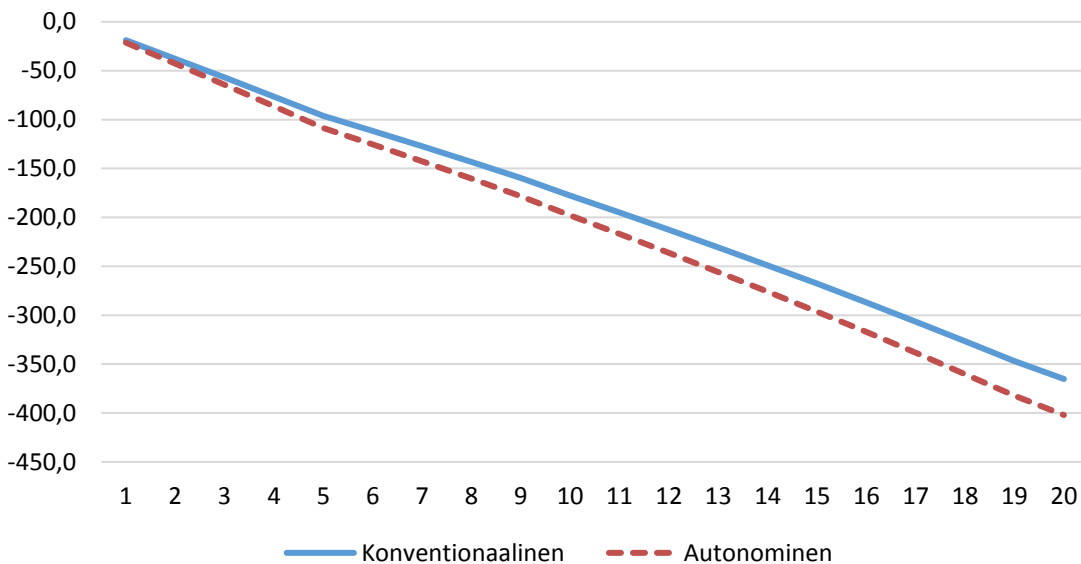
Kuva 10 Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) pääomakustannukset (milj. USD)

Kokonaiskustannuksia tarkastellessa on helppo huomata, että konventionaalinen alus on läpi koko tarkasteluajan parempi vaihtoehto skenaariossa 1113. Autonomisen aluksen kustannuskäyrä seurailee konventionaalisen aluksen käyrää, mutta kustannukset ovat kaikkina ajankohtina korkeammat (kuva 11).



Kuva 11 Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD)

Kumuloituvat kustannukset ovat looginen jatkumo kokonaiskustannuksista. Autonomisen aluksen ollessa tasaisesti kalliimpi kumuloituvien kustannusten välinen erotus kasvaa tasaisesti kohti tarkasteluajan loppua konventionaalisen aluksen eduksi (kuva 12).



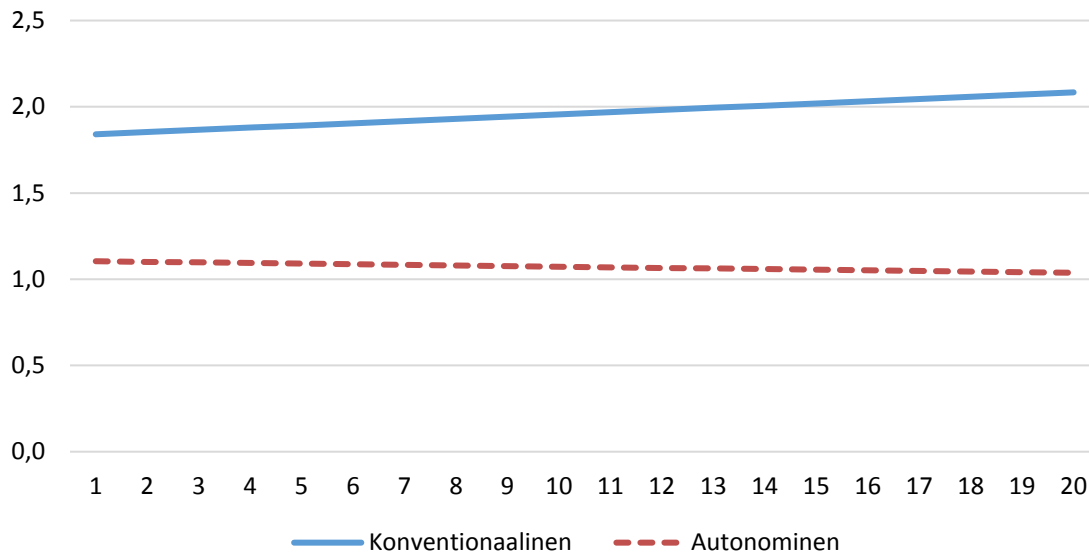
Kuva 12 Skenaarion 1113 (negatiivinen tulevaisuus, negatiivinen teknologian kehitys, lyhyt matka ja suuri nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD)

Tuloksista on selvästi nähtävissä, että negatiivinen tulevaisuus, teknologian hidas kehittyminen ja hyväksyminen sekä lyhyet matkat eivät ole autonomiselle alukselle laskennallisesti edullisia. Näissä olosuhteissa miehittämättömän aluksen ainut etu on hieman alemmat toimintakustannukset. Ne eivät kuitenkaan riitä kattamaan korkeampia matka- ja pääomakustannuksia. Näissä skenaarioissa miehittämättömän aluksen suuri hankintakustannus ja lyhyistä matkoista johtuva satamakustannusten suuri osuus tekevät miehittämättömästä aluksesta kannattamattoman. Näissä skenaarioissa keskimääräiset toimintakustannukset koko tarkasteluajalta ovat autonomisen aluksen osalta 91 % konventionaalisen aluksen vastaavista kustannuksista. Matkakustannukset ovat vastaavasti 10–15 % korkeammat pääasiassa korkeampien satamakustannusten takia. Tämä on ratkaiseva tekijä koska matkakustannukset ovat noin 80 % kokonaiskustannuksista näissä skenaarioissa. Myös pääomakustannukset ovat keskimäärin noin 5 % enemmän koko laskentaajalta miehittämättömän aluksen kohdalla.

5.2.2 *Skenaarioyhdistelmä 3322*

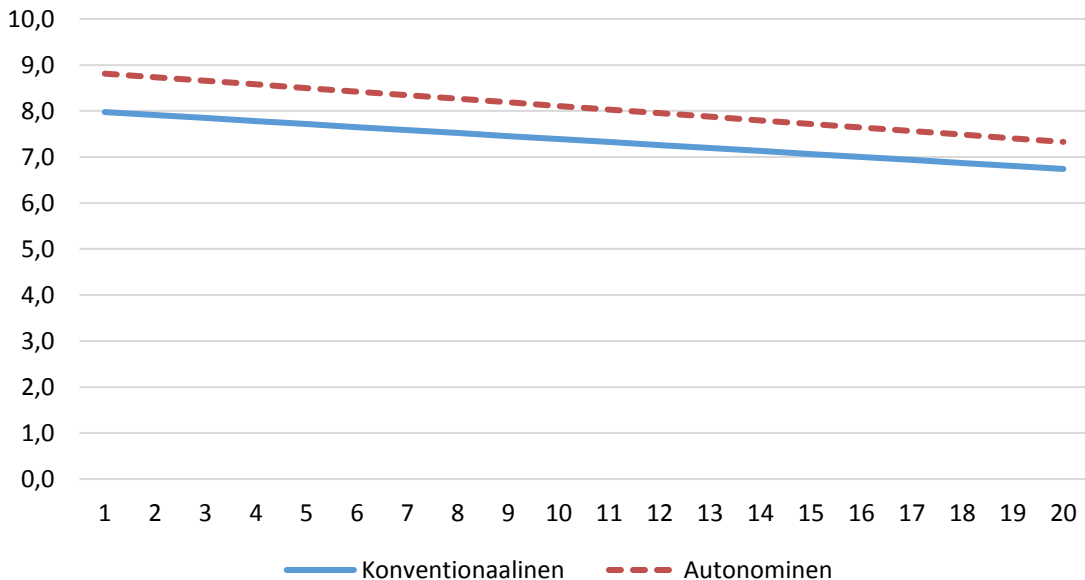
Skenaarioyhdistelmässä 3322 autonomisen ja konventionaalisen aluksen nettonykyarvot ovat kaikkein lähimpänä toisiaan kaikista 81 skenaarioista. Tässä skenaariossa tulevaisuus on positiivinen, teknologian kehitys on positiivinen, matka on keskipitkä ja käytetty nopeus on aluksen nimellinen nopeus. Konventionaalisen ja autonomisen aluksen diskontatut kustannukset ovat USD 165 431 542 ja USD 165 351 391. Autonominen alus on siis hieman parempi investointi tässä skenaariossa. Tätä skenaariota voidaan sanoa ns. ”break even” -tilanteeksi.

Toimintakustannukset ovat tässä skenaariossa kriittisessä asemassa lopputuloksen kannalta. Kuten kuvasta 13 nähdään, autonomisen aluksen toimintakustannukset ovat läpi tarkastelujakson merkittävästi pienemmät. Tämä ero tulee luonnollisesti täysin miehittämättömän aluksen merkittävästi pienemmistä miehityskustannuksista. Tämän lisäksi kuvaajassa on toinenkin huomionarvoinen seikka, joka on se, että autonomisen aluksen kustannukset pienenevät ja konventionaalisen taas nousevat koko tarkasteluajan läpi. Tämä ilmiö johtuu siitä, että tässä skenaariossa miehityskustannusten oletetaan nousevan, mutta vakuutus- ja hallintokustannusten laskevan. Koska konventionaalisisessa aluksessa miehityskustannusten osuus kokonaiskustannuksista on suurempi kuin hallinto- ja vakuutus- kustannusten osuus, niin kokonaiskustannusten trendi on nouseva. Autonomisessa aluksessa vakuutus- ja hallintokustannukset taas muodostavat valtaosan toimintakustannuksista. Näin ollen autonomisten alusten kustannukset laskevat tässä skenaariossa.



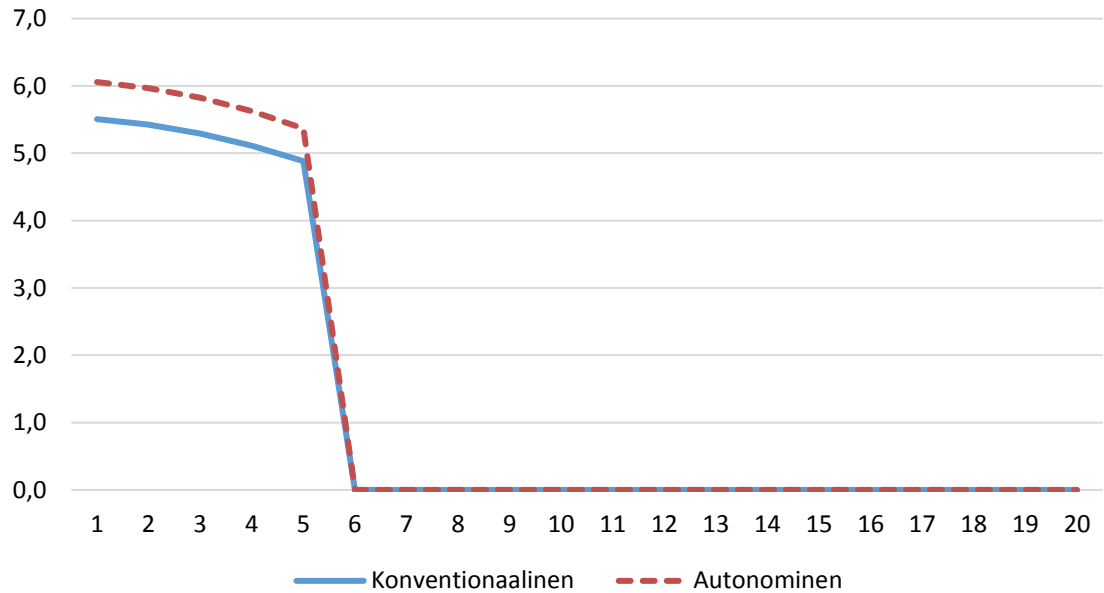
Kuva 13 Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) toimintakustannukset (milj. USD)

Tässäkin skenaariossa autonomisen aluksen matkakustannukset ovat korkeammat satamakustannuksista johtuen (kuva 14). Autonomisen aluksen matalampi polttoainekulutus ei riitä kumoamaan suurempia satamakustannuksia.



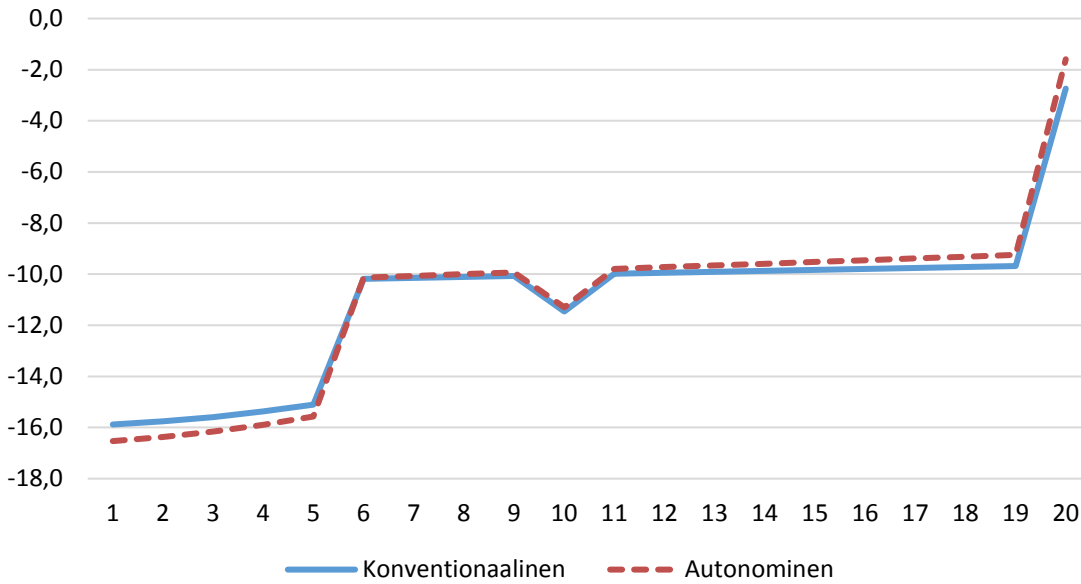
Kuva 14 Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) matkakustannukset (milj. USD)

Pääomakustannusten osalta tilanne on hyvin samankaltainen kuin kaikissa muissakin skenaarioissa (kuva 15). Autonomisen aluksen kustannukset ovat korkeammat suuremman hankintahinnan takia.



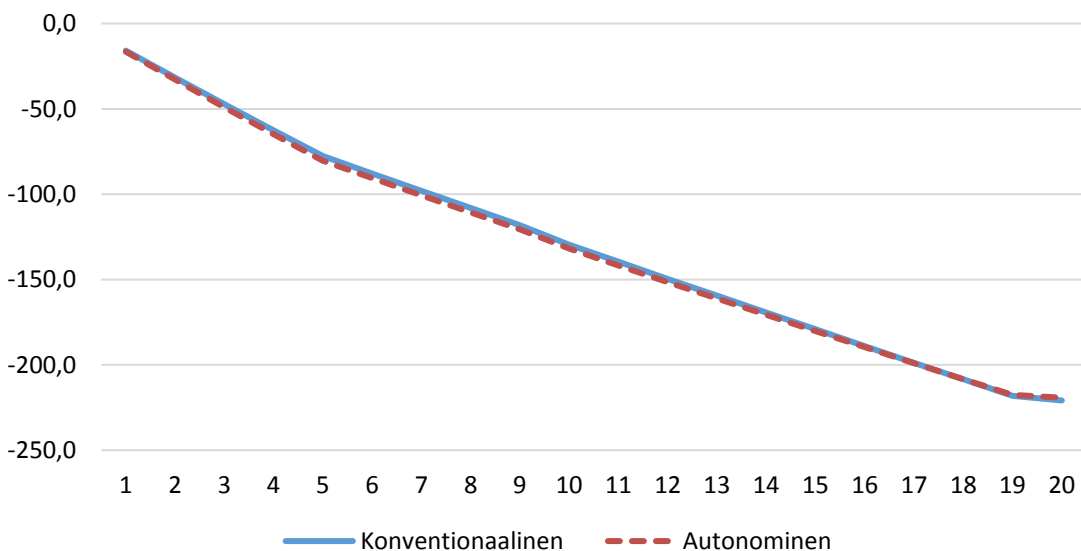
Kuva 15 Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) pääomakustannukset (milj. USD)

Tässä skenaariossa konventionaalinen alus on vuosittaisilta kokonaiskustannuksiltaan lainan takaisinmaksun ajan autonomista alusta edullisempi, mutta tämän jälkeen autonominen alus muuttuu paremmaksi ja tilanne säilyy näin tarkasteluajan loppuun asti (kuva 16).



Kuva 16 Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD)

Kumuloituvien kustannusten osalta konventionaalinen alus menee aluksi luonnollisesti edelle, mutta tämän jälkeen autonominen alus alkaa ottaa konventionaalista alusta kiinni siten, että tarkastelujakson lopuksi kumuloituneet kustannukset ovat jokseenkin samat (kuva 17).



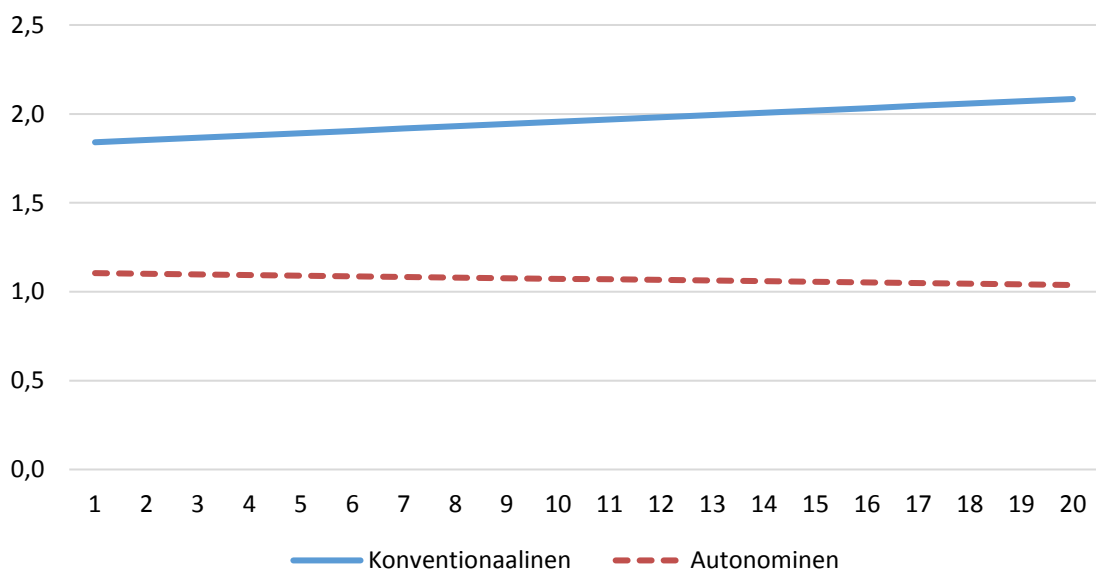
Kuva 17 Skenaarion 3322 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, keskipitkä matka ja aluksen nimellinen nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD)

Tässä skenaariossa siis tulevaisuus on positiivinen ja tekniikan oletetaan kehittyvän siten, että autonominen alus voi olla täysin miehittämätön heti tarkastelujakson alusta alkaen. Matka on keskipitkä ja nopeus aluksen nimellinen nopeus. Tässä skenaarioissa keskimääräiset autonomisen aluksen toimintakustannukset ovat 55 % konventionaalisen aluksen vastaavista kustannuksista. Matka- ja pääoma kustannukset ovat vastaavasti 110 % ja 103 %. Tässä skenaariossa toimintakustannukset ovat niin paljon alemmat, että autonominen alus on juuri ja juuri kannattavampi. Ensimmäiset 5 vuotta konventionaalinen alus on kuitenkin kannattavampi alempien pääomakustannusten ansioista. Vasta kun laina on maksettu alkaa autonominen alus kannattamaan.

5.2.3 Skenaarioyhdistelmä 3331

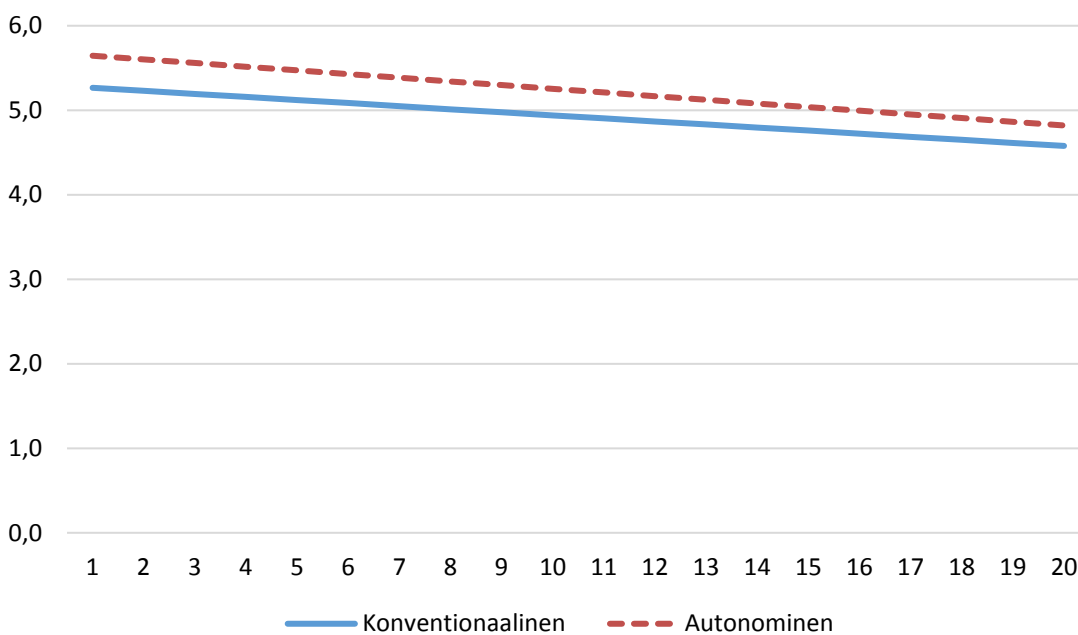
Autonomiselle alukselle kaikkein suotuisin skenaarioyhdistelmä sekä absoluuttisesti ja prosentuaalisesti on 3331. Tässä skenaariossa tulevaisuus on positiivinen, teknologian kehitys on positiivinen, matka on pisin mahdollinen ja nopeus hidas. Muita suotuisia skenaarioyhdistelmiä ovat 1331, 1332, 1333, 2331, 2332, 2333, 3332 ja 3333. Yhteistä näille kaikille skenaarioyhdistelmille on korkea tekninen kehitys ja pisin tarkasteltava merimatka. Positiivinen tulevaisuus ja hidas nopeus suosivat myös autonomista alusta, mutta nämä eivät ole yhtä tärkeitä kuin tekninen kehitys ja pitkä matka.

Toimintakustannukset (kuva 18) noudattavat tässä skenaariossa käytännössä samaa kaavaa kuin skenaariossa 3322. Tätä ei ole tarpeen tässä käsitellä enää enempää.



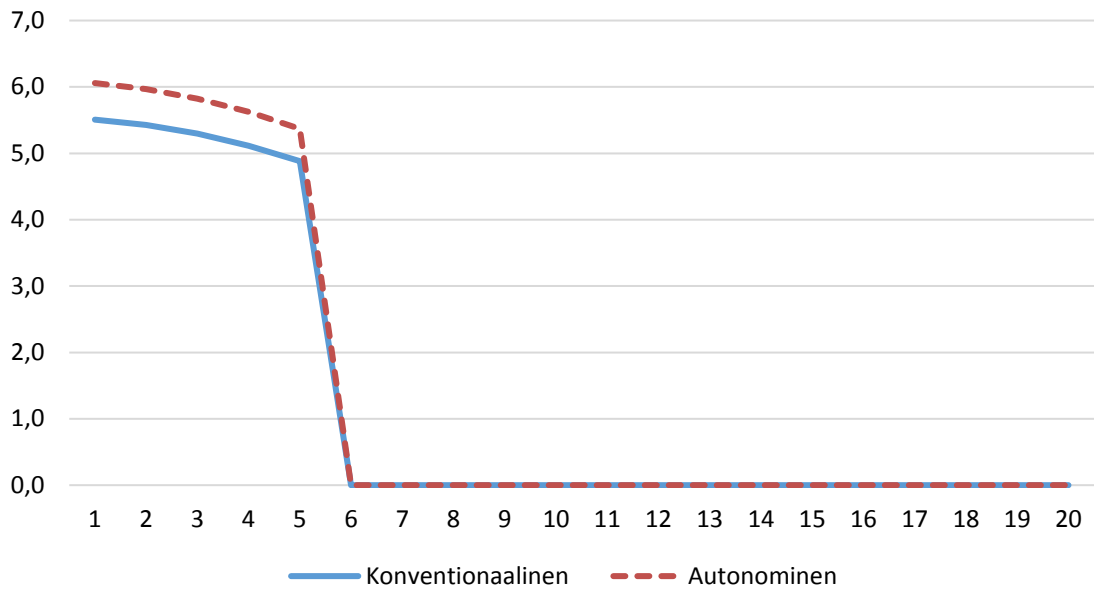
Kuva 18 Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) toimintakustannukset (milj. USD)

Matkakustannusten (kuva 19) osalta tilanne on hyvin samakaltainen kuin skenaariossa 3322. Suurin ero on se, että kustannukset ovat kokonaisuudessaan pienemmät, johtuen pidemmästä matkasta ja hitaammasta nopeudesta. Pidempi matka vähentää hallitsevien satamakustannusten osuutta ja hitaampi nopeus puolestaan polttoaineenkulutusta. Autonomisen ja konventionaalisen aluksen ero on myös pienempi tässä skenaariossa. Tämä johtuu myös siitä, että pidemmällä matkalla autonomista alusta rasittavat satamakustannukset eivät ole yhtä suuret ja suhteellisesti suuremmasta merellä vietetystä ajasta johtuen myös autonomisen aluksen pienemmällä polttoaineen kulutuksella on enemmän vaikutusta lopputulokseen.



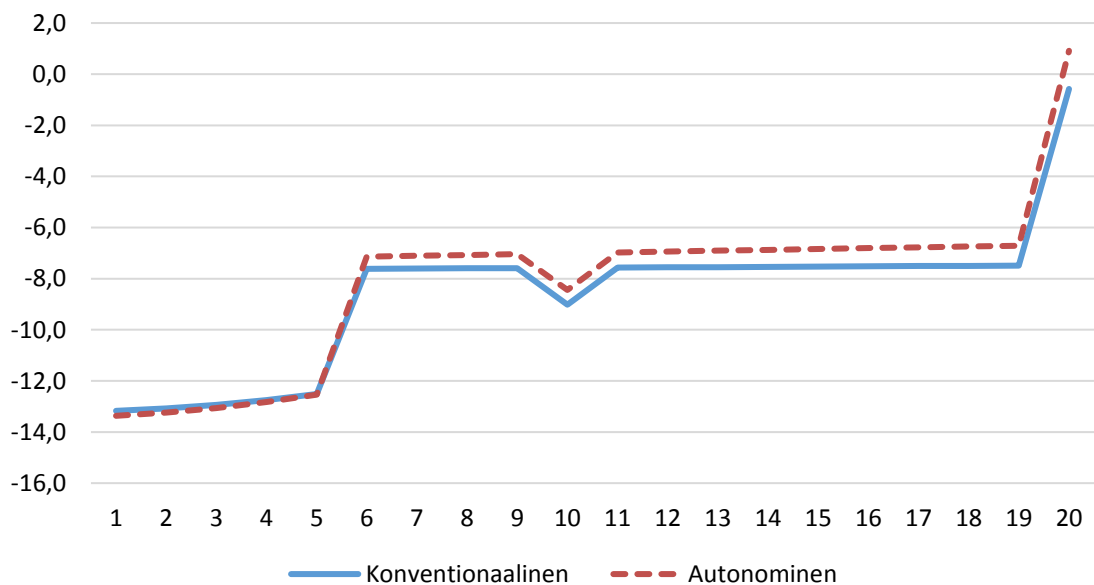
Kuva 19 Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) matkakustannukset (milj. USD)

Pääomakustannukset noudattavat tässäkin tapauksessa tutuksi muodostunutta kaavaa, jossa autonominen alus on lainan takaisinmaksun ajan kalliimpi suuremman hankintahinnan takia (kuva 20).



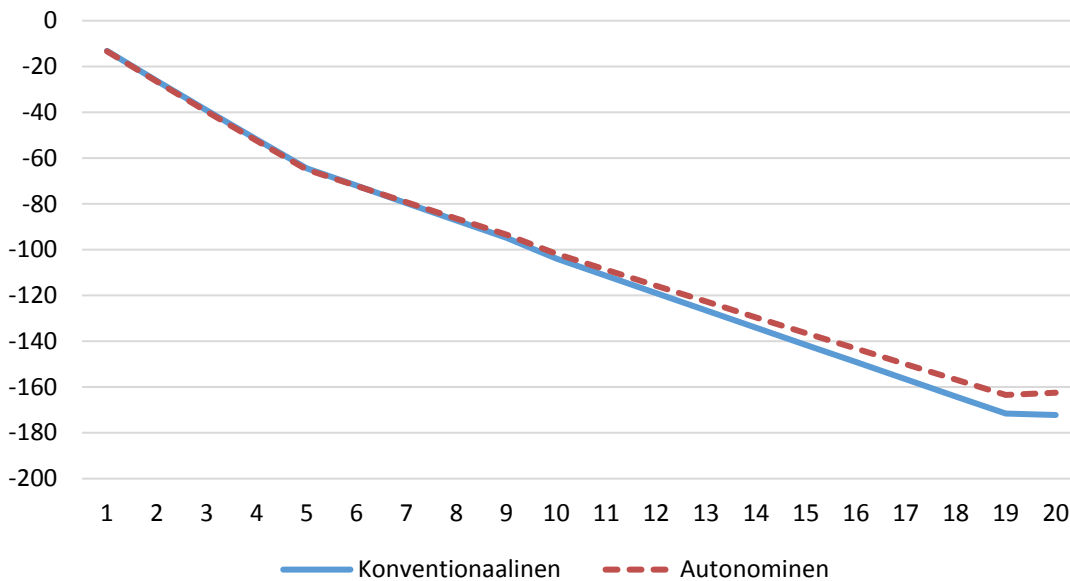
Kuva 20 Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) pääomakustannukset (milj. USD)

Tässä skenaariossa kokonaiskustannusten kuvaaja (kuva 21) on hyvin samankaltainen kuin edellä mainitussa skenaariossa 3322. Aluksi autonominen alus on hieman huonompi, mutta tämän jälkeen se muuttuu paremmaksi. Ero skenaarioon 3322 verrattuna on se, että autonomisen aluksen kuvaaja on koko ajalta korkeammalla, eli tilanne on parempi.



Kuva 21 Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) kokonaiskustannukset vuosittain (milj. USD)

Kumuloituvien kustannusten (kuva 22) osalta tilanne on se, että aluksi konventionaalinen alus on hieman parempi, mutta autonomisen aluksen tehokkaamman kustannusrakenteen vuoksi, autonominen alus ohittaa konventionaalisen aluksen tarkastelujakson puolenvälin kohdalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että alussa korkeampien pääomakustannusten aiheuttama notkahdus on puolen välin kohdalla saatu kurottua kiinni. Tästä pisteestä eteenpäin miehittämätön alus on voitolla konventionaaliseen alukseen verrattuna.



Kuva 22 Skenaarion 3331 (positiivinen tulevaisuus, positiivinen teknologian kehitys, pitkä matka ja hidas nopeus) kumuloituvat kustannukset (milj. USD)

Näissäkin skenaarioissa autonominen alus on lainan maksun ajan kalliimpi suuremman ostohinnan takia. Näissä olosuhteissa autonomisen aluksen alempia toimintakustannuksia ja polttoaineenkulutusta päästään hyödyntämään parhaiten. Pidemmällä matkalla kriittiset kalliimmat satamakustannukset eivät haittaa liikaa. Tästä huolimatta näissäkin olosuhteissa matkakustannukset ovat autonomisen aluksen osalta suuremmat kuin konventionaalisisella aluksella.

5.3 Johtopäätökset

Tässä luvussa vastataan luvussa 1.3 esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Aluksi alatutkimuskysymyksiin vastataan erikseen alatutkimuskysymyksien mukaan nimetyissä omissa alaluvuissaan ja lopuksi päätutkimuskysymykseen vastataan näiden lukujen jälkeen omassa alaluvussa.

5.3.1 *Alatutkimuskysymys 1) Mitkä ovat Itämeren meriliikenteen mahdolliset tulevaisuudenskenaariot?*

Itämeren meriliikenteen mahdollisiksi tulevaisuudenskenaarioiksi saatiin tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella kolme mahdollista toisistaan poikkeavaa tulevaisuudenskenaarioita. Skenaariot kuvastavat meriliikenteen kannattavuuden kannalta erilaisia toimintaympäristöjä.

Ensimmäinen ja negatiivisin skenaario (S1) kuvastaa olosuhteita, joissa meriliikenne on kovien kustannuspaineiden alla ja sääntelyn vaikutukset meriliikenteen kannattavuuteen ovat negatiiviset. Tämän skenaarion keskeisimmät trendit ovat: protektionismi, liiketoimintaa haittaavaa sääntely, heittelehtivä talous, kasvavat tuloerot, miehittämättömien alusten teknologiaan panostamisen jääminen Suomeen ja muihin harvoihin Itämeren maihin sekä ilmastonmuutoksen näkeminen esteenä.

Tutkielman toinen skenaario (S2) kuvastaa neutraaleja olosuhteita, joissa meriliikenne jatkaisi nykyolojen kaltaisissa olosuhteissa. Sääntelyn ja talouden vaikutukset ovat tässä skenaariossa meriliikenteen kannalta melko neutraalit. Keskeisimmät trendit tässä skenaarioissa ovat: paikallinen yhteistyö, uuden haitallisen lainsäädännön kehittämättä jättäminen, hidas talouskasvu, tuloerojen pysyminen nykyisellä tasolla, autonomisten alusten teknologiaan panostaminen koko Euroopassa ja läntisessä maailmassa sekä ilmastonmuutoksen näkeminen meriliikenteen etuna.

Kolmas ja positiivisin skenaario (S3) kuvastaa olosuhteita, joissa meriliikenteellä menee hyvin. Meriliikenteelle suotuisa sääntely ja talouskasvu tekevät meriliikenteestä erityisen kannattavaa tässä skenaariossa. Keskeisimmät trendit ovat: kansainvälinen yhteistyö, sääntelyn muuttuminen meriliikenteelle suotuisaksi, voimakas talouskasvu, maailmalle kehittyvä koulutettava ja kuluttava keskiluokka, miehittämättömien alusten tekniikkaan panostaminen koko maailmalla sekä ilmastonmuutoksen näkeminen liiketoimintamahdollisuutena.

5.3.2 *Alatutkimuskysymys 2) Miten autonomiset alukset tulevat kehittymään konventionaalisiin aluksiin verrattuna?*

Autonomisten alusten keskeisimmät erot konventionaalisiin aluksiin verrattuna kustannusten kannalta ovat: kalliimmasta teknologiasta johtuvat korkeammat investointikulut, pienemmästä miehityksestä johtuvat alemmat toimintakustannukset, pienempi polttoaineenkulutus ja mahdollisesti korkeammista satamakustannuksista johtuvat epävarmat matkakustannukset. Muuten tämän tutkielman puitteissa autonomisten alusten oletetaan kykenevän täysin samoihin tehtäviin kuin konventionaaliset alukset. Suurin operointiin liittyvä ero on vähäinen tai olematon miehitys.

Tutkielmassa on havaittu kolme mahdollista skenaariota autonomisten alusten kehitykselle. Ensimmäinen ja negatiivisin skenaario on skenaario, jossa autonomisten alusten teknologia ei kehity riittävän varmaksi tai se ei saavuta riittävää hyväksyntää, jotta autonominen alus voisi toimia täysin miehittämättömänä koko tarkastelujakson aikana. Toisessa skenaariossa autonominen alus toimisi aluksi osittain miehittämättömänä, kuten ensimmäisessä skenaariossa, mutta teknologian kehittyessä ja hyväksynnän kasvaessa, alus voitaisiin lopulta muuttaa täysin miehittämättömäksi. Tätä skenaariota pidetään todennäköisimpänä kehityssuuntana. Kolmannessa skenaariossa autonominen alus rakennettaisiin heti alusta alkaen täysin miehittämättömäksi. Tätä pidetään melko epätodennäköisenä vaihtoehtona, mutta kustannustehokkuuden kannalta tämä on paras vaihtoehto.

5.3.3 Alatutkimuskysymys 3) Miten rakentaa toimiva malli konventionaalisen ja autonomisen aluksen elinkaarikustannusten tarkasteluun?

Alusten elinkaarikustannusten tarkasteluun käytettävän mallin rakentaminen pohjautui voimakkaasti olemassa olevien vakiintuneiden kustannuslaskentaperiaatteiden käyttöön. Etenkin mallin konventionaalisia aluksia käsittelevä osa on hyvinkin perinteinen kustannuslaskelma. Lähtöarvot etsittiin erilaisista raporteista ja tilastoista. Olosuhteita kuvaavat muuttujat määriteltiin luvuissa 5.3.1 ja 5.3.2 esitellyillä tavoilla.

Suurin haaste mallin kehittämisessä oli miehittämättömän aluksen parametrien määrittely, koska yhtään tutkielmassa käsiteltävän aluksen tapaista alusta ei vielä ole rakennettu. Lähtöarvot perustuvat erilaisissa raporteissa ja projekteissa esiteltyihin arvioihin. Joissakin kohdissa on jouduttu turvautumaan lähteiden puutteessa loogiseen päättelyyn.

Malli on rakennettu Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Mainituista haasteista huolimatta malli on varsin toimiva yksinkertaisten suuntaa antavien laskelmien toteuttamiseen, ja asetettujen tavoitteiden puitteissa sen tuottamia tuloksia voidaan pitää varsin kelvollisina.

5.3.4 Alatutkimuskysymys 4) Miten konventionaalisen ja autonomisen aluksen kustannukset käyttäytyvät eri tulevaisuudenskenaarioissa?

Kustannusten käyttäytyminen eri skenaarioissa on käyty esimerkein tarkasti läpi luvuissa 5.2.1–5.2.3. Tässä luvussa tiivistetään saadut tulokset lyhyesti. Kustannusten kannalta kriittisimmät erot eri kustannuksissa syntyvät autonomisten alusten alemmista toimintakustannuksista, hankalasti arvioitavista matkakustannuksista ja autonomisen aluksen suurimmista investointikustannuksista.

Autonomiset alukset ovat kaikissa olosuhteissa toimintakustannusten osalta edullisempia alempien miehityskustannusten ansiosta. Ongelmaksi muodostuvat ristiriitaiset matkakustannukset. Autonomiset alukset kuluttavat todennäköisesti vähemmän polttoainetta kuin konventionaaliset alukset, mutta lyhyillä matkoilla tämä ei merkittävästi paranna aluksen kustannustehokkuutta, koska lyhyillä matkoilla alus on huomattavan suuren osan ajasta satamassa. Tästä johtuen satamakustannusten rooli on varsin suuri. arvioiden mukaan on mahdollista, että autonomisten alusten satamakustannukset ovat korkeammat kuin konventionaalisisilla aluksilla. Satamakustannusten hallitsevan roolin ansiosta, tämä saattaa tehdä autonomisesta aluksesta kokonaisuutena konventionaalista alusta kalliimman operoida. Kolmas keskeinen seikka on se, että kaikissa tapauksissa autonomisen aluksen kustannussäästöt realisoituvat varsin myöhään elinkaarella suurten investointikulujen takia.

5.3.5 Päättökysymys: Mitä eroja on autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen elinkaarikustannuksissa varustamolle aikavälillä 2020–2040 erilaisissa tulevaisuudenskenaarioissa lyhyillä merimatkoilla Itämeren kaltaisessa toimintaympäristössä?

Keskeisimmät erot autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen elinkaarikustannuksissa ovat autonomisen aluksen pienemmät toimintakustannukset ja satamakustannuksista voimakkaasti riippuvat matkakustannukset sekä autonomisen aluksen suuremmat investointikulut. Nämä kolme seikkaa selittävät pääosin eri skenaarioiden tulokset.

Jotta autonominen alus kannattaisi lyhyissä merikuljetuksissa, olisi suotavaa, että alus saataisiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa täysin miehittämättömäksi. Tämä on kriittistä aluksen kustannustehokkuuden kannalta. Toinen kriittinen havainto on se, että aivan lyhyillä matkoilla autonominen alus ei kannata mikäli sen satamakustannukset ovat merkittävästi korkeammat kuin konventionaalisisella aluksella. Mikäli satamakustannukset olisivat samat kuin konventionaalisisella aluksella, tilanne olisi toisin. Satamakustannukset ovat hallitsevia lyhyillä matkoilla.

Näyttäisi siltä, että autonomiset alukset ovat kannattavia vain tietyissä olosuhteissa lyhyillä merimatkoilla. Pidemmät matkat ovat autonomisten alusten kannalta parempia. Käytännön syistä johtuen on kuitenkin oletettu, että autonomiset alukset tulevat aluksi käyttöön lyhemmillä paikallisilla reiteillä. Kriittistä on satamatoiminnan integrointi siten, että satamakustannukset eivät nousisi kohtuuttomiksi miehittämättömien alusten kohdalla. Toinen kriittinen seikka on se, että tekniikan ja lainsäädännön on kehityttävä siten, että alus pystyy liikkumaan turvallisesti täysin ilman miehistöä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämä on kriittistä, jotta alempia miehistökustannuksia pystytään hyödyntämään kunnolla.

5.4 Tulosten vertaaminen aiempaan tutkimukseen

Tulokset pitävät yhtä melko hyvin aikaisempien arvioiden kanssa (Rødseth & Burmeister 2012, 2015; Kretschmann ym. 2015; AAWA 2016; MUNIN 2016). Pidemmät merimatkat ja hitaat nopeudet ovat teoriassa autonomisten alusten suurin etu. Lyhemmät matkat kannattavat tämän tutkielman tulosten valossa vain, mikäli etenkin satamakustannukset pystytään pitämään kurissa. Tutkielman tulokset kuitenkin osoittavat selvästi, että tietynlaisissa olosuhteissa autonomisella aluksella on myös selviä etuja konventionaaliseen verrattuna lyhyilläkin merimatkoilla. Näiden tulosten valossa on kuitenkin erittäin epätodennäköistä, että autonominen irtolastialus tulisi korvaamaan konventionaalisen irtolastialuksen kokonaan vielä pitkään aikaan missään olosuhteissa. Lopuksi on kuitenkin vielä muistettava, että tämän tutkielman hypoteettinen case ja laskentamalli ovat vain suuntaa antavia yksinkertaistuksia todellisuudesta, joten tutkimuksen tuloksia ei voi yksinään pitää ohjenuorana tulevaisuutta koskeville päätöksille. On syytä myös huomioida, että tutkielmaa tehdessä epävarmassa tilanteessa kustannukset arvioitiin siten, että tulokset eivät olisi liian myönteisiä – etenkin autonomisten alusten osalta. Hieman positiivisemmilla arvioilla tulokset voisivat olla hyvinkin erilaiset, sillä marginaalit olivat läpi tutkimuksen melko pienet. Tulokset kuitenkin antavat selvät suuntaviivat sille, mitkä ovat autonomisen aluksen keskeiset rajoitteet ja edut konventionaaliseen alukseen verrattuna taloudellisessa mielessä lyhyissä merikuljetuksissa.

Koska autonomisen aluksen kustannusedut saavutetaan useimmiten vasta muutaman vuoden käytön jälkeen, ja satamakustannukset ovat kriittisessä asemassa, voitaisiin olettaa etenkin teollisten kuljetusten sopivan hyvin autonomisille aluksille. Tällaisessa toiminnassa kuljetussopimukset ovat pitkäkestoisia ja satamatoiminnot tyypillisesti hyvin integroituneita. Pitkäkestoiset sopimukset mahdollistaisivat autonomisten alusten kustannusrakenteen parhaan mahdollisen hyödyntämisen. Myös satamakustannuksiin ja -infrastruktuuriin liittyvät ongelmat ovat helpommin ratkaistavissa, jos alus kulkee pitkän aikaa samaa ennalta määrättyä reittiä, esimerkiksi vain kahden sataman välillä.

6 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA YHTEENVETO

6.1 Tutkielman luotettavuus

Tässä tutkielmassa käytetään Lincolnin ja Guban (1985) kvalitatiivisen tutkimuksen arviointiin soveltuvaa kriteeristöä tutkielman monimenetelmäisyyden takia. Perinteinen kvantitatiivisen tutkimuksen laadun arvioinnin kriteeristö ei sovellu tämän tutkielman tarpeisiin vaikka tutkielmassa on myös runsaasti kvantitatiivisiakin piirteitä. Tässä kriteeristössä tutkimuksen luotettavuus syntyy uskottavuudesta (*credibility*), siirrettävyydestä (*transferability*), varmuudesta (*dependability*) ja vahvistettavuudesta (*confirmability*). Uskottavuudella tarkoitetaan tulosten ja johtopäätösten oikeellisuutta. Tämä on rinnastettavissa klassisen kriteeristön sisäiseen validiteettiin. Siirrettävyys on rinnastettavissa ulkoiseen validiteettiin. Käytännössä tällä tarkoitetaan esimerkiksi siirrettävyyttä toiseen tutkimusympäristöön. Varmuudella tarkoitetaan tulosten ja tutkimusprosessin suhdetta ja tulkinnan pysyvyyttä. Tämä voidaan rinnastaa reliabiliteettiin. Vahvistettavuudella tarkoitetaan objektiivisuutta, eli sitä kuinka riippuvaisia tulokset ovat tulkitsijasta. (Lincoln & Guba 1985, 294–301.) Tämä kriteeristö valittiin, koska sen monet elementit ovat rinnastettavissa perinteisen kvantitatiivisen tutkimuksen laadun kriteereihin. Tämä mahdollistaa sekä kvalitatiivisten että kvantitatiivisten osien luotettavuuden arvioinnin.

Sisäiseen validiteettiin rinnastettavissa oleva uskottavuuden varmistaminen tässä tutkielmassa on melko helppoa. Laskentamalli ja hypoteettinen case on luotu mittaamaan juuri niitä ominaisuuksia, joita tutkielmassa haluttiin mitata. Näin ollen on melko selvää, että laskentamallin tuottavat tulokset antavat tietoa juuri niistä asioista, joista tietoa haluttiin saada.

Klassisessa mielessä tutkielman yleistettävyys on melko huono. Tutkielman menetelmät antavat vain vastauksen kysytyyn kysymykseen tietyissä olosuhteissa. Jos asiaa kuitenkin pohditaan Lincolnin ja Gubanin esittämän siirrettävyys-käsitteen mukaan, asia voidaan nähdä toisinkin. Vaikka tulokset eivät perinteisessä mielessä ole yleistettävissä, niin itse tutkimusprosessi on helposti siirrettävissä toiseen ympäristöön. Näin olisi mahdollista tutkia tutkittavaa ilmiötä myös muissa ympäristöissä. Syy-seuraussuhteet eivät muutu eri ympäristöissä erilaisiksi. Vain niiden tuottamat tulokset muuttuvat.

Kvantitatiivisten osioiden varmuus on tässä tutkielmassa hyvin suuri. Tulokset ovat hyvin yksiselitteisiä, ja väärien tai epätarkkojen tulosten saaminen on käytännössä mahdotonta. Sen sijaan kvalitatiivisten osioiden varmuus on vaikeammin määriteltävä. Ennusteiden analysointi ja tutkielmaan tarvittavien ennusteiden luonti kvalitatiivisin menetelmin on aina jossain määrin tulkinnanvaraista. Tutkijan perustelut ja valinnat on kyllä kuvattu yksityiskohtaisesti, mutta tämä ei tarkoita, sitä etteikö joku muu tutkija voisi päätyä eri tulkintoihin samasta aineistosta. Tutkielmassa tuodaan kuitenkin selvästi ilmi,

millä argumentein tutkimusaineistosta on päädytty johtopäätöksiin, joten varmuus on kuitenkin tältä kantilta katsottuna melko hyvä.

Vahvistettavuuden osalta tutkielman tulokset ja johtopäätökset ovat melko objektiivisiä. Numeeriset lopputulokset ovat melko yksiselitteisiä. Ongelmaksi tälläkin osa-alueella muodostuu ennustamisprosessi, joka on kaikesta huolimatta melko subjektiivinen, mutta selkeästi kuvattu. Tämä luonnollisesti vaikuttaa myös lopputulosten vahvistettavuuteen negatiivisesti.

Yleisesti ottaen tutkimuksen tutkimusprosessi on kuvattu läpinäkyvästi ja yksityiskohdaisesti. Tästä huolimatta tulevaisuuden skenaarioiden luominen on lopulta melko subjektiivinen prosessi ja näin tulokset eivät ole perinteisessä mielessä kovin yleistettävissä. Tutkielman perimmäinen tarkoitus on kuitenkin selvittää syy-seuraussuhteita ja näiden tulkitseminen on huomattavasti objektiivisempaa ja helpommin siirrettävissä myös toiseen ympäristöön. Näin ollen tutkimuksen luotettavuutta voidaan pitää edellä mainittuja varuksia lukuun ottamatta melko hyvänä.

6.2 Yhteenveto ja tutkielman rajoitteet

Meriliikenteen heikko taloudellinen tilanne on saanut sekä varustajat että muut meriliikenteen ja -tekniikan toimijat puristamaan nykyisestä alustekniikasta kaiken mahdollisen irti. Näyttäisi kuitenkin siltä, että tämäkään ei ole riittävää. Meriliikenteen nykyinen liiketoimintamalli ja alustekniikka ovat saavuttaneet kypsyyssvaiheen ja uusia hyötyjä ei ole enää saavutettavissa nykyisillä toimintatavoilla ja tekniikoilla. Meriliikenne on nyt kuitenkin siirtymässä uuteen digitaaliseen vaiheeseen, joka mahdollistaa sekä liiketoimintamallien että alustekniikan kehityksessä uuden vaiheen. Uudet mahdolliset liiketoimintamallit ja tekniikat kulkevat käsi kädessä, mutta uusi tekniikka on kuitenkin se, mikä muutoksen pohjimmiltaan mahdollistaa.

Autonomisten älyalusten on esitetty olevan seuraava harppaus alustekniikassa ja keskeinen elementti meriliikenteen digitalisaatiossa. On ehdotettu, että ne ovat taloudellisempia ja ympäristöystävällisempiä, ja niiden uskotaan mahdollistavan uusia liiketoimintamalleja. Teoriassa miehittämättömien alusten suurimmat edut ovat pitkissä merikuljetuksissa, mutta käytännössä niiden oletetaan tulevan kuitenkin liikenteeseen aluksi lyhemmillä paikallisilla reiteillä. Tämän tutkielman tarkoituksena olikin vertailla autonomisen ja konventionaalisen irtolastialuksen kustannusrakenteita lyhyissä merikuljetuksissa Itämeren kaltaisissa olosuhteissa. Tutkielmassa otettiin siis kantaa vain taloudellisiin seikkoihin ja vielä rajatumminkin ainoastaan kustannuksiin. Tämä tutkimusasetelma mahdollisti yksinkertaisimman mahdollisen tavan tutkia alustyyppien eroja.

Tutkimustulokset osoittavat, että autonomisella aluksella on tietyin varuksin taloudellisesti paljon potentiaalia myös lyhemmissä merikuljetuksissa. Lyhyillä matkoilla satamakustannusten rooli on kriittisessä asemassa kokonaiskustannusten kannalta. Autonomisen aluksen pienemmällä polttoaineen kulutuksella ei saavuteta merkittäviä etuja lyhyillä matkoilla vaan edut saavutetaan erityisesti alempien miehityskustannusten kautta. Keskeistä on satamakustannusten taso. Kirjallisuudessa on esitetty useita väitteitä sen puolesta, että satamakustannukset olisivat autonomisella aluksella korkeammat ja mikäli asia tulisi näin menemään, tulisi se rajoittamaan autonomisten alusten taloudellista kannattavuutta merkittävästi lyhyissä merikuljetuksissa. Käytännössä näyttäisi kuitenkin siltä, että tämä satamakustannusten ongelma on otettu huomioon autonomisten alusten suunnittelussa, koska esimerkiksi tässäkin tutkielmassa useaan kertaan esille nostettu todennäköisesti ensimmäinen autonominen alus YARA Birkeland hyödyntää täysin automatisoitua konttisatamaa.

Tutkimuksen merkittävin rajoite lienee se, että tutkimuksessa ei huomioitu ollenkaan aluksen tuottavuutta, vaan ainoiden erojen oletettiin syntyvän kustannuksista. Toisaalta tämä valinta mahdollisti yksinkertaisen ja yksiselitteisen tavan analysoida tuloksia ja löytää syy-seuraussuhteita, mutta toisaalta se on hieman ristiriidassa sen ajatuksen kanssa, että autonomisten alusten hyödyt eivät pelkästään rajoitu alempiin kustannuksiin vaan sisältävät myös paremman tuottavuuden ja uudet mahdolliset liiketoimintamallit. Paremman tuottavuuden tutkiminen ja uusien liiketoimintamallien kartoittaminen ovatkin tärkeitä seuraavia aiheita autonomisten alusten ja meriliikenteen digitalisaation tutkimuksessa. Tutkielmassa saatiin kuitenkin selville se, että autonomisella aluksella on pelkästään kustannukset huomioon ottaen tietyissä olosuhteissa etuja konventionaaliseen alukseen verrattuna. Parempi tuottavuus ja uudet liiketoimintamallit todennäköisesti vain lisäävät autonomisten alusten hyödyllisyyttä, mutta tämä seikka jää tulevien tutkimusten ja käytännön sovellusten ratkaistavaksi.

LÄHTEET

- AAWA (2016) *Remote and Autonomous Ship - The next steps*. Rolls-Royce, <<https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/21-06-2016rr-publishes-vision-of-the-future-of-remote-and-autonomous-shipping.aspx>>, haettu 2.3.2017.
- Acciaro, M. (2013) A Critical Review of Port Pricing Literature: What Role for Academic Research? *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 29 (2), 207–228.
- Ackerman, E. (2014) *Unmanned Cargo Ships Face Industry Resistance, Are a Good Idea Anyway*. IEEE Spectrum, <<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/unmanned-cargo-ships-face-industry-resistance-are-a-good-idea-anyway>>, haettu 2.3.2017.
- Andreewsky, E. – Bourcier, D. (2000) Abduction in language interpretation and law making. *Kybernetes*, Vol. 29 (7/8), 836–845.
- Begg, D. – Fischer, S. – Dornbusch, R. (2008) *Economics*. 9th ed. McGraw-Hill, London.
- Bower, J.L. – Christensen, C.M. (1995) Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, Vol. 73 (1), 43.
- Breivik, M. (2010) *Topics in guided motion control of marine vehicles*. Norwegian University of Science and Technology.
- Bunker Index (2017) *Bunker Index MDO*. <http://www.bunkerindex.com/prices/bixfree.php?priceindex_id=4>, haettu 15.1.2017.
- Clarksons (2016) *The Bulk Carrier Register*. Aapa Seaports, <<http://www.naylornetwork.com/aap-nwl/articles/index-v2.asp?aid=375387&issueID=44793>>, haettu 20.2.2017.
- DIMECC Oy (2017) *One Sea Autonomous Maritime Ecosystem*. DIMECC Oy, <<https://www.oneseaecosystem.net/about/>>, haettu 5.7.2017.
- Dubois, A. – Gadde, L. (2002) Systematic combining: An abductive approach to case research. *Journal of Business Research*, Vol. 55 (7), 553–560.
- Gartner (2017) *Digitalization*. Gartner IT Glossary, Gartner, Inc., <<http://www.gartner.com/it-glossary/digitalization>>, haettu 9.10.2017.
- Goulielmos, A.M. (2017) The “Kondratieff Cycles” in Shipping Economy since 1741 and till 2016. *Modern Economy*, (8), 308–332.
- Greiner, R. (2014) *OpCost 2014*. Moore Stephens.
- Grinin, L.E. – Grinin, A.L. – Korotayev, (2017) A. Forthcoming Kondratieff wave, Cybernetic Revolution, and global ageing. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol 115, (February 2017), 52–68.

- Hainsworth, D.W. (2001) Teleoperation User Interfaces for Mining Robotics. *Autonomous Robots*, Vol. 11 (1), 19–28.
- Hurmerinta-Peltomäki, L. – Nummela, N. (2006) Mixed Methods in International Business Research: A Value-added Perspective. *Management International Review*, Vol. 46 (4), 439–459.
- IMO (2008) *Go to Sea!: A Campaign to attract entrants to the shipping industry*. International maritime Organization, <<http://www.imo.org/OurWork/HumanElement/GoToSea/Documents/Gotosea!campaigndocument.pdf>>, haettu 6.7.2016.
- IMO (2017) *Maritime Autonomous Surface Ships Proposal for a regulatory scoping exercise*. International maritime Organization.
- Johnson, H. – Styhre, L. (2015) Increased energy efficiency in short sea shipping through decreased time in port. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 71 167–178.
- King, J. (2001) Technology and the course of shipping. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 44 (9–10), 567–577.
- Kinnunen, J. – Laitinen, E. – Laitinen, T. – Leppilampi, J. – Puttonen, V. (2007) *Avain laskentatoimeen ja rahoitukseen*. KY-Palvelu Oy, Keuruu.
- Koh, H. – Magee, C.L. (2006) A functional approach for studying technological progress: Application to information technology. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 73 (9), 1061–1083.
- Kongsberg Maritime. (2017) *Autonomous ship project, key facts about the YARA Birke-land*. Kongsberg Maritime, <<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AIWeb/4B8113B707A50-A4FC125811D00407045?OpenDocument>>, haettu 17.5.2017.
- Korotayev, A. – Zinkina, J. – Bogevolnov, J. (2011) Kondratieff waves in global invention activity (1900–2008). *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 78 (7), 1280–1284.
- Kretschmann, K. – Rødseth, Ø. – Fuller, B.S. – Noble, H. – Horahan, J. – McDowell, H. (2015) *D9.3: Quantitative assessment*. MUNIN project.
- Landry, R.J. – Boutin, P. – Constantinescu, A. (2006) New anti-jamming technique for GPS and GALILEO receivers using adaptive FADP filter. *Digital Signal Processing*, Vol. 16 (3), 255–274.
- Lappalainen, A. (2013) *Scenario-based traffic forecasts for routes between the penta ports in 2020*. Turun yliopisto, Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja.
- Liikennevirasto (2016) *Kotimaan vesiliikennetilasto 2015*. Liikenneviraston tilastoja 1/2016.

- Lincoln, Y.S. – Guba, E.G. (1985) *Naturalistic inquiry*. Sage, Newbury Park, Calif.
- Liu, Z. – Zhang, Y. – Yu, X. – Yuan, C. (2016) Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges. *Annual Reviews in Control*, Vol. 41, 71–93.
- Lloyd's (2011) Liner operators bleeding cash. November edn, Lloyds List Group, *Lloyd's Shipping Economist*.
- Macrotrends (2017) *LIBOR Rates - 30 Year Historical Chart*. Macrotrends, <<http://www.macrotrends.net/1433/historical-libor-rates-chart>>, haettu 20.2.2017.
- Mäkelä, T. – Kallionpää, E. – Paavilainen, J. – Pöllänen, M. – Liimatainen, H. (2011) *Itämeren kuljetusjärjestelmän tulevaisuuden skenaarioita Vaikutukset Suomen näkökulmasta*. Trafi, Trafín julkaisuja.
- MAN Diesel & Turbo (2012) *Propulsion of 30,000 dwt Handysize Bulk Carrier*. MAN Diesel & Turbo, <<http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/technical-papers/propulsion-of-30000-dwt-handysize-bulk-carrier.pdf?sfvrsn=12>>, haettu 20.2.2017.
- Maritime connector (2017) *Ship Sizes*. Maritime connector, <<http://maritime-connector.com/wiki/ship-sizes/>>, haettu 6.10.2017.
- MUNIN (2016) *Research in maritime autonomous systems project Results and technology potentials*. MUNIN project, <<http://www.unmanned-ship.org/munin/news-information/downloads-information-material/munin-dissemination/>>, haettu 20.2.2017.
- Popper, R. (2008) How are foresight methods selected? *Foresight : the Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy*, Vol. 10 (6), 62–89.
- Porathe, T. – Prison, J. – Man, Y. (2014) Situation Awareness in remote control centres for unmanned ships. *Human Factors in Ship Design & Operation*, 26–28. February 2014, London, UK
- Repka, S. – Ojala, L. – Jalkanen, J. – Alhosalo, M. – Niemi, J. – Pöntynen, R. – Solakivi, T. – Pohjola, T. – Haavisto, R. – Lensu, M. – Erkkilä-Välimäki, A. – Haukioja, T. – Kiiski, T. (2017) *Merenkulun kansainvälisen ilmasto- ja ympäristösääntelyn vaikutukset Suomen elinkeinoelämälle*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 55/2017.
- Rødseth, Ø, J. – Burmeister, H. (2012) *Developments toward the unmanned ship*. MUNIN project, <<http://www.unmanned-ship.org/munin/news-information/downloads-information-material/munin-papers/munin-on-the-isis-2012-information-on-ships-conference/>>, haettu 12.12.2016.
- Rødseth, Ø, J. – Burmeister, H. (2015) *D10.2: New ship designs for autonomous vessels*. MUNIN project, <<http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/10/MUNIN-D10-2-New-Ship-Designs-for-Autonomous-Vessels-MRTK-final.pdf>>, haettu 2.10.2017.

- Rolls Royce (2016a) *AAWA project introduces the project's first commercial ship operators*. Rolls Royce, <<http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-12-04-2016-aawa-project-introduces-projects-first-commercial-operators.aspx>>, haettu 15.12.2016.
- Rolls Royce (2016b) *Miehittämättömän meriliikenteen ekosysteemi - tiekartta merien digitalisaatioon –22.11.* 2016. Rolls Royce, Meriklusterin Tulevaisuusverstaas 2016, <http://meriteollisuus.teknologiateollisuus.fi/sites/meriteollisuus/files/file_attachments/Miehitt%C3%A4m%C3%A4tt%C3%B6m%C3%A4n%20meriliikenteen%20ekosysteemi%20-%20Sauli%20Eloranta%2C%20Rolls-Royce.pdf?utm_source=Merien+Markkinan%C3%A4kym%C3%A4t&utm_campaign=5d54d83106-EMAIL_CAMPAIGN_2016_11_25&utm_medium=email&utm_term=0_760582e4b5-5d54d83106-277666601>, haettu 9.10.2017.
- Saffarian, M. – De Winter, J.C.F. – Happee, R. (2012) Automated driving: human-factors issues and design solutions. *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 56*, 2296–2300.
- Sampson, B. (2014) SHIPS WITHOUT A CREW. *Professional Engineering*, Vol. 27 (12), 58.
- SEA-DISTANCES.ORG (2017) *SEA DISTANCES / PORT DISTANCES - online tool for calculation distances between sea ports*. SEA-DISTANCES.ORG, <<https://sea-distances.org/>>, haettu 26.7.2017.
- Sheridan, T.B. (1993) Space teleoperation through time delay: review and prognosis. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 9 (5), 592–606.
- Ship & Bunker (2017) *Rotterdam Bunker Prices*. <<https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#ULSFO>>, haettu 17.5.2017.
- Sisula-Tulokas, L. – Tulokas, M. (2007) *Kuljetusoikeuden perusteet*. 3. uud. p. Talentum, Helsinki.
- Spens, K.M. – Kovács, G. (2006) A content analysis of research approaches in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 (5), 374–390.
- Stopford, M. (2009) *Maritime economics*. 3rd. Routledge, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, OX14 4RN.
- Stopford, M. (2016) *Smart Shipping & The 4th Sea Transport Revolution*. Clarkson Research.
- Suomen merilaki* (1994) Liikenne- ja viestintäministeriö, <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940674>>.
- Tang, M. – Zannetos, Z.S. (1992) Competition under Continuous Technological Change. *Managerial and Decision Economics (1986-1998)*, Vol. 13 (2), 135–148.

- Tezdogan, T. – Incecik, A. – Turan, O. – Kellett, P. (2016) Assessing the Impact of a Slow Steaming Approach on Reducing the Fuel Consumption of a Containership Advancing in Head Seas. *Transportation Research Procedia*, Vol. 14 1659–1668.
- Turun yliopisto (2015) AAWA – *Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative*. Turun yliopisto, <<https://www.utu.fi/en/units/law/research/research-projects/Pages/aawa.aspx>>, haettu 12.12.2016.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2016) *Suomen meriklusteri kohti 2020-lukua*, Työ- ja Elinkeino ministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja.
- UNCTAD (2016) *Review of Maritime Transport. UNCTAD/RMT/2016*, United Nations Publication.
- Van Hooydonk, E. (2014) The law of unmanned merchant shipping – an exploration. *The Journal of International Maritime Law*, Vol. 20 403–423.
- Veryzer, R.W. (2003) Marketing and the Development of Innovative New Products. *The International Handbook on Innovation*, ed. L.V. Shavinina, Pergamon, Oxford, 845–855.
- Wahlström, M. – Hakulinen, J. – Karvonen, H. – Lindborg, I. (2015) Human Factors Challenges in Unmanned Ship Operations – Insights from Other Domains. *Procedia Manufacturing*, Vol. 3 1038–1045.
- Wärtsilä Oyj (2010) *Shipping scenarios 2030*. Wärtsilä, <<http://www.shippingscenarios.wartsila.com/>>, haettu 27.7.2017.
- Wikimedia Commons (2017) *Bulk carrier general arrangement english.png*. Wikipedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bulk_carrier_general_arrangement_english.png>, haettu 27.7.2017.
- Woodside, A.G. (1996) Theory of rejecting superior, new technologies. *The Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 11 (3/4), 25–43.
- Zwick, T. (2002) Employee resistance against innovations. *International Journal of Manpower*, Vol. 23 (6), 542–552.