



**TURUN
YLIOPISTO**

Kauppakorkeakoulu

MERLOG 2030

Merikuljetusten logistiikka ja ulkomaankaupan kilpailukyky

Lauri Ojala, Pentti Kujala, Tomi Solakivi, Tuomas Kiiski,
Morten Lindeberg ja Vesa Kilpi

TURUN KAUPPAKORKEAKOULUN JULKAISUJA
SARJA E-1:2020

Tiivistelmä

Väylämaksujen uudistustarpeen taustalla on muun muassa kauppalaivastolle tulevat uudet kansainväliset energiatehokkuuden ja päästövähennysten vaatimukset. Nämä muutokset vaikuttavat myös jäänmurron tarpeen suunnitteluun merkittävästi, kun otetaan huomioon niin muuttuvat aluskoot, liikennemäärät ja vaihtelevat jääolosuhteet Suomen merialueella.

Selvityksessä hyödynnetään Aalto-yliopiston WINMOS-mallinnusta jäänmurron vaikutusarvion pohjana. Simulaation avulla mallinnetaan jäänmurron tarpeita erilaisissa jääolosuhteissa ottaen huomioon alusten jäissäkulkukyvyn muutokset uusien EEDI-alusten tullessa liikenteeseen. Lisäksi selvitystyössä vertaillaan väylämaksurakenteita eri maissa ja väylämaksujen ohjausvaikutusta kauppalaivaston jäissäkulkuominaisuuksia valittaessa. Mallinnusten perusteella selvityksessä arvioidaan talvimerenkulun kustannusten muutosten vaikutuksia merenkulutraloudelle ja kansataloudelle yleensä.

Merenkulun kansainvälisen sääntelyn vaikutukset Suomen merenkulun rakenteeseen, kustannuksiin ja erityisesti talvimerenkulun toteutusedellytyksiin tulevat 2020-luvulla olemaan merkittäviä. Keskeisimpiä, osin hankalasti ennakoitavia sääntelymuutosten vaikutuksia syntyy mm. EEDI- määräysten muutoksista erityisesti ro-ro- ja irtolastialusten aluskannan muutoksiin (mm. asennettu konetehto; rungon koko ja erityisesti leveys mahdollisesti yli 26 m:n aluksiin; keskimääräisen aluskoon kasvu).

Selvityksessä on tarkasteltu Suomeen liikennöivän aluskannan kehitystä 2010-luvulla, ja arvioitu sen perusteella, miten aluskanta tulee kehittymään vouteen 2030 mennessä. Mikäli aluskannan kehitys jatkuu samanlaisena vuoteen 2030 saakka, on Suomeen liikennöivä aluskalusto keskimäärin noin 23 % kannattavuudeltaan (DWT) suurempaa kuin vuonna 2017. Olettaen, että muutos aluskoossa on symmetrinen koko aluskalustolle, ja muiden muuttujien pysyessä ennallaan, vuoden 2030 kuljetussuorite kyettäisiin kuljettamaan 13 % nykyistä pienemmällä määrällä aluskäyntejä.

Tässä selvityksessä talvimerenkulkua vuonna 2030 mallinnettiin WINMOS-mallinnuksen skenaarioissa, joissa lähtöarvona oli nykyinen jäänmurtaajien määrä (9). Tarkastelussa oli myös skenaariot, jossa ns. EEDI-alusten osuus kaikista aluskäynneistä oli 35 %, ja samalla leveydeltään yli 26 m:n alusten määrä oli kasvanut.

Talvimerenkulun järjestelmän herkkyyttä muutoksille mallinnettiin simuloimalla tilanteita, joissa jäänmurto toteutetaan nykyistä suuremmilla ja pienemmilla murtajamäärillä. Yhden murtajan lisäyksellä kovan jäätalven viivekustannukset pysyvät nykyisellä tasolla, useammalla lisämurtaajalla saavutetaan varsin vähän kustannussäästöjä. Murtajamäärän vähentäminen nykyisestä sen sijaan lisää viivästysten aiheuttamia kustannuksia merkittävästi.

Tuloksia tulkittaessa tulee muistaa, että tässä tarkastelussa kuljetusten volyymit pysyivät ennallaan viivästyksistä huolimatta. Todellisuudessa viivästyksillä on kuitenkin merkittävä vaikutus liiketoiminnan kilpailukyvyille. Viivästysten kilpailukykyhaitta vastaa arviolta 0,6–2,1 prosenttia tuotteen arvosta päivää kohden. Viivästysten kasvaessa Suomen ulkomaankauppa menettää vähitellen hintakilpailukykyään, ja täten kaupan volyymi vähenee. Tässä esitelyjä viivästyskustannuksia voidaankin pitää kustannusten miniminä. Selvityksen tulokset tukevat käsitystä, jonka mukaan merenkulun uusien kansainvälisten sääntelyjen vaikutukset Suomen kauppamerenkulkuun ja logistiikan kustannuksiin ovat merkittäviä. Jäänmurron suorituskyvyllä on merkittävä vaikutus koko logistisen ketjun viiveisiin.

Tämän selvityksen päätulos jäänmurron kapasiteetin osalta on, että kapasiteetin nosto ei merkittävästi vähennä viivästyksistä aiheutuvia kustannuksia, mutta kapasiteetin lasku nostaa kustannuksia nopeasti ja merkittävästi.

Sisällys

Tiivistelmä	2
1 Johdanto	4
1.1 Selvityksen kohde ja tavoite	4
1.2 Selvitystyön aikataulu ja tekijät	4
1.3 Raportin rakenne	5
2 Väylämaksut Suomessa ja naapurimaissa	8
2.1 Suomen väylämaksut 2014	8
2.2 Väylä- ja luotsausmaksumallien vertailun parametrit	9
2.3 Väylämaksuvertailu	10
2.4 Luotsausmaksuvertailu	13
2.5 Väylä-, luotsaus- ja satamamaksujen yhteisvertailu	15
3 Jäänmurtokapasiteetin simulointi	19
3.1 MERLOG30-referenssisimulaation validointi ja laivojen odotusaika	19
3.2 Simulaatioiden merialueet ja satamat	19
3.3 MERLOG30-simulaatiot	20
3.4 Yhteenveto simulaatiotuloksista	26
4 Väylämaksutulon arviointi vuoteen 2030	30
4.1 Väylämaksun ohjausvaikutus	30
4.2 Väylämaksukertymän mallit	33
5 Meriliikenteen logistiikkakustannukset 2030	36
5.1 Ulkomaankaupan suomalainen aluskalusto	36
5.2 Suomen meriliikenteen kehitys vuoteen 2030	38
5.3 Suomen ulkomaankaupan alusliikenteen muutokset vuoteen 2030	41
5.3.1 Kansainvälinen sääntely	41
5.3.2 Aluskoko	42
5.3.3 Alusten jääluokka	43
5.3.4 Alusten ikärakenne ja EEDI-energiatehokkuusvaatimukset	44
5.4 Merenkulun kustannukset	46
5.4.1 Suorat kustannukset	46
5.4.2 Epäsuorat kustannukset	48
5.5 Viivästysten kustannukset Suomen alusliikenteessä	48
5.6 Jäänmurron kustannukset	51
5.7 Jäänmurron vaikutukset Suomen meriliikenteen CO ₂ -päästöihin	51
6 Yhteenveto ja johtopäätökset	53
Liitteet	57
Lyhenteet	73
Lähteet	74

1 Johdanto

1.1 Selvityksen kohde ja tavoite

Liikenne- ja viestintäministeriön vuonna 2018 asettama väylämaksutyöryhmä nosti esiin tarpeen selvittää väylämaksujärjestelmän mahdollista laajempaa uudistamista (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018). Työryhmän mukaan väylämaksun uudistamisen taustalla on merenkulun ja logistiikan lähitulevaisuuden muutokset. Uudistus tulisi tehdä niin, että saavutetaan yhteiskunnan ja elinkeinoelämän kannalta kestävä ja pitkäaikainen väylämaksun malli, samalla huolehtien vesiväylien ylläpidosta ja kehittämisestä.

MERLOG 2030 -selvityksen tavoitteena on tuoda taustatietoa väylämaksu-uudistuksen päätöksentekoa varten. Selvityksessä kuvataan väylämaksuun vaikuttavat aluskannan ja meriliikenteen muutokset vuoteen 2030 mennessä huomioiden myös ympäristö- ja huoltovarmuussäätelyn vaikutukset. Talvimerenkulun hyöty-kustannusanalyysia varten selvityksessä mallinnetaan ns. kovan ja leudon jäätalven vaikutus merilogistiikkaan ja jäänmurron tarpeeseen.

Selvityksessä talvimeriliikenteen mallinnukseen käytetään Aalto-yliopiston Liikenneviraston tarpeisiin kehittämää WINMOS-simulointimallinnusta. Simulointimallilla on mahdollista analysoida varsin monipuolisesti erilaisia talvimerenkulun skenaarioita sääolojen, liikenne- ja alusmäärien, reittien ja erilaisten alustyyppien osalta sekä tarkastella käytössä olevaa tai tarvittavaa jäänmurtokapasiteettia kussakin skenaariossa. Tässä selvityksessä simuloinnin tuottamia malleja hyödynnetään arvioitaessa Talven aiheuttamien logistiikan viiveiden ja jäänmurron kustannusten kokonaisvaikutuksia Suomen ulkomaankaupalle.

Mallinnuksen ja analyysin tulosten kokonaistarkastelussa otetaan huomioon Suomen meritse tapahtuvan ulkomaankaupan toimintaympäristössä tapahtuvat vuoteen 2030 saakka ennakoitavissa olevat muutokset. Selvityksen varsinainen lopputulema on päätöksentekoa tukevat skenaariotarkastelut seuraavien toisiinsa kytkeytyvien osakokonaisuuksien osalta:

- Jäänmurtokapasiteetin tarve lähitulevaisuudessa
- Suomen sopeutuminen alan kv. säätelyyn
- Väylämaksujen vaikutukset, Suomen ulkomaankaupan sujuvuus ja kilpailukyky huomioiden

Päätöksenteon tueksi yhdistetään simulointimallin ratkaisut ja toimitusketjun kokonaistarkastelu skenaarioissa, jotka ottavat huomioon mm. jääolojen, ulkomaankaupan volyymin, aluskannan, reittivaihtoehdot, kustannukset ja muut keskeiset muuttujat. Tarkastelussa pyritään esittämään eri asetelmien ns. hyvinvointivaikutukset eli positiiviset ja negatiiviset (taloudelliset tulot ja menot) vaikutukset keskeisille sidosryhmille, kuten tuojat, viejät, varustamot, muut logistiikkatoimijat, viranomaiset ja valtiovalta.

1.2 Selvitystyön aikataulu ja tekijät

Selvitystyö on toteutettu Aalto-yliopiston Meritekniikan yksikön ja Turun yliopiston kauppakorkeakoulun asiantuntijoiden yhteistyönä. Mallinnus ja skenaariotyöt aloitettiin maaliskuussa 2019. Aineiston keruu, simulointi ja vertailulaskelmat on tehty kesäkuun ja lokakuun välisenä aikana 2019.

Aalto-yliopiston tutkijaryhmä koostui Meritekniiikan yksikön asiantuntijoista professori Pentti Kujalan johdolla. Kyseinen ryhmä on myös kehittänyt nyt käsillä olevan tutkimuksen ytimessä olevan simulointimallin. Ryhmään kuuluvat:

- Professori Pentti Kujala, Aallon tutkijaryhmän johtaja
- DI Morten Lindeberg, WINMOS-mallin käyttö
- TKT Martin Bergström, talvimerenkulun simulointi

Turun yliopiston tutkijaryhmä koostui seuraavista Turun kauppakorkeakoulun (TuKKK) Toimitusketjujen johtamisen oppiaineen tutkijoista:

- Professori Lauri Ojala, TuKKK:n tutkijaryhmän johtaja (*)
- KTT, tutkijatohtori Tomi Solakivi; kuljetus- ja merenkulkutalous (*)
- KTT, tutkimuspäällikkö Tuomas Kiiski; merenkulkutalous (*)
- FT, erikoistutkija Vesa Kilpi; erityisasiantuntija
- KTK, Visa Kuntze; merenkulun kansantaloudellinen tarkastelu

Turun tutkijaryhmän keskeiset jäsenet (*) olivat mukana kesällä 2017 päättyneessä MERSU-hankkeessa, jossa selvitettiin merenkulun ympäristösääntelyn taloudelliset vaikutukset elinkeinoelämälle (VNK 2017). Ryhmän jäsenet ovat olleet myös keskeisessä roolissa alkuvuonna 2018 toteutetussa laajassa kansallisessa ”Logistiikkaselvitys 2018”-kyselyssä.

MERLOG-hankkeen yhteydessä toteutettiin professori Ojalan vetämän ResQU2-hankeosion sekä Merenkulun säätiön tuella myös ”Merenkulku kansantaloudessa”-erillistutkimus¹. Sen laativat TuKKK:lta KTK Visa Kuntze, professori Ojala sekä taloustieteen professori Heikki Kauppi. Kyseinen tutkimus päivittää aiemman, vuonna 1992 silloisen liikenneministeriön sarjassa julkaistun samannimisen selvityksen (Ojala ja Saarto 1992). Näin väylämaksutarkastelulle saadaan kansantaloudellinen kehikko, jota vastaan käsillä olevan selvityksen tuloksia on mahdollista peilata kokonaisvaltaisesti.

Lisäksi professori Ojalan ryhmä on tuottanut Huoltovarmuusorganisaation toimeksiannosta selvityksen ”Merenkulun huoltovarmuus ja Suomen elinkeinoelämä – toimintaympäristön tarkastelu vuoteen 2030”, joka valmistui joulukuun lopulla 2018 (Ojala et al. 2018). HVK-raporttia sekä siihen kerättyjä aineistoja on hyödynnetty myös tätä selvitystä tehtäessä.

1.3 Raportin rakenne

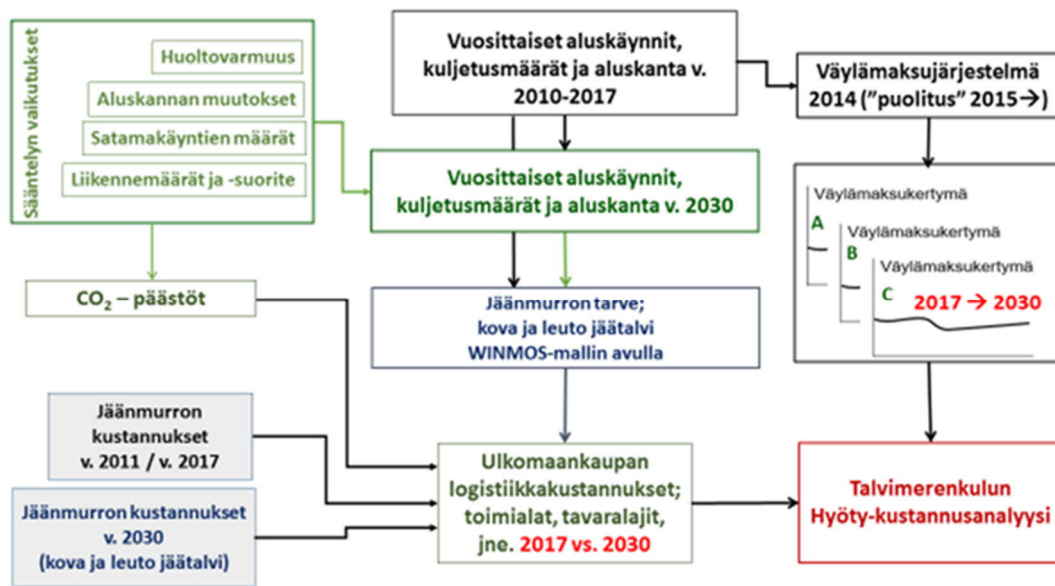
Hankkeen tavoitteena on ollut tuottaa päätöksentekoa varten talvimerenkulun hyöty-kustannusanalyysi. Analyysissä on otettu huomioon jäänmurron tarpeen vaihtelu sekä aluskäyntimäärien ja alustyyppien kehitys. Väylämaksujärjestelmän taloudellisia vaikutuksia (eli hyvinvointivaikutuksia) on tarkasteltu keskeisten sidosryhmien – tuonti- ja vientiyritykset, varustamot, logistiikkapalvelut, viranomaiset ja valtiovalta – kannalta. MERLOG-hankkeen kokonaisuus on kuvattu alla (Kuva 1).

Merenkulun ja logistiikan kokonaiskustannuksen tärkeitä osia ovat mm. väylämaksu, rannikon kauppamerenkulun palvelujen (ml. jäänmurto) kustannukset, alusliikenteen kustannukset, tavaraliikenteen viiveet sekä CO₂- eli hiilidioksidipäästöjen aiheuttamat kustannukset.

Lähtötilanteena on vuoden 2017 aluskanta ja –liikenne. Väylämaksut ovat vuoden 2014 järjestelmän mukaiset, ottaen huomioon vuonna 2015 tehty maksujen ”puolitus”. Jäänmurron tarvetta mallinnettaessa käytetään viimeisimmän ns. kovan jäätalven (2010–2011) sekä suhteellisen leudon jäätalven (2016–2017) liikennettä ja murtajatilannetta. Toteutuneen vuosien 2010–2017 liikenteen perusteella arvioitiin tilannetta vuonna 2030 huomioiden ennakoitavissa olevat sääntelyn vaikutukset esimerkiksi aluskantaan ja

¹ Liite D, Merenkulku kansantaloudessa -tutkimuksen tiivistelmä

liikennemääriin. Vuoden 2030 liikenne-ennusteesta luotiin skenaariot väylämaksujen ja viiveiden vaikutuksista logistiikkakustannuksiin.



Kuva 1. MERLOG-prosessin kuvaus

Taulukko 1 esittää vuoden 2030 skenaariotarkastelun vaihtoehdot, joista saadaan suuruusluokaltaan vertailukelpoiset aggregoidut lukuarvot päätöksenteon pohjaksi:

- Jäänmurron kokonaiskustannukset (talvimerenkulun avustus)
- Talvimerenkulun kustannukset varustamoelinkeinolle
- Väylämaksukertymän ja talvimerenkulun kustannukset päätoimialoille
- Jäänmurron ja kauppamerenkulun CO₂-päästöt²
- Jäänmurtajien tarve (lukumäärä)
- Väylämaksutulokertymä kokonaisuudessaan

Taulukko 1. 2030 Skenaariotarkastelujen kombinaatiot

Kova jäätalvi (verrokkina 2010– 2011)	Vertailutaso 2030
	EEDI- ja leveät laivat
	Lisämurtajien vaikutus
Leuto jäätalvi (verrokkina 2016–2017)	Vertailutaso 2030
	EEDI- ja leveät laivat

MERLOG 2030 -selvityksen luvussa 2 käydään läpi väylämaksun nykyinen rakenne ja verrataan Suomen maksuja naapurimaiden vastaaviin maksuihin. Selvityksen luvussa 3 kuvataan skenaariotarkastelujen mukaisesti WINMOS-jäänmurtomallinnuksella toteutetut simuloinnit ja niiden

² CO₂ päästöjä laskettaessa otetaan huomioon liikenne Suomen Leijonan majakan tasalta suomalaiseen satamaan

tuloksena saadut alusten kokonaisodotusajat erilaisissa talvimerenkulun olosuhteissa. Luvussa 4 arvioidaan liikennemääräennusteen pohjalta erilaisia väylämaksuratkaisuja ja niiden ohjausvaikutusta alusinvestointeihin. Luvussa 5 on koottu yhteen vuoden 2030 meriliikenteen kustannusennusteet.

Kustannusten arvioinnissa otetaan huomioon alusten tarve, koon kasvu, sääntelyn vaikutus ja alusliikenteen määrän muutokset. Jäänmurron vaikutus kokonaiskustannukseen perustuu WINMOS-mallinnuksella saatuihin alusten odotusaikoihin erilaisissa talviolosuhteissa. Luku 6 tiivistää selvityksen tulokset päätöksenteon pohjiksi tukemaan talvimerenkulun kustannusten optimointia Suomen koko kansantalouden kannalta.

2 Väylämaksut Suomessa ja naapurimaissa

2.1 Suomen väylämaksut 2014

Väylämaksujen nykyisen rakenteen tarkastelu perustuu dokumentoituihin tariffeihin ja näiden muutoksiin. Vaikka yleisesti käytössä on ilmaus väylämaksujen ”puolittamisesta”, kyse on enemmänkin koko väylämaksukertymän puolittumisesta. Tariffimuutos on toteutettu niin, että eri alustyyppien/lajien/aluskokojen väylämaksut ovat muuttuneet varsin eri tavoin. Taulukko 2 sisältää vuoden 2014 väylämaksun yksikköhinnat ja vuoden 2015 alennetut nettovetoisuuden (NT) mukaiset yksikköhinnat jääluokittain.

Taulukko 2. Väylämaksujen muutos 2014–2015; yksikköhinnat per nettotoni (NT)

Jääluokka	Lastialus			Matkustaja-alus		
	2014	2015	Muutos (%)	2014	2015	Muutos (%)
IA Super	1,277	0,470	-63	0,860	0,625	-27
IA	2,389	1,098	-54	1,694	1,294	-24
IB IC	4,821	2,578	-47	2,919	2,358	-19
II, III	6,918	4,381	-37	4,878	4,169	-15
	Yksikköhinta €/NT			Yksikköhinta €/NT		

Taulukko 3 esittää väylämaksutulot kokonaisuutena. Väylämaksumuutoksen kokonaisvaikutus on -46,7 % mutta jääluokkaan vaikutus vaihtelee suuresti ja on välillä -54 % – +70 %. Alustyyppiokohtainen vaihtelu on maltillisempaa. Pienin muutos (-13 %) on suurnopeusaluksilla ja suurin muutos (-54 %) koskee lastialuksia. Suurimmat muutokset on merkattu värikoodein. (Tervonen et al. 2017)

Vaikka toimeksiannon tarkoituksena oli pitäytyä vain väylämaksun tarkasteluun, on syytä suhteuttaa tuo veroluontoinen maksu myös luotsausta käyttävien luotsausmaksuihin. Kokonaiskäsitelyksen saamiseksi lakisääteisistä merenkulun maksuista, eli väylä- ja luotsausmaksuista, on nämä yhdistetty liitteen C taulukoissa.

Taulukko 3. Väylämaksutulot 2014 ja 2015 (milj. euroa) ja näiden alustyyppikohtaiset erot prosentteissa (Tervonen et al. 2017)

Alustyyppi	2014 milj. euroa	2015 milj. euroa	Erotus (%) 2014–2015
Risteilyalus	7,54	4,48	-40,5
Suurnopeusalus	0,01	0,08	-13,0
Matkustaja-alus	17,51	11,51	-34,3
Lastialus	60,55	29,61	-51,1
Kohdistamaton tai koneeton	0,24	0,14	-42,1
Yhteensä	85,93	45,82	-46,7
Jääloukka			
IA Super	19,14	10,07	-47,4
IA	32,10	16,87	-47,5
IB	4,36	2,95	-32,3
IC	2,76	1,74	-36,8
II	20,78	9,50	-54,3
III	0,03	0,06	70,8
Tuntematon (ei luokkaa)	6,76	4,63	-31,5
Yhteensä	85,93	45,82	-46,7

2.2 Väylä- ja luotsausmaksumallien vertailun parametrit

Tässä luvussa vertaillaan Suomen, Ruotsin, Viron, Norjan ja Venäjän merenkulun maksuja (väylä-, luotsaus- ja soveltuvin osin myös satamamaksuja). Tarkasteluyksikkönä laskelmissa on käytetty keskimääräistä satamakäyntikohtaista maksua per aluslajikohtainen lastinkantokyvyn mittayksikkö: DWCC, TEU, kaistametri tai matkustajamäärä (PAX). Vertailun havainnollistamiseksi Suomen luotsaus- tai väylämaksujen taso on kuvattu luvulla 100, johon muiden maiden maksut on suhteutettu.

Suomen väylämaksuhintoina on laskennassa käytetty vuoden 2014 hinnaston hintoja. (Taulukko 3). Muilta osin käytetyt hinnastot ovat tuoreimpia saatavilla olevia, eli vähintään vuodelta 2018. Ruotsin osalta käytössä on vuoden 2019 hinnasto. Venäjän osalta tietoina on käytetty Pietarin suursataman (Big Port of St. Petersburg) tietoja, joista on poistettu selkeästi satamamaksuihin rinnastettavat maksutyyppit. Valuuttakurssimuunnokset (RUB, SEK ja NOK) on laskettu vuoden 2018 päiväkohtaisten keskiarvojen pohjalta (Suomen Pankki 2019).

Taulukko 4 sisältää esimerkkialusten keskeiset tekniset tiedot. Aluskohtainen lastinkantokyky on oletettu olevan pääsääntöisesti 95 % aluksen kantavuudesta. Matkustaja-, kontti- ja ro-ro-alusten kohdalla on vastaavasti käytetty matkustajamäärää, 14 tonnin TEU-vetoisuutta ja kaistametrejä.

Vertailun esimerkkialukset ovat tyypillisiä Suomen meriliikenteessä vuonna 2017 liikennöineitä aluksia (Haaga ja Maersk Venta, jotka aloittivat liikennöinnin vasta vuonna 2018). Alukset on jaoteltu ensin aluslajeittain ja sen jälkeen koon perusteella kolmeen luokkaan (pieni, keskikoko ja iso). Aluslajikohtaiset satamakäyntimäärät on vakioitu alusryhmittäin laskennan helpottamiseksi. Pääsääntönä käytetyissä lukuarvoissa on, että säännöllisessä linjaliikenteessä (ro-ro- ja ro-pax-aluksilla) olevilla aluksilla on suurempi aluskäyntimäärä kuin haku- tai sopimusrahdatuilla aluslajeilla. Aluskäyntien oletetaan jakautuvan kuukausikohtaisesti mahdollisimman tasaisesti koko vuoden ajalle, eli esimerkiksi 90 käyntikerran tapauksessa ensimmäisen puolen vuoden aikana tehdään 7 käyntiä kuussa ja loppuvuonna 8 käyntiä.

Alusten on pääsääntöisesti oletettu olevan täydessä lastissa. Poikkeuksen muodostavat ro-pax-alukset, joiden Ruotsin matkustajamaksun laskennassa on käytetty oletusta, että vain puolet matkustajamäärästä poistuu aluksesta. Ro-pax-aluksen on oletettu olevan jääloukkaa IA Super ja ympäristöluokkaa A, kun taas muiden aluslajien alusten on oletettu olevan jääloukkaa IA ja ympäristöluokkaa B. Koska ro-pax-aluksilla

kulkee sekä matkustajia että rahtia, näiden alusten lastinkantokyky-yksikkönä on käytetty sekä matkustajamäärää (2800 PAX) ja rahdinkuljetuskapasiteettiä (1 275 kaistametriä).

Taulukko 4. Väylä- ja luotsausmaksuvertailussa käytettyjen esimerkkialusten tiedot, alusten ruotsalainen ympäristöluokan oletusarvo Viking Grace = A, kaikilla muilla = B; jääluokka ro-pax-aluksilla on IA Super ja muilla IA.

Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	NT	GT	DWCC	Satama-käynnit
Irtolasti- alus	Pieni	Mirva VG	1 636	3 405	4 691	20
	Keski	Haaga	7 655	19 955	24 255	20
	Suuri	Kumpula	18 358	33 958	53 531	20
Säiliöalus	Pieni	Baltic Wind	10 129	23 235	35 431	20
	Keski	Marilee	22 047	42 827	70 728	20
	Suuri	Mastera	30 846	64 259	100 898	20
Tuote- tankkeri	Pieni	Mainland	2 451	5 823	7 362	3
	Keski	Finnström	5 019	9 956	15 227	3
	Suuri	Furevik	10 205	26 634	35 228	3
Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	NT	GT	PAX ja kaistam.	Satama- käynnit
Ro-pax	Suuri	Viking Grace	38 039	57 565	2800 / 1275	532
Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	NT	GT	PAX.	Satama- käynnit
Risteily- alus	Pieni	Amadea	10 131	28 856	620	2
	Keski	Aurora	40 037	76 152	1 950	2
	Suuri	Celebrity Eclipse	82 363	121 878	2 850	2
Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	NT	GT	TEU á 14 tn	Satama- käynnit
Konttialus	Pieni	Antje Russ	2 530	5 056	333	6
	Keskikoko	Ida Rambow	7 284	11 622	720	6
	Suuri	Venta Maersk	16 947	34 882	2 400	6
Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	NT	GT	Kaistam.	Satama- käynnit
Ro-ro	Pieni	Polaris VG	2 728	7 944	500	90
	Keskikoko	Vasaland	6 163	20 544	2 170	90
	Suuri	Finntide	10 145	33 816	4 200	90

2.3 Väylämaksuvertailu

Taulukko 5 sisältää vertailun Suomen, Viron ja Ruotsin väylämaksurakenteista ja maksun määräytymisperusteista. Vertailun selkiyttämiseksi Norjan ja Venäjän maksurakenteet on jätetty tarkastelusta pois. Taulukossa 6 on verrattu naapurimaiden väylämaksuja Suomen väylämaksuihin, joissa on käytetty vuoden 2014 maksutariffia

Suomessa väylämaksu määräytyy aluksen nettotonneissa (NT) mitattavan koon, jääluokan, alustyyppin ja maksullisten käyntikertojen mukaan (Tulli 2019). Alustyyppiäottelun mukaan kaikki laskelmissa käytetyt alukset kuuluvat ro-pax- ja risteilyaluksiin lukuun ottamatta lastialuksiin. Ro-pax-alus on puolestaan matkustaja-alus, ja risteilyalus kuuluu nimensä mukaisesti risteilyaluksiin.

Viron järjestelmä muistuttaa hyvin läheisesti suomalaista järjestelmää, joskin aluskoon mittarina käytetään bruttotonnia (GT) ja erilaisia aluslajeja (Veteede Amet 2019).

Taulukko 5. Yhteenveto Suomen, Viron ja Ruotsin väylämaksurakenteista, vuosi 2019

Suomi						
Määräytymisperuste			Satamakäynti			
			Alustyyppi			
			Lastialus	Risteilyalus	Suurnopeus	Matkustaja- alus
			Aluskoko: nettovetoisuus			
			>= 300 *)	>= 300	-	>= 600
			Jääloukkakohtaiset yksikköhinnat (IA Super, IA, IB & IC, II & III)			
Alennus- peruste	Enimmäis- määrät	Käynnittäin (€)	53 875	22 250	53 875	16 215
		Vuosittain (krt)	10	-	30	
	Uudelleenlaivaus		-75 %	-	-	-
	Saimaan kanava		-50 %	-	-	-
	Vajaalasti		-50 % / -75 %	-	-	-
	Transitoliikenne		-50 %	-	-	-
	*) aluskoon ollessa > 25 000, ylittävä osuus kerrotaan puolitetulla jääloukkakohtaisella yksikköhinnalla					
Viro						
Määräytymisperuste			Satamakäynti			
			Aluslaji			
			Säiliöalus	Risteilyalus	Muut	Matkustaja- alus
			Aluskoko: bruttovetoisuus			
			Jääloukkakohtaiset yksikköhinnat (IA Super, IA ja muut)			
			Alennus- peruste	Enimmäis- määrät	Käynnittäin (€)	20 000
Vuosittain (krt)	10	3			10	60
Ruotsi						
Maksun kohde		Aluskohtainen osuus		Lastikohtainen osuus		
Maksulajit		Valmius	Satamakäynti	Matkustaja	Tavara	
Määräytymisperuste			Aluskoko: nettovetoisuus		Matkustajamäärä	Tavaratoni
			-	Ympäristöluokka	-	Tavaran arvo (korkea/matala)
Alennus- peruste	Kuukausikäynnit		3.-> 6. kerta: -25 % -> -100 %		-	-
	Risteilyliikenne		-50 %			
	Kaukoliikenne		-75 %	-	-	-
	Transit		-	-	-	-100 %

Venäjällä Suomen väylämaksuun rinnastettavia maksuja ovat jäänmurrosta, navigoinnista ja VTS:n käytöstä perittävät maksut, jotka pohjautuvat aluksen bruttovetoisuuteen ja vuodenaikaan (Rosmorport 2019). Vertailun laskuissa vuodenaikakohtainen vaihtelu on otettu huomioon käyttämällä vuodenaikojen välistä keskiarvoa.

Ruotsissa väylämaksu sisältää satamakäynti- ja valmiusmaksut, joiden veloituseriaatteet perustuvat aluksen ympäristöluokkaan, nettovetoisuuskohtaiseen aluskokoon ja kuukausikohtaisiin käyntikertoihin. Kuukauden kahdesta ensimmäisestä käyntikerrasta maksetaan täysi maksu. Seuraavilla kolmella käyntikerralla hinta alkaa vähitellen laskea. Viidennen käyntikerran jälkeiset käyntikerrat ovat tavara- ja matkustajamaksua lukuun ottamatta ilmaisia (Sjöfartsverket 2019). Kultakin käyntikerralta perittävää kiinteää tavara- ja/tai matkustajamaksua veloitetaan kuljetetun volyymin ja lajin perusteella.

Taulukossa 6 verrattaessa Suomen väylämaksujen vuotuista tasoa Ruotsiin, Viroon ja Venäjään. Vertailussa voidaan huomata, että pääsääntöisesti Virossa väylämaksujen taso on Suomea alempi. Viron maksujärjestelmän eroavaisuus, joka myös osaltaan selittää ro-pax-aluksissa hintaeroa Suomen eduksi, on vuotuisten maksullisten käyntikertojen määrä (matkustaja-aluksien kohdalla Suomessa 30 ja Virossa 60).

Ruotsin väylämaksun taso on Suomeen nähden osin kahtiajakautunut. Irtolasti- ja ro-ro-aluksissa suomalainen hintataso on ruotsalaista matalampi, kun taas muissa aluslajeissa Ruotsi on Suomea halvempi. Erityisesti risteilyaluksissa esiintyy merkittävä hintaero, mikä johtunee Ruotsin risteilyaluksien alennusjärjestelmästä.

Ro-ro-alusten huomattava hintaero puolestaan selittynee vuotuisten maksullisten käyntikertojen erolla ja Ruotsissa jokaiselta käyntikerralta veloitettavasta tavaramaksusta. Esimerkin 90 käyntikerran tapauksessa Suomessa maksullisia käyntikertoja on vain 10 (11 %), kun taas Ruotsissa vastaava luku on 5 per kuukausi eli yhteensä 60 (67 %). Ro-pax-alusten osalta Ruotsin hintataso on Suomen tasolla. Vertailussa on syytä huomata esimerkialus Viking Gracen korkea ympäristöluokka, jota Ruotsin väylämaksujärjestelmä tukee alennuksin.

Venäläinen hintataso noudattelee pääpiirteittäin ruotsalaista, joskin konttialuksille myönnettävät alennukset ja määrälennusten puuttuminen (ei vuosikohtaista maksullisten käyntikertojen leikkuria) selittävät osaltaan poikkeamia suomalaiseen hintatasoon. Venäjän järjestelmässä myönnetään huomattavia alennuksia konttilaivoille, minkä vuoksi väylämaksut ovat vain noin kolmanneksen Suomen hintatasosta. Sitä vastoin ro-pax-aluksen kaltaiselle Venäjän väylämaksut ovat Suomeen nähden hyvin kalliita pääosin käyntikerta-alennusten puuttumisen vuoksi.

Taulukko 6. Suomen vuoden 2014 väylämaksutariffiin perustuva keskimääräinen vuotuinen satamakäyntikohtainen väylämaksu IA-jäluokan aluksilla vuonna 2019 aluslajeittain per aluksen lastinkantokyky-yksikkö Suomessa verrattuna Ruotsiin, Viroon ja Venäjään (Suomi = 100, punainen väri = Suomea matalampi hintataso; Euroina vuoden 2018 Suomen Pankin keskikursseilla)

Alustyyppi ja lastinkantokyky-yksikkö		Maa Suomi = 100			Satama- käynnit
		Ruotsi	Viro	Venäjä*	
Irtolastialus (DWCC)	pieni	127	57	103	20
	keski	148	71	129	20
	iso	125	51	91	20
Säiliöalus (DWCC)	pieni	163	63	124	20
	keski	121	53	105	20
	iso	112	57	113	20
Tuotesäiliöalus (DWCC)	pieni	75	65	64	3
	keski	66	54	54	3
	iso	81	71	71	3
Risteilyalus (PAX)	pieni	27	38	85	2
	keski	17	41	93	2
	iso	20	54	148	2
Konttialus (TEU)	pieni	81	55	27	6
	keski	72	44	22	6
	iso	76	56	28	6
Ro-ro-alus (kaistametri)	pieni	198	80	251	90
	keski	278	91	287	90
	iso	265	91	287	90
Ro-pax-alus** (PAX+kaistametri)	iso	101	185	377	532
*) Laskettu Pietarin suursataman tiedoilla					
**) Ro-pax jäluokka IAS, muut IA					

2.4 Luotsausmaksuvertailu

Suomessa luotsausmaksu koostuu kiinteästä ja muuttuvasta osasta, jotka määräytyvät luotsattavan aluksen nettovetoisuuden ja luotsatun matkan pituuden perusteella (Finnpilot 2019).

Ruotsissa maksun periaate on sama, mutta muuttuvan osan aiheutumisperusteena on luotsaukseen käytetty aika (Sjöfartsverket 2019). Venäjällä puolestaan on käytössä bruttovetoisuusperusteinen maksu, joka koostuu kiinteästä osasta ja matkan pituuden mukaan määräytyvästä osasta (Rosmorport 2019). Viron järjestelmä on hyvin samankaltainen kuin suomalainen, mutta poikkeuksena on, että aluskoon yksikkönä käytetään bruttovetoisuutta (Eesti Loots 2019).

Norjassa luotsausmaksun määräytyminen on verrattain monimutkaista ja maksuun kytkeytyy myös monia muita maksuja, kuten valmius- ja turvamaksut (Kystverket 2019). Varsinaista luotsausmaksua maksavat aika- ja bruttovetoisuusperusteisesti kaikki alukset. Sitä vastoin valmius- ja turvamaksun määrään vaikuttavat aluskoko, vuodenaika, aluksen ympäristöluokka ja navigointialue. Norjan osalta vertailun laskuissa on käytetty vuodenaikojen keskiarvoa ja Hortenin, eli Oslon vuonon, turvamaksutaksoja.

Taulukko 7 kokoaa yhteen vuositason vertailun Suomen luotsausmaksujen tasosta Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjään verrattuna. Laskelmat perustuvat aluslajikohtaisiin luotsaustapahtumamääriin, jotka

vaihtelevat välillä 4–1 064. Yksi satamakäynti sisältää aina kaksi luotsaustapahtumaa ja kaksi 19 merimailin luotsausmatkaa, joka on vuoden 2018 keskimääräinen suomalaisen luotsausmatkan pituus. Tiedot ovat peräisin kunkin maan liikenneviranomaisen tai palveluntarjoajan nettisivuilta: Suomi (Finnpilot 2019), Ruotsi (Sjöfartsverket 2019), Venäjä (Rosmorport 2019), Norja (Kystverket 2019) ja Viro (Eesti Loots 2019). Aikakohtaisessa tarkastelussa luotsauksen keskinopeutena on käytetty 10 solmua.

Ruotsiin nähden suomalaisten luotsausmaksujen hintataso on paria poikkeusta lukuun ottamatta matalampi. Aivan pienimpien alusten osalta (alle 2 000 nettotonnia) Ruotsin hinnat ovat matalammat. Vaikuttaa siltä, että tiettyyn rajaan asti aluskoon kasvu parantaa suomalaisen luotsauksen kilpailukykyä Ruotsiin nähden. Kaikkein suurimpien alusten – esimerkiksi yli 80 000 nettovetoisuustonnin risteilyaluksen – kohdalla suomalainen hintataso muuttuu ruotsalaista kalliimmaksi. Viron osalta edellä mainittua käännettä ei tapahdu, vaan aluskoon kasvaessa paranee suomalaisen hintatason kilpailukyky. Venäjällä luotsausmaksun taso on pääsääntöisesti kaikkein alhaisin. Norjan hintataso säilyy systemaattisesti suomalaista halvempaan, vaikka kauttaaltaan aluskoon kasvu tasaakin hintaeroa.

Taulukko 7. Keskimääräinen vuotuinen luotsaustapahtumakohtainen luotsausmaksu vuonna 2019 aluslajeittain per aluksen lastinkantokyky-yksikkö Suomessa verrattuna Ruotsiin, Viroon, Venäjään ja Norjaan (Suomi = 100, luotsausmatka 19 mpk, punainen väri on Suomea matalampi hintataso ja vihreä väri on Suomea korkeampi hintataso; vuoden 2018 Suomen Pankin keskipursseilla)

Alustyyppi ja lastinkantokyky-yksikkö		Maa Suomi = 100				Luotsaus- tapahtumat
		Ruotsi	Viro	Venäjä*	Norja**	
Irtolastialus (DWCC)	pieni	85	58	13	51	40
	keski	108	112	62	77	40
	iso	137	126	87	86	40
Säiliöalus (DWCC)	pieni	119	93	71	71	40
	keski	118	124	113	83	40
	iso	112	130	148	92	40
Tuotesäiliöalus (DWCC)	pieni	104	69	27	61	6
	keski	106	73	41	65	6
	iso	119	108	81	75	6
Risteilyalus (PAX)	pieni	119	108	16	77	4
	keski	100	115	28	90	4
	iso	76	117	53	86	4
Konttialus (TEU)	pieni	104	69	12	60	12
	keski	108	71	22	61	12
	iso	137	126	54	87	12
Ro-ro-alus (kaistametri)	pieni	104	81	16	59	180
	keski	108	112	33	71	180
	iso	119	126	45	70	180
Ro-pax-alus*** (PAX+kaistametri)	iso	112	108	27	44	1 064
* Laskettu Pietarin suursataman tiedoilla						
** Laskettu Oslon tiedoilla						
*** Jääluokalla ei vaikutusta luotsausmaksuihin, mutta aluksen ympäristöluokka vaikuttaa maksuihin Norjassa						

2.5 Väylä-, luotsaus- ja satamamaksujen yhteisvertailu

Satamamaksut ovat yksi keskeinen merenkulun maksujen komponentti. Tämän vuoksi myös ne on haluttu huomioida tässä tarkastelussa. Satamamaksujen suuruusluokkaa haarukoitaessa on käytetty Helsingin sataman tariffeja (Helsingin Satama 2019), joita voitaneen pitää ylärajana todelliselle hintatasolle. Indikaatiiviset hinnat aluslajeittain löytyvät liitteestä A. Noin vuosista 2014–2015 alkaen käytännössä kaikki Suomen yleissatamat ovat toimineet osakeyhtiömuodossa, ja niiden hinnoittelu on markkinalähtöistä. Tämän vuoksi aukotonta ja yhteismitallista vertailua eri satamanpitäjien perimien maksujen osalta on vaikea tehdä, sillä maksujen suuruuteen vaikuttaa myös neuvottelutilanne varustamon ja satamanpitäjän välillä. Asiakaskohtainen hinnoittelu onkin useimmiten liikesalaisuuden piirissä oleva tieto.

Taulukko 8 esittää vuotuisten satamakäyntikustannusten vertailun Suomessa ja verrokkimaissa, johon on yhdistetty aluskohtaiset väylä-, luotsaus- ja satamamaksut. Vertailussa on käytetty aluslajikohtaisesti ja lastinkantokyky-yksiköittäin laskettuja keskimääräisiä kustannuksia. Yksi satamakäynti sisältää väylä- ja satamamaksun sekä kaksi 19 mpk luotsaustapahtumaa. Suomen väylämaksut perustuvat vuoden 2014 tarffiin.

Taulukko 8. Yhteenlaskettu keskimääräinen vuotuisen liikenteen satamakäyntikohtainen väylä-, luotsaus- ja satamamaksu aluslajeittain vuonna 2019 aluksen lastinkantokyky-yksikköä kohden Suomessa verrattuna Ruotsiin, Viroon Venäjään ja Norjaan (Suomi = 100 vuoden 2014 väylämaksun mukaan, luotsausmatka 19 mpk, punainen väri on Suomea matalampi hintataso ja vihreä väri on Suomea korkeampi hintataso; yksi satamakäynti sisältää kaksi luotsaustapahtumaa; vuoden 2018 Suomen Pankin keskikursseilla)

Alustyyppi ja lastinkantokyky-yksikkö		Maa Suomi = 100				Satama- käynnit vuodessa	Luotsaus- tapahtumat vuodessa
		Ruotsi	Viro	Venäjä*	Norja **		
Irtolasti-alus (DWCC)	pieni	98	83	74	76	20	40
	keski	106	98	100	86	20	40
	iso	105	95	98	87	20	40
Säiliöalus (DWCC)	pieni	108	95	100	87	20	40
	keski	103	96	101	87	20	40
	iso	102	96	103	88	20	40
Tuotesäiliö- alus(DWCC)	pieni	96	87	79	74	3	6
	keski	94	88	84	76	3	6
	iso	98	95	93	79	3	6
Risteily-alus (PAX)	pieni	69	72	74	47	2	4
	keski	59	73	86	49	2	4
	iso	60	83	113	53	2	4
Konttialus (TEU)	pieni	98	90	79	82	6	12
	keski	96	88	81	80	6	12
	iso	98	95	89	86	6	12
Ro-ro-alus (kaistametri)	pieni	106	91	72	78	90	180
	keski	110	102	94	89	90	180
	iso	110	104	100	91	90	180
Ro-pax-alus*** (PAX+kaistametri)	iso	103	105	94	85	532	1064
*) Laskettu Pietarin suursataman tiedoilla, **) Laskettu Oslon tiedoilla; ***) Jääloukka IAS; kaikkien muiden jääloukka IA							

Norja on vertailun maista Suomeen nähden keskimääräisesti halvin. Talvimerenkulun erilainen toimintaympäristö Norjassa – ympärivuotisesti auki olevine satamineen – vaikuttaa osaltaan siihen, ettei aluksilta peritä suomalaisen väylämaksuun rinnastettavissa olevaa maksua. Taulukko 9 sisältää lastinkantokyky-yksiköittäin lasketut euromääräiset arvot.

Ruotsiin verrattuna suomalainen merenkulun maksujen kustannustaso on risteily-, kontti- ja tuotesäiliöaluksissa korkeampi ja muissa alustyypeissä lähtökohtaisesti matalampi. Huomattavin hintaero Suomen eduksi löytyy ro-ro-aluksissa.

Viroon verrattuna Suomen hinnat ovat korkeammat kaikissa muissa aluslajeissa paitsi ro-ro-alusten kahdessa suurimmassa kokoluokassa ja ro-pax-aluksissa, eli käytännössä niissä aluslajeissa, joissa vuotuiset satamakäyntimäärät ovat korkeita (90 tai enemmän tässä tapauksessa). Venäläinen hintataso on pääosin halvempi kuin suomalainen ja yhtenevä kolmen aluslajin eri kokoluokissa (irtolasti-, säiliö-, ja ro-ro-alus).

Aluslajeittain tarkasteltaessa irtolasti- säiliö- ja tuotesäiliöaluksen maksut ovat vertailun pienimmät (~2 euroa / tonni). Konttialuksien korkeat arvot selittyvät laskennassa käytetyllä yhden TEU:n 14 tonnin laskennallisella painolla. Tonnikohtaiset vastaavat hinnat olisivat luokkaa 3,5–4,7 euroa/tonni.

Risteilyalusten maksut ovat tarkastelun aluslajeista toiseksi korkeimmat. Aluskokoluokittain suurimmat maksut per lastinkantokyky-yksikkö kohdistuvat pienimmän kokoluokan aluksiin. Maakohtaisia eroja löytyy tässäkin, pienen ja suuren aluskokoluokan hintaeron ollessa venäläisen hinnaston irtolastialuksissa pienimmillään olematon. Suurin ero on ruotsalaisen hinnaston risteilyaluksissa, joilla suuren aluksen yksikkömaksu on noin puolet pienen aluksen vastaavasta.

Vertailtaessa keskimääräisiä suomalaisia maksuja vertailumaihin ovat erot varsin pieniä esimerkiksi säiliöalusten osalta (enintään 0,2 euroa/tonni). Irtolasti- ja tuotesäiliöaluksissa ero on enintään 0,5 euroa/tonni ja ro-pax-aluksissa suurimmillaan 1,4 euroa/lastinkantoyksikkö. Sitä vastoin ro-ro-alusten (3,8 euroa/lastinkantoyksikkö), konttialusten (13,7 euroa/lastinkantoyksikkö) ja risteilyalusten (16,5 euroa/yksikkö) osalta erot ovat huomattavat.

Taulukko 10 esittää tarkemman erittelyn väylämaksujen suhteellisesta merkityksestä tarkasteltaessa vuositasen keskimääräisiä merenkulun maksuja (sis. väylä-, luotsaus- ja satamamaksut).

Suomessa väylämaksut muodostavat pääsääntöisesti alle viidesosan kokonaismaksuista, kun käytetään vuoden 2014 hintoja. Jos käytetään voimassa olevia alennuksia³, on osuus tätäkin vähemmän. Pienimmillään väylämaksujen suhteellinen osuus on eniten vuotuisia aluskäyntejä tekevissä – ro-ro- ja ro-pax-aluslajeissa, joissa osuus on noin 5 % luokkaa. Sitä vastoin suurimman suhteellisen osuuden satamakäynnin kustannuksista väylämaksut muodostavat harvakseltaan käyvillä ja suurikokoisilla risteilyaluksilla, joissa osuus on miltei puolet kokonaiskustannuksista.

Risteilyalukset muodostavat keskeisen poikkeuksen muihin maihin nähden. Maakohtaisessa vertailussa nähdään, että ainoastaan Venäjällä risteilyaluksilla väylämaksujen osuus on vieläkin suurempi. Ruotsissa ja Virossa sitä vastoin väylämaksujen osuus on noin puolet pienempi kuin Suomessa. Maakohtaisessa vertailussa on huomattava, että Suomessa on verrokkimaihin nähden pisimmät luotsausmatkat ja eniten jäänmurron tarvetta.

³ Vuonna 2015 tehty hintojen ”puolitus”

Taulukko 9. Yhteenlaskettu keskimääräinen vuotuinen satamakäyntikohtainen väylä-, luotsaus- ja satamamaksu vuonna 2019 (yksi satamakäynti sisältää kaksi luotsaustapahtumaa) aluslajeittain per aluksen lastinkantokyky-yksikkö Suomessa verrattuna Ruotsiin, Viroon, Venäjään ja Norjaan (€/lastinkantokyky-yksikkö). Suomen osalta v. 2014 väylämaksutaso ja vuoden 2018 Suomen Pankin keskkurssit.

Alustyyppi ja lastinkantokyky-yksikkö		Maa (Euroa/lastiyksikkö)				
		Suomi	Ruotsi	Viro	Venäjä	Norja
Irtolasti-alus (DWCC)	pieni	2,0	2,0	1,7	1,5	1,5
	keski	1,5	1,6	1,5	1,5	1,3
	iso	1,5	1,6	1,4	1,5	1,3
Säiliöalus (DWCC)	pieni	1,5	1,6	1,4	1,5	1,3
	keski	1,5	1,5	1,4	1,5	1,3
	iso	1,4	1,5	1,4	1,5	1,3
Tuotesäiliö-alus (DWCC)	pieni	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5
	keski	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
	iso	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3
Risteily-alus (PAX)	pieni	30,9	21,4	22,2	22,8	14,4
	keski	23,1	13,6	16,9	19,9	11,4
	iso	17,5	10,4	14,4	19,7	9,2
Konttialus (TEU)	pieni	65,1	63,9	58,6	51,4	53,3
	keski	65,5	62,8	57,8	53,0	52,5
	iso	57,3	56,1	54,4	50,9	49,3
ro-ro-alus (kaistametri)	pieni	13,6	14,5	12,4	9,8	10,6
	keski	7,8	8,5	8,0	7,3	7,0
	iso	6,9	7,6	7,1	6,9	6,3
ro-pax-alus (PAX+kaistametri)*	iso	6,7	6,9	7,0	6,3	5,7
*) Jäätaluokka IAS, kaikki muut IA						

Taulukossa esitetyissä luvuissa ei ole huomioitu väylämaksun puolituksen vaikutuksia. Ne huomioiden Suomen maksutaso on lähempänä vertailumaiden tasoa.

Taulukko 10. Väylämaksun osuus prosentteina satamakäynnin yhteenlasketusta väylä-, luotsaus- ja satamamaksusta erilaisilla aluksilla eri maissa, keskimäärin vuositasolla; Suomen osalta v. 2014 väylämaksut

Alustyyppi ja lastinkantokyky-yksikkö		Maa			
		Suomi	Ruotsi	Viro	Venäjä
Irtolastialus (DWCC)	pieni	9	12	6	13
	keski	11	16	8	15
	iso	13	15	7	12
Säiliöalus (DWCC)	pieni	11	16	7	13
	keski	12	14	7	12
	iso	12	13	7	13
Tuotesäiliöalus (DWCC)	pieni	18	14	14	15
	keski	20	14	12	13
	iso	19	16	15	15
Risteilyalus (PAX)	pieni	48	19	25	55
	keski	49	14	28	53
	iso	45	15	29	59
Konttialus (TEU)	pieni	13	11	8	4
	keski	17	13	8	5
	iso	14	11	8	4
ro-ro-alus (kaistametri)	pieni	5	9	4	17
	keski	4	11	4	14
	iso	4	10	4	12
ro-pax-alus* (PAX+kaistametri)	iso	3	3	6	13
*) Jääluokka IAS, kaikki muut IA					

3 Jäänmurtokapasiteetin simulointi

3.1 MERLOG30-referenssisimulaation validointi ja laivojen odotusaika

MERLOG30-simulaation avulla voidaan arvioida jäänmurtokapasiteetin vaikutusta talvimerenkulun sujuvuuteen. Mallinnuksessa otetaan huomioon liikennemäärän ja alustyyppien muutos vuoteen 2030 mennessä. Referenssisimulaatiossa mallinnettiin koko Suomen merialueen talvimerenkulun systeemiä kahtena talvena. Kovan talven 2030 skenaariot on simuloitu talven 2010–2011 jäätiedoilla, ja leudon talven skenaariot on tehty talven 2016–2017 jäätiedoilla.

Simulointimallin tarkkuutta arvioitaessa ensisijaisena mittarina käytettiin kauppalaivojen odotusaikaa, jota kertyy niiden odottaessa jäänmurtoavustuksen alkamista. Referenssisimulaatiossa kertynyttä odotusaikaa vertailtiin todelliseen tilastoituun odotusaikaan sekä merialueittain että kokonaisuutena. Odotusaikojen lisäksi referenssisimulaation todenmukaisuutta arvioitiin vertaamalla mallissa kertyneitä ja tilastoituja murtajien avustusmerimaileja ja kauppa-alusten avustettuina kulkemia merimaileja.

Verrattaessa referenssisimulaation antamia tuloksia vuosien 2010–2011 liikennetilastoihin voidaan todeta, että simulointi mallintaa hyvin todellista liikennettä ja mallin epätarkkuus on alle 10 %. Referenssisimulaation validointia on selostettu tarkemmin liitteessä B ja simulointimallin toimintaperiaate on kuvattu tarkemmin lähteessä Lindeberg et al. (2018).

3.2 Simulaatioiden merialueet ja satamat

Odotusajat on tilastoitu satamittain ilman tarkkaa tietoa siitä, missä kukin laiva on odotusaikansa kerännyt. Kuitenkin voidaan olettaa, että suurin osa satamakohtaisista odotuksista on tapahtunut merialueilla suhteellisen lähellä sitä satamaa, jonka kohdalle odotusaika on kirjattu. Tämän oletuksen perusteella simulaation odotusaikakertymät pystyttiin luokittelemaan merialueittain sen perusteella, mistä kohtaa simulaation väyläverkkoa odotusaika oli kertynyt. Tilastojen satamakohtaiset odotusajat on jaettu merialueittain käyttäen taulukossa 11 esitettyä satamien ja merialueiden aluejakoa.

Taulukko 11 Suomen satamat jaettuna merialueittain

Alueen nimi	Alueen suurpiirteinen ulottuvuus (satamat)
Suomenlahti	Hamina → Koverhar
Saaristomeri ja Selkämeri	Hanko → Kaskinen
Merenkurkku ja Perämeri	Vaasa → Tornio

Simulaatiosta saadaan tuloksena satamittain laskettuna kokonaisodotusaika sekä laivojen odotusaikojen mediaanit ja keskiarvot. Satamakohtaisten tilastojen aikaansaamiseksi joudutaan tekemään oletuksia siitä, miten laivan odotusaika kahden sataman välillä jakautuu laivan kulkiessa satamien välistä matkaa.

Vaikka yksittäisen sataman tilastoja voidaan vertailla, ensisijaisesti kannattaa kuitenkin huomioida sataman merialueella kumuloituneen odotusajan vaihtelun suunta ja suuruus simulaatioskenaarioiden välillä. Simulaatiomalli on luonteeltaan dynaaminen ja sekä epälineaarinen systeemi, ja se on suunniteltu toimimaan niin, että koko systeemin kerryttämä odotusaika minimoituisi. Tämän takia pienetkin vaihtelut

systemin tilassa (jäänmurtaajien sekä avustettavien laivojen positiot sekä vallitsevat jääolosuhteet) saattavat aiheuttaa vaihteluita yksittäiseen satamaan kumuloituneeseen odotusaikaan, vaikka kyseinen satama ei olisikaan sen jäänmurtaajan operointialueella, missä systeemin tilan muutos tapahtui. Tästä syystä odotusaikojen tarkastelu merialueittain on paras tapa vertailla kahta eri simulaatioskenaariota.

3.3 MERLOG30-simulaatiot

Kovan talven MERLOG30-skenaariot on simuloitu talven 2010–2011 jäätiedoilla, ja leudon talven skenaariot on laskettu talven 2016–2017 jäätiedoilla. Skenaarioiden laivaliikenteen määrät perustuvat talven 2010–2011 (1.12.–30.4.) toteutuneeseen liikenteeseen. Tämän lisäksi laivaliikennettä on modifioitu 2030 liikenne-estimaatin (ks. luku 5.3.2) mukaisesti. Aluskoon kasvusta johtuen laivamatkoja on vähennetty 12,5 % alkuperäisestä satamatilaston liikenteestä. Vähennys on tehty satunnaisesti.

Aluskoosta johtuvan satamakäyntien vähenemisen lisäksi simulaatiomallissa otetaan huomioon tulevat EEDI-alukset ja kaksi jäänmurtaajaa avukseen tarvitsevat leveät alukset. Leveiden alusten avustusoperaatioista seuraa yleisen palvelutason aleneminen, eli käytännössä alusten odotusajan kasvu. Leveiden alusten avustukseen liittyen simulaatioiden avulla saadaan uusia tilastoituja suureita, jotka kuvaavat odotusajan lisäystä ja siihen liittyviä eri tekijöitä kuten:

1. Avustuksen *viivästymisaika*, jota kertyy silloin kun toinen avustava murtaja (JM2) ei ehdi paikalle
2. JM2:n *siirtymäaika avustuspaikalle*
3. Kahden murtaajan *avustustapahtuman* kesto
4. JM2:n ”*poistumisaika*” avustuksen päätyttyä
5. JM2:n mahdollinen odotusaika ennen siirtymää avustuspaikalle

Tilanteessa, jossa avustukseen tarvitaan kaksi murtaajaa, suurin epätarkkuus liittyy siihen, että mallissa JM2 ei koskaan avusta muita laivoja sen siirtymämatkojen yhteydessä. Vastaavasti lisämurtaajaa odottava JM1 ei koskaan avusta muita laivoja odottaessaan JM2 saapumista.

Mallissa leveät alukset liikennöivät satamiin kaikilla Suomen merialueilla, kuitenkin suurin osa näistä satamista on Perämeren alueella. Simulaatiossa leveiden aluksien tekemiä matkoja satamasta A satamaan B on yhteensä 193 kappaletta

Taulukossa 12 on listattu kovan talven ja taulukossa 13 leudon talven simuloitut MERLOG30-skenaariot, joiden tulokset esitellään tässä raportissa.

Taulukko 12 MERLOG30 kovan talven skenaariot ja niiden kuvaus

Skenaario nro.	Skenaarion kuvaus	Lisättyjä (+) vähennettyjä (-) murtajia
SIM 10-11	Referenssisimulaatio 2010–2011	0 kpl
1 K	2030: 35 % EEDI	0 kpl
2 K	2030: 35 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl
3 K	2030: 35 % EEDI + leveitä laivoja	+1 kpl
4 K	2030: 35 % EEDI + leveitä laivoja	+2 kpl
5 K	2030: 35 % EEDI + leveitä laivoja	+3 kpl
6 K	2030: 35 % EEDI	-1 kpl
7 K	2030: 70 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl
8 K	2030: 100 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl

Skenaarioiden EEDI-laivat on valittu 2030 liikenteeseen laivakohtaisesti ja täysin satunnaisesti. Satunnainen EEDI-laivojen generointi johtaa siihen, että simulaation tulokset vaihtelevat otannan mukaan. Kolmen testisimulaation perusteella skenaarion suurimman ja pienimmän kokonaisodotusajan ero oli 6 % eli suhteellisen pieni. Kaikki skenaariot, joissa EEDI-alusten suhteellinen osuus on sama, on ajettu samalla otannalla.

Taulukko 13. MERLOG30 leudon talven skenaariot ja niiden kuvaus

Skenaario nro.	Skenaarion kuvaus	Lisättyjä (+) vähennettyjä (-) murtajia
SIM 16-17	Referenssisimulaatio 2016–2017 (2010–2011 liikenne)	0 kpl
1 L	2030: 35 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl
2 L	2030: 70 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl
3 L	2030: 100 % EEDI + leveitä laivoja	0 kpl

Jäänmurtajien määrä simulaatiossa vaihtelee jäättilanteen mukaan. Kovan talven skenaarioissa (1K, 2K, 6K, 7K ja 8K) jäänmurtajia lisätään asteittain malliin 3–8 kappaletta saman aikataulun mukaisesti (**Taulukko 14**).

Taulukko 14. Simulaatiossa käytetyt jäänmurtajamäärät

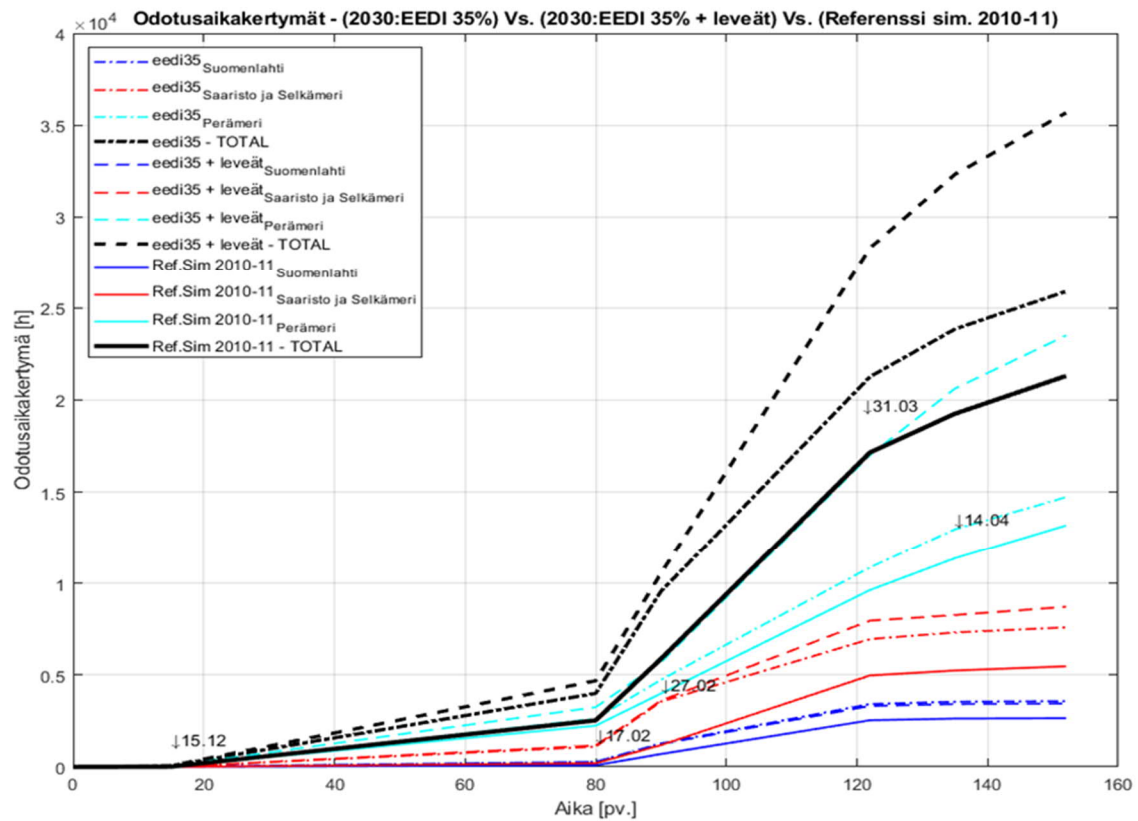
01.12 – 07.12	3 kpl
08.12 – 15.12	5 kpl
16.12 – 17.02	7 kpl
18.02 – 13.04	8 + 1 kpl (yhdeksäs murtaja ajoittain mukana)
14.04 – 19.04	7 kpl
20.04 – 30.04	6 kpl

Skenaarioissa 3K–5K lisättiin kokonaan uusia jäänmurtajia niin, että lisätyt murtajat operoivat kolmella eri merialueella: Suomenlahti (Hamina–Hanko), Selkämeri (Uusikaupunki–Vaasa) ja Perämeri (Vaasa–Tornio). Eri skenaariossa uusia murtajia lisättiin malliin 1–3 kappaletta. Kaikki aluekombinaatiot simuloitiin ja niistä valittiin ne, jotka johtivat pienimpään kokonaisodotusaikaan.

Kovan ja leudon talven skenaarioiden simulaatioiden tulokset on esitetty kuvissa 2–4, joissa merialueiden odotusaikakertymät on simulointiajan funktiona. Jotta simulaation aikajako hahmottuisi paremmin, on kuvaajan käyrissä viisi päivämäärillä merkittyä mittauspistettä.

Skenaarioiden kokonaisodotusaikakertymät ja odotusaikatilastot on esitetty taulukoissa 15–20. Taulukoiden sarakkeessa ”JM varattuna leveään avustukseen” on laskettu yhteen leveiden alusten avustuksen kokonaistuntimäärä, jossa on mukana (1) leveiden avustuksien kesto, (2) toisen avustavan murtajan edestakainen matka-aika avustuspaikalle sekä (3) avustavan murtajan mahdollinen odotusaika ennen siirtymää avustuspaikalle.

Kovan talven skenaariot:



Kuva 2. Odotusaikakertymät skenaarioissa 1K ja 2K sekä kovan talven referenssi

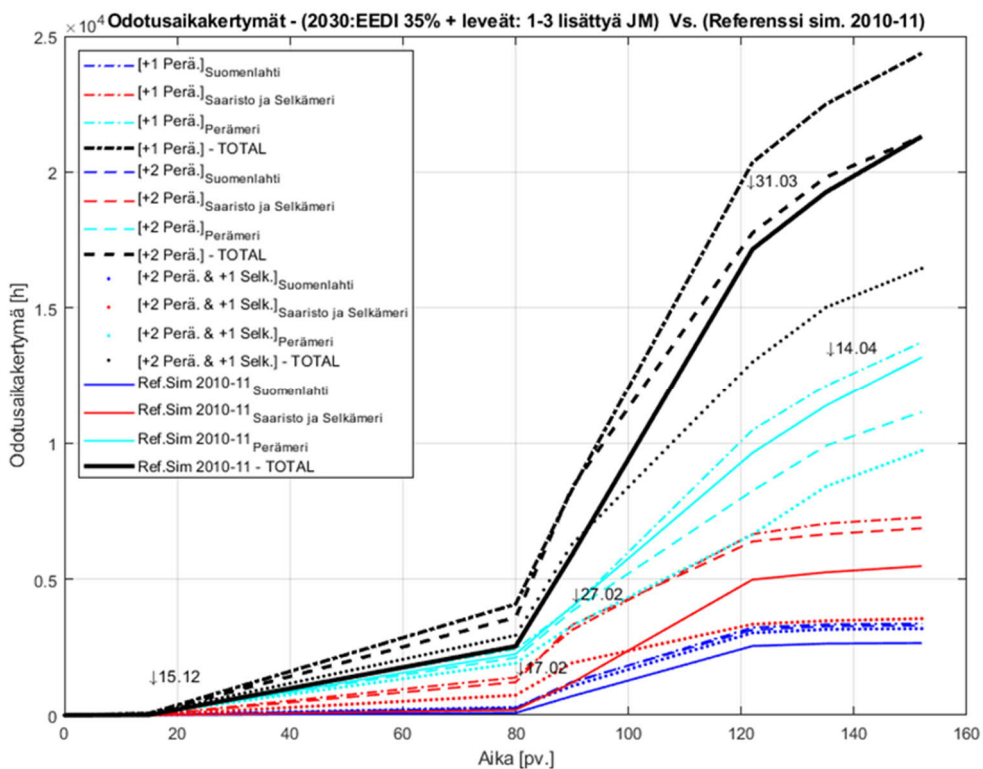
Taulukko 15. Skenaarioiden 1K, 2K, 7K ja 8K sekä referenssisimulaation kokonaisodotusajat

Skenaario		OA kok Kokonais- odotusaika [h]	OA Suomen- lahti [h]	OA Selkämeri [h]	OA Perämeri [h]	JM varattuna leveään avustukseen [h]
SIM 10-11	Referenssi	21 240	2 642	5 458	13 139	-
1K	EEDI 35	25 838	3 586	7 575	14 676	-
2K	EEDI 35 +leveät	36 588	3 418	8 715	24 454	2 641
7K	EEDI 70 + leveät	49 759	4 855	10 467	34 436	3 784
8K	EEDI 100 + leveät	64 184	5 660	15 655	42 869	5 059

Taulukko 16. Kovan talven skenaarioiden 1K, 2K, 7K ja 8K sekä referenssimulaation avustusmatkat ja odotusaikaan liittyviä tilastoja: 1) niiden alusten osuus, jotka pääsevät läpi ilman odotusta, 2) odottavien alusten mediaaniodotus, 3) odotusaika per odottava alus.

Skenaario		% läpi ilman odotusta	Odottavien mediaani-odotus [h]	Odotus/odottava alus [h]	JM avustus [nm]	Laivat avustettuna [nm]
SIM 10-11	Referenssi	76,8	3,00	8,00	80 510	118 530
1K	EEDI35	72,5	3,17	8,49	86 226	128 580
2K	EEDI35 + leveät	72,3	3,84	11,96	84 209	127 520
7K	EEDI70 + leveät	65,4	4,02	12,70	92 021	147 720
8K	EEDI100 + leveät	60,1	4,20	14,34	94 386	157 750

Skenaariot 3K, 4K ja 5K, (lisämurtajat) sekä kovan talven referenssi:



Kuva 3. Lisämurtajien skenaariot 3K–5K; odotusaikakertymät sekä kovan talven referenssi

Taulukko 17. Skenaarioiden 2–5 sekä referenssin kokonaisodotusajat. Keltainen väri tarkoittaa, että merialueella on yksi lisämurtaja. Vihreä väri tarkoittaa, että alueella on kaksi lisämurtajaa.

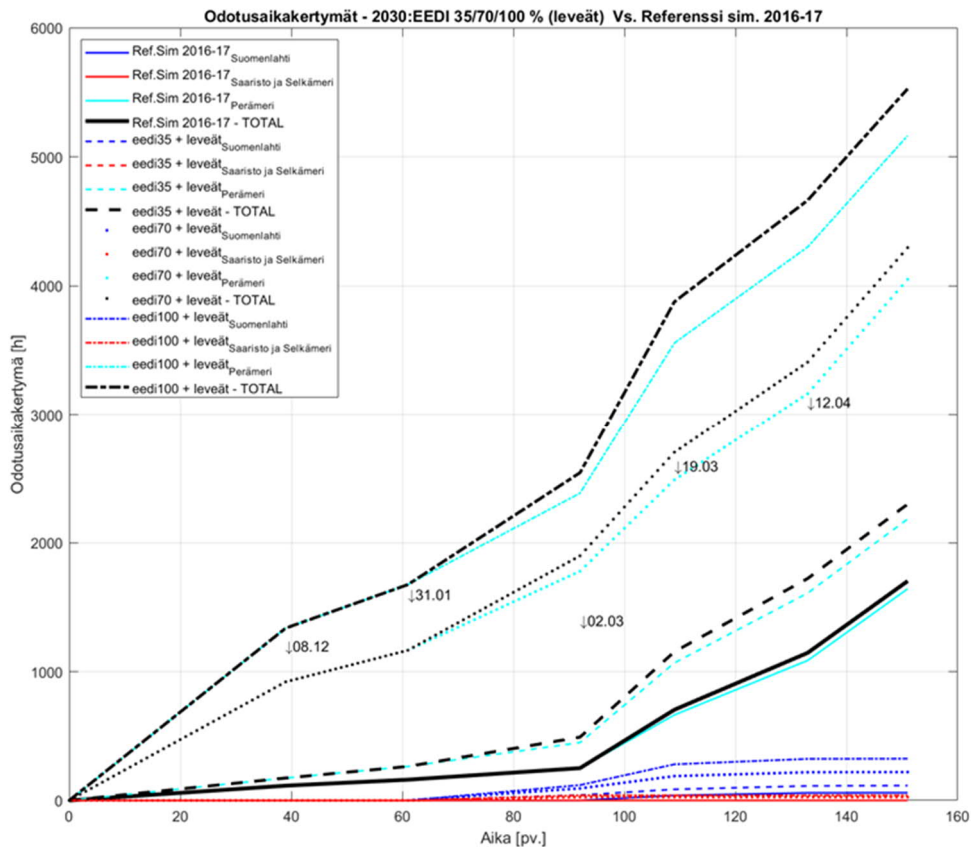
Skenaario		OA kok Kokonais- odotusaika [h]	OA Suomen- lahti [h]	OA Selkämeri [h]	OA Perämeri [h]	JM varattuna leveään avustukseen [h]
2K	EEDI35 + leveät	36 588	3 418	8 715	24 454	2 641
3K	+ 1 murtaja	24 369	3 367	7 264	13 738	2 300
4K	+ 2 murtajaa	21 304	3 293	6 865	11 145	1 983
5K	+ 3 murtajaa	16 452	3 182	3 549	9 721	1 936

Taulukko 18. Kovan talven lisämurtaja skenaarioiden 3K, 4K ja 5K sekä perustilanteen (2K) avustusmatkat ja odotusaikaan liittyviä tilastoja: 1) niiden alusten osuus, jotka pääsevät läpi ilman odotusta, 2) odottavien alusten mediaaniodotus, 3) odotusaika per odottava alus

Skenaario		% läpi ilman odotusta	Mediaani- odotus [h]	Odotus/ odottava alus [h]	JM avustus [nm]	Laivat avustet- tuna [nm]
2K	EEDI35 + leveät	72,3	3,84	11,96	84 209	127 520
3K	+ 1 murtaja	73,7	3,14	8,09	88 297	125 030
4K	+ 2 murtajaa	74,0	2,80	7,24	92 136	125 650
5K	+ 3 murtajaa	76,1	2,45	6,02	93 565	123 560

Leudon talven skenaariot:

Leudon talven simulaatioissa on Selkä-/Saaristomerellä yksi murtaja. Todellisuudessa Selkä-/Saaristomerellä ei ollut lainkaan murtajia talvella 2016–17. Yksi ns. dummy-murtaja on kuitenkin pakollinen simulaatioissa, sillä muuten alueella avustusta tarvitsevat alukset (etenkin EEDI:t) eivät pääse simulaatiosta läpi. Perämeren murtajien operointialuetta ei haluttu laajentaa kattamaan Selkämerta, koska silloin pienikin mallissa tapahtuva muutos avustustarpeessa Selkämerellä alentaisi Perämeren palvelutasoa todellista alemmaksi. Melkein kaikki avustukset tapahtuvat Perämerellä, joten tämän dummy-murtajan vaikutus on hyvin pieni.



Kuva 4. Leudon talven skenaarioiden 1L 2L ja 3L odotusaikakertymät sekä leudon talven referenssi

Taulukko 19. Skenaarioiden 1 L, 3 L ja 4 L sekä referenssisimulaation (SIM 16-17) kokonaisodotusajat.

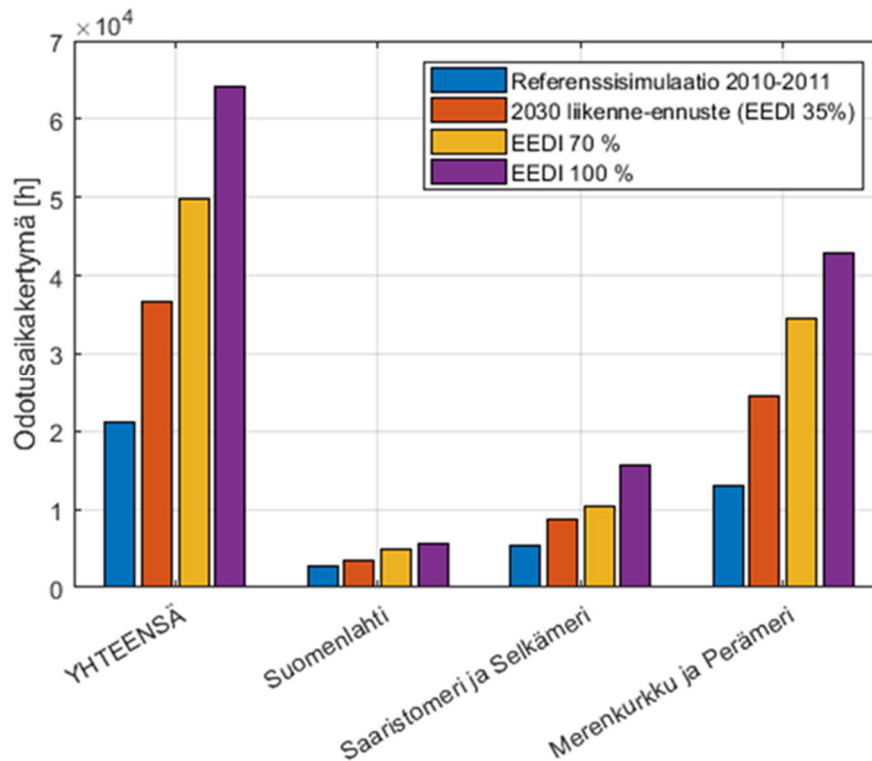
Skenaario		OA kok Kokonaiso dotus-aika [h]	OA Suomen- lahti [h]	OA Selkä- meri [h]	OA Perä-meri [h]	JM varattuna leveään avustukseen [h]
SIM 16-17	Referenssi	1 702	59	0	1 641	-
1L	EEDI35 + leveät	2 279	115	0	2 163	475
2L	EEDI70 + leveät	4 210	198	5	4 006	1 742
3L	EEDI100 + leveät	5 925	328	22	5 574	1 826

Taulukko 20. Leudon talven skenaarioiden 1L, 2L, 3L sekä referenssin (SIM 16-17) avustusmatkat ja odotusaikaan liittyviä tilastoja: 1) niiden alusten osuus, jotka pääsevät läpi ilman odotusta, 2) odottavien alusten mediaaniodotus, 3) odotusaika per odottava alus

Skenaario		% läpi ilman odotusta	Mediaani odotus [h]	Odotus/ odottava alus [h]	JM avustus [nm]	Laivat avus- tettuna [nm]
SIM 16-17	Referenssi	95,5	1,32	3,24	27 285	31 517
1L	EEDI35 + leveät	94,4	1,58	3,61	30 407	33 451
2L	EEDI70 + leveät	92,0	1,81	4,65	37 086	40 433
3L	EEDI100 + leveät	90,1	2,12	5,30	42 161	47 909

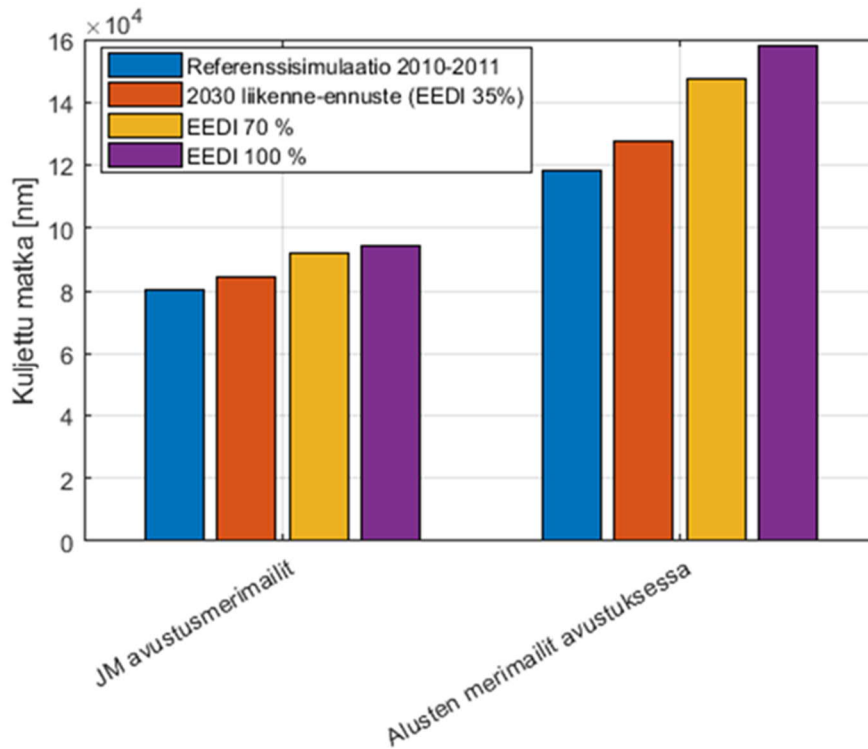
3.4 Yhteenveto simulaatiotuloksista

Kuvassa 5 nähdään kauppa-alusten odotusaikakertymä vuoden 2030 liikenne-ennusteelle, kun kyseessä on kova jäätalvi. Diagrammista nähdään myös simulaation ennustamat odotusaikakertymät, kun liikennöivistä kauppa-aluksista 70 % tai 100 % on EEDI-säännösten mukaisia. Vertailukohteenä on referenssimulaation odotusaikakertymät laskettuna vuoden 2010–2011 laivaliikenteellä ja jääolosuhteilla. Kokonaisodotusaikakertymä on jaettuna merialueittain taulukon 11 mukaisesti.



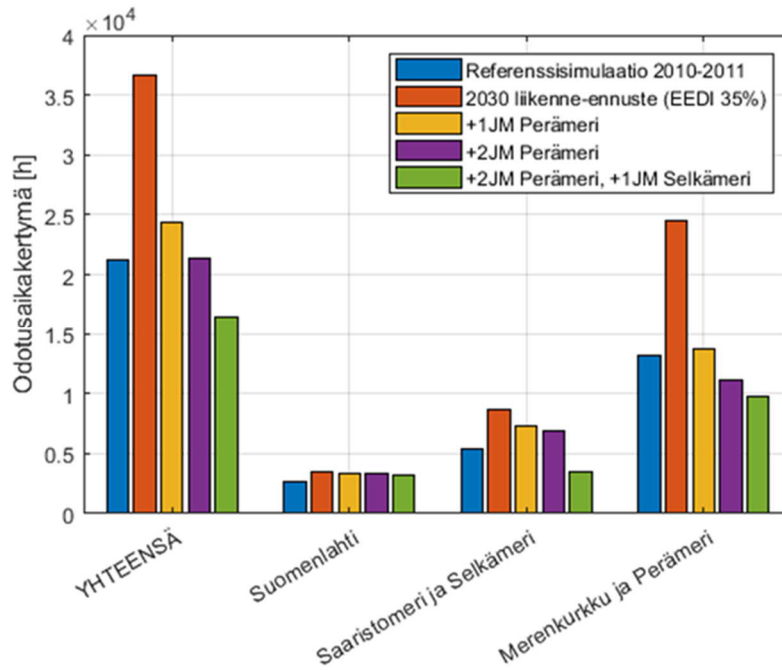
Kuva 5. Kovan jäätalven odotusaikakertymät

Kuvassa 6 nähdään kovan jäätalven skenaarioiden jäänmurtajien avustusmerimailit sekä kauppa-alusten avustettuna kulkemat merimailit. Siinä nähdään, miten EEDI-alusten osuuden kasvaminen laivaliikenteessä lisää avustustarvetta. Suurempi avustustarve näkyy avustummäärissä ja murtajien avustusmailien kasvuna. Murtajien avustusmailit eivät kuitenkaan kasva samassa suhteessa kuin alusten avustettuna kulkemat merimailit. Syy tähän on avustusmatkojen piteneminen, joka johtaa siihen, että suurempi määrä laivoja kertyy jäihin odottamaan samaa murtajaa ja tämä lisää saattueiden muodostamista.



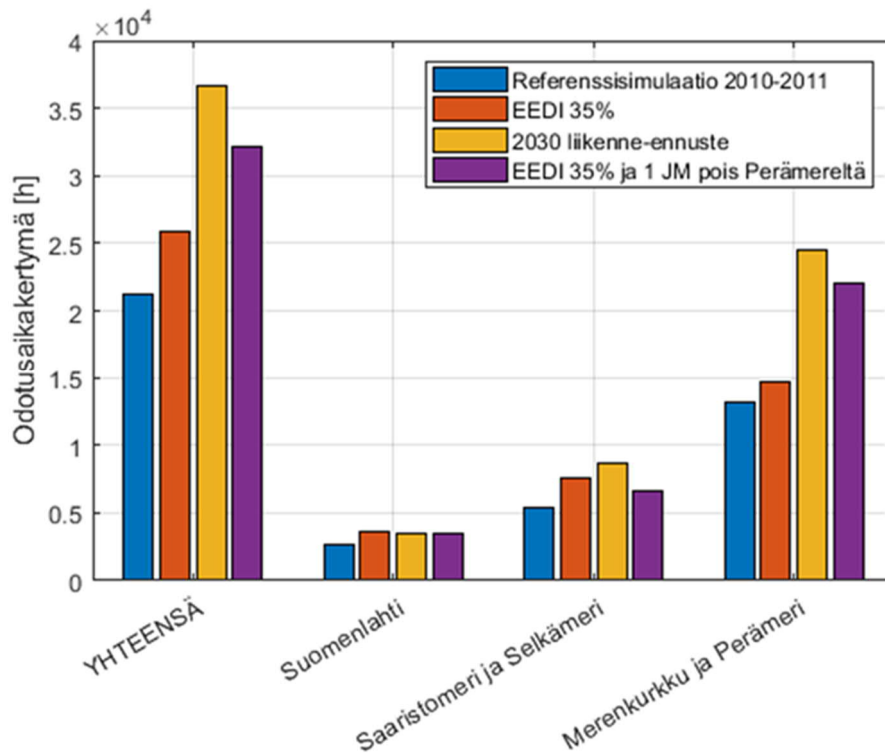
Kuva 6. Jäänmurtaajien ja kauppa-alusten kulkemat matkat kovana jäätalvena

Simulaatioiden avulla tutkittiin myös jäänmurtokapasiteetin kasvattamisen vaikutusta kauppa-alusten odotusaikakertymään. Näissä simulaatioissa oletettiin, että EEDI-laivoja on 35 %. Jäänmurtaajien lisääminen toteutettiin lisäämällä Perämeren alueelle 1–2 lisämurtajaa ja Selkämeren alueelle 0–1 lisämurtajaa. Lisämurtajat lisättiin joulukuun puolivälissä, ja ne olivat aktiivisia simulaatioajanjakson loppuun saakka. Lisämurtajien vaikutus odotusaikakertymään on esitetty kuvassa 7. Kuvassa 7 nähdään myös, että kovana jäätalvena ja 2030 liikenne-ennusteella tarvitaan kaksi lisämurtajaa, jotta kauppa-alusten kokonaisodotusaikakertymä saadaan samalle tasolle kuin mitä se oli jäätalvena 2010–2011.



Kuva 7. Lisämurtajien vaikutus odotusaikaan

Mallinnuksen avulla tutkittiin myös, mitä tapahtuu vuoden 2030 liikennemäärällä, jos jäänmurtajia on yksi vähemmän kuin nyt. Kuvassa 8 on esitetty odotusaikakertymä, kun Perämereltä on poistettu yksi murtaja tilanteessa, jossa liikenne on 2030 ennusteen mukaan ja EEDI-alueita on 35 %. Vertailukohtana kuvassa on odotusaikakertymät nykyisellä murtajamäärällä 1) referenssitilanteen liikenteellä, 2) kun EEDI-alueita on liikenteestä 35 %, ja 3) kun leveät alukset ovat mukana.



Kuva 8. Yhden jäänmurtajan poistamisen vaikutus kokonaisodotusaikaan

Kuvassa 8 nähdään, että 2030 liikenne-ennusteen mukaan lisääntyvät leveät alukset aiheuttavat odotusaikakertymään kasvun, joka on suurempi kuin mitä yhden murtaajan poistaminen Perämereltä aiheuttaisi. Diagrammista nähdään myös, että 35 prosenttinen EEDI-osuus aluskannassa ei yksinään suuresti nosta odotusaikakertymää referenssimulaation tasosta.

On kuitenkin huomion arvoista, että diagrammin skenaariossa (EEDI35) EEDI-alusten kerryttämä kokonaisodotusaika oli 10 913 tuntia ja avustusmaileja kertyi 51 358 nm. Referenssimulaatiossa nämä samat alukset kerryttivät odotusaikaa 6 896 tuntia ja avustusmaileja 37 179 nm. Tämän lisäksi referenssimulaatiossa on enemmän laivamatkoja kuin 2030 liikenne-ennusteessa, joten jos liikennemäärät olisivat identtiset, saattaisi odotusaikakertymien ero olla vielä suurempi johtuen murtaajakaluston pienemmästä työmäärästä ilman EEDI-aluksia.

4 Väylämaksutulon arviointi vuoteen 2030

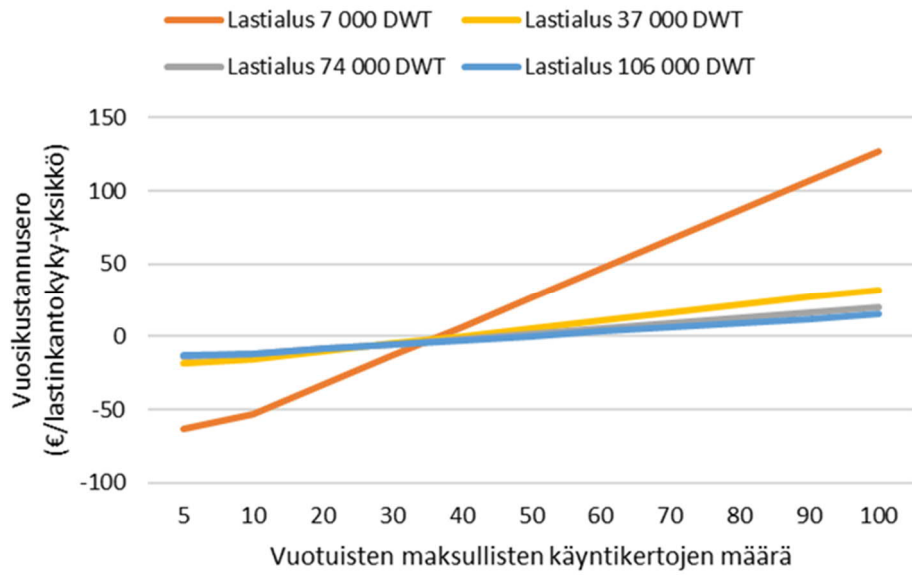
4.1 Väylämaksun ohjausvaikutus

Tässä osiossa tarkastellaan, millainen ohjausvaikutus puolittamattomilla vuoden 2014 väylämaksuilla on investointipäätösten yhteydessä tehtävässä alusten jääluokkien valinnassa. Esimerkkitapauksessa on vertailtu IA Super- ja IA-jääluokkien lastialusten vuosikustannuksia neljässä eri kokoluokassa (7 000, 37 000, 74 000 ja 106 000 DWT). Vaikka väylämaksujen porrastuksella ei ole ollut tarkoitus kompensoida korkeamman jääluokan muutoin suurempia kustannuksia, on IAS- ja IA-luokkien vertailu kiinnostava, sillä IA on yleisin Suomessa käyvien alusten jääluokka. Kaikista aluskäynneistä IA-aluksia on yli 40 %. Vuosikustannusten laskennassa on huomioitu jääluokan vaikutukset aluksen lastinkantokykyyn, väylämaksuihin sekä polttoaine- ja pääomakustannuksiin. Vakuutusmaksuja ei ole sisällytetty tarkasteluun.

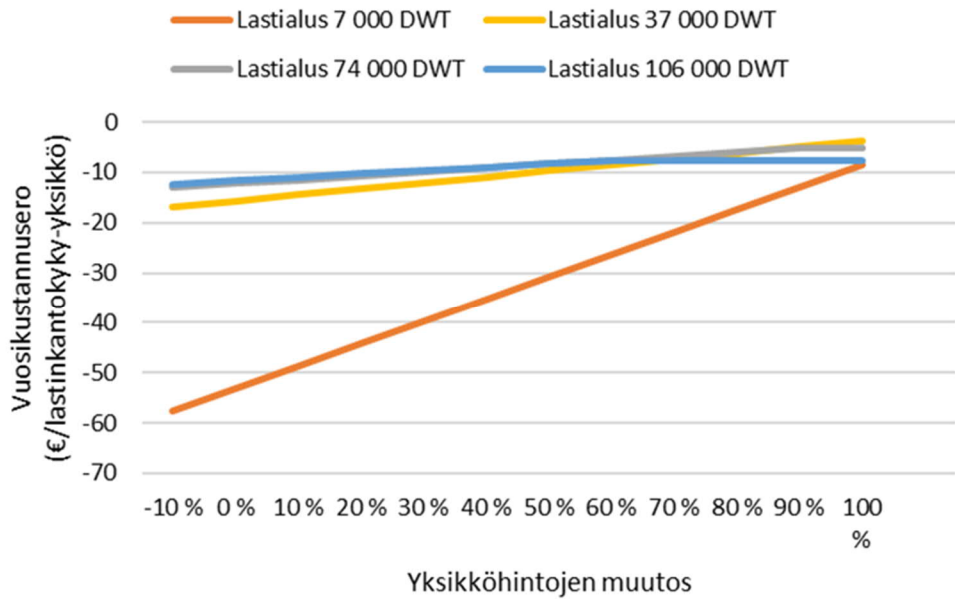
IA Super -alusten on teknisten vaatimustensa ansiosta oletettu kuluttavan polttoainetta 15,1 % enemmän, rakennushinnan olevan 8 % kalliimpi ja lastinkantokyvyn olevan 3,1 % matalampi kuin IA-luokan alusten. Polttoainekustannukset on laskettu 200 vuotuisen meripäivän mukaan, ja pääomakustannusten laskennassa on käytetty 30 vuoden poistoaikaa, 25 %:n jäännösarvoa ja viitekorkona Libor-korkoa lisätynä 1,5 % marginaalilla. Aluskokoluokan suhteellisten vaikutusten havainnollistamiseksi tulokset on lopuksi suhteutettu alusten lastinkantokyky-yksikköihin.

Väylämaksujärjestelmän kahden keskeisen komponentin – vuosittaisten maksullisten käyntikertojen määrän ja yksikköhintojen – muutoksien vaikutuksia IA Super- ja IA-jääluokan alusten vuosikustannuksiin on kuvattu kuvissa 9–12. Kuvissa 9 ja 10 aluspolttoaineen hintana on käytetty 262 €/ tonni, joka kuvaa IFO-polttoainelaadun hintatasoa. Kuvioissa 11 ja 12 polttoaineena on käytetty kalliimpaa MGO-polttoainelaatua, jonka hintana on käytetty 487 €/per tonni.

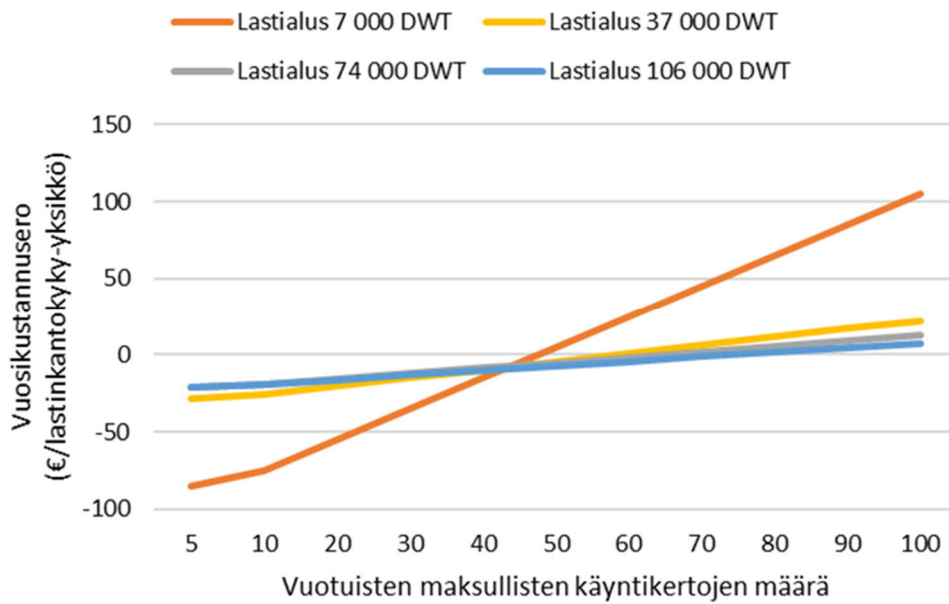
Nykytilanteessa, eli vuotuisten maksullisten käyntikertojen ollessa 10 ja yksikköhintojen muutosten ollessa 0 %, IA Super -jääluokan lastialuksien lastinkantokykyyn suhteutetut vuosikustannukset ovat kaikissa kokoluokissa IA-luokkaa nähden korkeampia. Pienimmässä aluskokoluokassa (7 000 DWT) IA Superin vuotuinen kustannusero IA:han nähden on merkittävä. Suuremmissa alusluokissa vastaava erotus on pienempi. Tästä voidaan päätellä, että erityisesti pienikokoisten IA Super -jääluokan alusten hankinta nykytilanteessa näyttää taloudellisesta näkökulmasta perin kannattamattomalta. IA Superille myönnetyt matalammat väylämaksut eivät riitä kattamaan jääluokan mukanaan tuoman matalamman lastinkantokyvyn ja korkeampien hankinta- ja käyttökustannuksien vaikutusta.



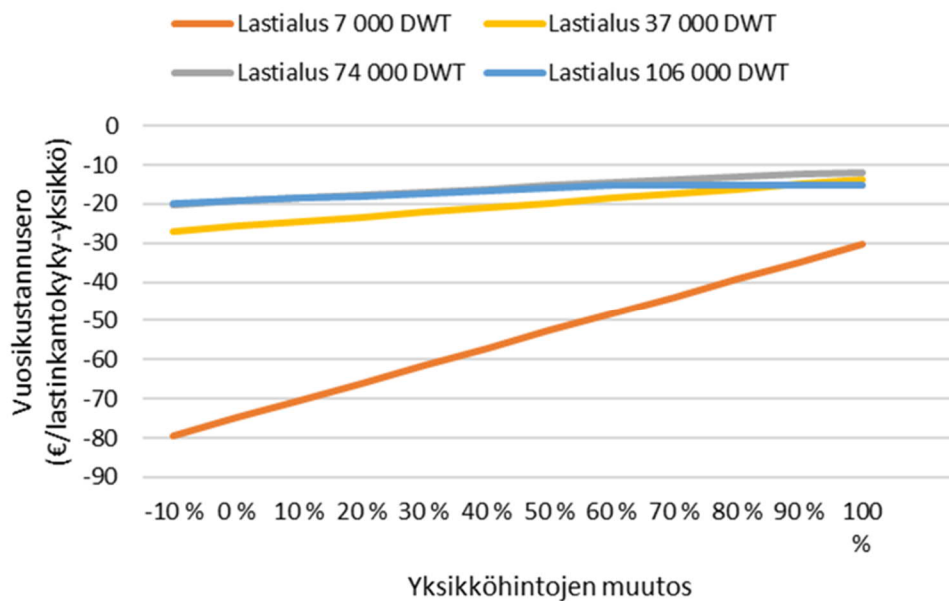
Kuva 9. IA Super- ja IA-jääluokkien lastialusten vuosikustannusero (sis. lastinkantokykyvaikutukset, väylämaksut, polttoaine- ja pääomakustannukset) vaihtoehtoisilla väylämaksun maksullisten käyntikertojen määrillä (polttoaineen hinta EUR 262 €/tonni)



Kuva 10. IA Super- ja IA-jääluokkien lastialusten vuosikustannusero (sis. lastinkantokykyvaikutukset, väylämaksut, polttoaine- ja pääomakustannukset) vaihtoehtoisilla väylämaksun yksikköhinnoilla (polttoaineen hinta 262 €/tonni)



Kuva 11. IA Super- ja IA-jääluokkien lastialusten vuosikustannusero (sis. lastinkantokykyvaikutukset, väylämaksut, polttoaine- ja pääomakustannukset) vaihtoehtoisilla väylämaksun maksullisten käyntikertojen määrillä (polttoaineen hinta EUR 487 €/tonni)



Kuva 12. IA Super- ja IA-jääluokkien lastialusten vuosikustannusero (sis. lastinkantokykyvaikutukset, väylämaksut, polttoaine- ja pääomakustannukset) vaihtoehtoisilla väylämaksun yksikköhintoilla (polttoaineen hinta EUR 487 €/tonni)

Vaikka väylämaksuporrastuksella ei ole ollutkaan tarkoitus täysimääräisesti kompensoida korkeamman jääluokan alusten muita kustannuksia, on esimerkin mukaan ohjausvaikutus IA- ja IAS-luokkien välillä hyvin vähäinen.

Eräs merkittävä havainto on, että jääluokkien kustannuseron kompensointi vuoden 2014 väylämaksuhinnoilla edellyttäisi merkittäviä korotuksia vuotuisten maksullisten käyntikertojen määrään. Matalampaa polttoainehintaa käyttäen vuotuisten maksullisten käyntikertojen määrän tulisi olla

vähintään 40, jotta jääluokkien välinen kustannusero olisi kuitattu. Korkeamman polttoaineen hinnan tapauksessa vaadittaisiin vielä tästäkin huomattavasti korkeampaa käyntikertamäärää.

Toinen keskeinen havainto on, että nykyisen väylämaksujärjestelmän yksikköhintojen muutoksilla, riippumatta käytetystä polttoainehinnasta, ei vaikuttaisi olevan riittävää vaikutusta kustannuseron kuromiseksi umpeen. Edes IA-luokan yksikköhintojen kaksinkertaistaminen ei toisi tarvittavaa vaikutusta. Keskeisinä syinä tähän voidaan pitää väylämaksujen kerta- ja vuosikohtaisia maksimääriä.

Johtopäätöksenä voidaankin siis todeta, että vuoden 2014 hinnoilla väylämaksujärjestelmän ohjausvaikutus korkeimman IA Super -jääluokan alusten hankintaan vaikuttaisi olevan olematon. Keskeisenä syynä IA Superin valintaan ovatkin mitä luultavammin aikatauluvaatimukset eikä niinkään taloudelliset kannustimet väylämaksun muodossa.

4.2 Väylämaksukertymän mallit

Tässä luvussa esitetään muutamia mallinnuksen tuloksena saatuja esimerkkejä väylämaksukertymästä vuonna 2030 eri skenaarioissa. Malli perustuu todellisiin aluksiin ja niiden käynteihin Suomen satamissa vuonna 2017. Mallin lähtöarvoina ovat kaikki vuonna 2017 Suomeen liikennöineet alukset ja näiden kaikki aluskäynnit. Taulukko 21 sisältää väylämaksukertymän vuosilta 2010–2017 ja laskentamallilla saadut tulokset.

Sarakkeessa A on kunkin vuoden toteutunut väylämaksutulo. Laskentamallilla saadut liikennemääriin perustuvat arvot ovat sarakkeissa B, C ja D. Sarakkeessa B on käytetty vuonna 2015 käytössä olleita ns. puolitetuista hintoista ja sarakkeessa C on käytetty vuoden 2014 ”puolittamattomia” hintoista (vrt. Taulukko 3). Mallilla lasketut kunkin vuonna voimassaolevat hinnat ovat lihavoituna sarakkeissa B ja C, ja ne on koottu yhteen sarakkeessa D.

Taulukko 21. Väylämaksukertymän laskentamallin tuloksia vuosilta 2010–2017. Mallin tarkkuus on noin 80 % toteutumasta; virhe näyttää varsin systemaattiselta vuodesta 2012 lähtien.

Vuosi	Mallilla lasketut maksukertymät				
	A	B	C	D	E
	Toteutunut tilinpäätös-luku valtion budjetista*); milj. €	2015_hinnat, milj. €	2014_hinnat, milj. €	Yhdistelmä malliarvoista; milj. €	Mallin ero toteutumaan (D - A) %
2010	69,0	51,8	95,1	95,1	38 %
2011	75,7	52,9	97,8	97,8	29 %
2012	81,4	52,6	97,2	97,2	19 %
2013	81,9	53,9	100,7	100,7	23 %
2014	87,6	56,2	104,2	104,2	19 %
2015	45,4	55,2	102,1	55,2	22 %
2016	46,3	55,8	103,4	55,8	20 %
2017	47,4	57,0	105,8	57,0	20 %
*) Kahden vuoden viive; esim. vuoden 2017 tilinpäätösluku löytyy v. 2019 budjetin päivitetystä versiosta "Yhdistelmä ajantasaisesta talousarviosta"					

Mallin mittavirhe (sarake E) on noin 20 %, ja virhe on ollut varsin stabiili vuodesta 2012 lähtien. Näin ollen mallia voidaan käyttää arvioitaessa eri skenaarioiden tuottamia väylämaksukertymiä vuonna 2030, kun vastaava mittavirhe huomioidaan. Mittavirhe syntyy puuttuvista tiedoista aluksille myönnettävistä alennuksista, joihin oikeuttavat mm. osalastit, useamman kuin yhden suomalaisen sataman käynnit saman

matkan aikana sekä esimerkiksi risteilyaluksille myönnettävät alennukset. Myös mm. puskuproomutyypisessä liikenteessä syntyy tulkintaongelmia siitä, miltä osin väylämaksut todellisuudessa rasittavat tätä liikennettä (puskija vs. ilman omaa konetta kulkeva alus); näiden merkitys kokonaisuudessa on kuitenkin vähäinen.

Väylämaksutulon muutoksia tarkastellaan vaihtoehtoisina vuosina 2017 ja 2030 tilanteissa, jotka liittyvät joko suoraan hintoihin, vuotuisten maksullisten käyntikertojen määrään tai alusten jääluokkiin. Jokainen tarkastelu perustuu vuoden 2014 puolittamattomiin väylämaksuhintoihin. Liikennemäärätilastojen perusvuosi on 2017, joka oli tuorein saatavilla oleva vuosi. Vuoden 2030 tilannekuvan luomiseen on käytetty oletusta, että vuoteen 2017 nähden aluskoko kasvaisi 22,7 % ja aluskäyntien määrä tulisi laskemaan 12,6 % (ks. luku 5.3.2). Eri hinnoitteluvaihtoehtoja vertaamalla voidaan huomata, että 100 miljoonan euron tulokertymään pääsemiseksi vuonna 2030 löytyy monia erilaisia vaihtoehtoja.

Taulukko 22 sisältää eräiden mahdollisten hinnoitteluvaihtoehtojen vertailun. Esimerkit perustuvat olemassa olevan väylämaksumallin variaatioihin eivätkä rajaa väylämaksujen muita vaihtoehtoja tai poliittista päätöksentekoa. Näissä laskentamallilla toteutetuissa esimerkeissä hinnoittelua suoraan koskevana muutosvaihtoehtoina on käytetty alennusten poistamista ja veloituserustan laajentamista kaikkiin aluksiin koosta riippumatta (nykyisin alle 300 nettotonnin lasti- ja risteilyalukset sekä alle 600 nettotonnin matkustaja-alukset ovat vapautettuja maksusta). Alennusten poisto (vaihtoehto 2) on toteutettu käyttämällä laskentamallia ilman mittavirheen korjausta, ts. olettaen mittavirheen johtuvan yksinomaan myönnettyistä erilaisista alennuksista, kuten esimerkiksi vajaalastialennuksesta.

Hinnoitteluun myös olennaisesti liittyvänä seikkana tarkastellaan lisäksi lasti- ja matkustaja-aluksia koskevien vuosittaisten maksullisten käyntikertamäärien (ts. käyntikertaleikkurin) muutoksien vaikutuksia. Vaihtoehdossa kolme, käyntikertaleikkurin puolitus, lastialuksien vuotuisten maksullisten käyntikertojen määrä putoaa kymmenestä viiteen ja vastaavasti matkustaja-aluksien kolmestakymmenestä viiteentoista. Sen sijaan vaihtoehdossa neljä, käyntikertaleikkurien tuplaus, edellä mainitut luvut kasvavat kahteenkymmeneen (20) lastialuksille ja kuuteenkymmeneen (60) matkustaja-aluksille. Jääluokkia koskevana muutosskenaariona on käytetty tilannetta, jossa IA Super -jääluokan oletetaan korvautuvan IA-luokalla.

Pieniltä aluksilta ei peritä väylämaksua. Kuitenkin pieniä aluksia on vähän ja niiden liikennöinti vähäistä, joten maksun alarajakoon poisto vaikuttaa hyvin vähän. Vaikka alarajakoko poistetaan, on tulokertymä käytännössä sama kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa (2014 väylämaksuhinnat). On syytä kuitenkin huomata, että kaikki pienten alusten satamakäynnit eivät näy laskennassa käytetyssä Portnet-tilastossa.

Taulukko 22. Mallinnettu väylämaksutulo vuonna 2017 ja 2030 vuoden 2014 hinnoilla

Hinnoitteluvaihtoehdot (1. – 5.)	Ajankohta			
	2017		2030	
	Käytettävät jääluokat			
	Nykyiset	IA Super pois	Nykyiset	IA Super pois
	Väylämaksukertymä (milj €)			
2014 väylämaksuhinnat	84	92	93	101
Alennusten poisto *	105	115	116	126
Käyntikertaleikkurin puolitus **	62	67	68	72
Käyntikertaleikkurin tuplaus **	118	133	132	147
* esim. vajaalastialennus ** koskee lasti- ja matkustaja-aluksia				

Vaihtoehto 1: Vuoden 2014 väylämaksuhinnat jääluokkamuutoksin

Ensimmäisessä vaihtoehdossa vuoden 2017 alusliikenteellä laskettaessa tuloksi muodostuu noin 84 miljoonaa euroa ja vuoden 2030 liikenne-ennusteella vastaavasti noin 93 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +11 %).

Mikäli IA Super -jääluokan väylämaksut sulautettaisiin osaksi IA-jääluokkaa, väylämaksutuloksi muodostuu vuoden 2017 liikennetiedoilla noin 92 miljoonaa euroa ja vastaavasti vuoden 2030 ennustetta käyttäen noin 101 miljoonaa euroa (muutos noin +10 %).

Vaihtoehto 2: Alennusten poisto jääluokkamuutoksin

Toisessa vaihtoehdossa maksujen alennuksia jätetään pois. Tällöin vuoden 2017 aluskäyntimäärillä tuloksi muodostuu noin 105 miljoonaa euroa ja vastaavasti vuoden 2030 liikenne-ennusteella noin 116 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +11 %).

Mikäli IA Super -jääluokan väylämaksut sulautettaisiin osaksi IA-jääluokkaa, väylämaksutuloksi muodostuu vuoden 2017 liikennetiedoilla noin 115 miljoonaa euroa ja vastaavasti vuoden 2030 ennustetta käyttäen noin 126 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +10 %).

Vaihtoehto 3: Käyntikertaleikkurin puolitus jääluokkamuutoksin

Kolmannessa vaihtoehdossa maksullisten käyntikertojen määrät puolitetaan nykyisestä. Väylämaksukertymä pienenee nykyisetä tasosta 20 % ja vuoden 2017 aluskäyntimäärillä tuloksi muodostuu noin 62 miljoonaa euroa. Vuoden 2030 liikenne-ennusteella väylämaksua kertyy vastaavasti noin 68 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +10 %).

Mikäli IA Super -jääluokan väylämaksut sulautettaisiin osaksi IA-jääluokkaa, väylämaksutuloksi muodostuu vuoden 2017 liikennetiedoilla noin 67 miljoonaa euroa ja vastaavasti vuoden 2030 ennustetta käyttäen noin 72 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +7 %).

Vaihtoehto 4: Käyntikertaleikkurin tuplaus jääluokkamuutoksin

Neljännessä vaihtoehdossa maksullisten käyntikertojen määrä kaksinkertaistetaan nykyisestä. Tässä mallissa väylämaksua kertyy 40 % enemmän, ja vuoden 2017 aluskäyntimäärillä tuloksi muodostuu noin 118 miljoonaa euroa. Vuoden 2030 liikenne-ennusteella vastaavasti tuloa tulee noin 132 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +12 %).

Mikäli IA Super -jääluokan väylämaksut sulautettaisiin osaksi IA-jääluokkaa, väylämaksutuloksi muodostuu vuoden 2017 liikennetiedoilla noin 133 miljoonaa euroa ja vastaavasti vuoden 2030 ennustetta käyttäen noin 147 miljoonaa euroa (vuosien välinen muutos noin +11 %).

5 Meriliikenteen logistiikkakustannukset 2030

Solakivi et al. (2018a) jakaa ulkomaankaupan logistiikkakustannukset viiteen erilliseen komponenttiin. Talvimerenkulun ja sen toimintaedellytysten voidaan olettaa vaikuttavan erityisesti kahteen kustannuskomponenttiin: kuljetuskustannuksiin ja varastoon sitoutuneen pääoman kustannuksiin. Logistiikkakustannukset Suomessa olivat noin 27,5 miljardia euroa vuonna 2017 (Solakivi et al. 2018b). Näistä kuljetuskustannusten osuus oli noin 28 % tai 7,9 miljardia euroa. Varastoon sitoutuneen pääoman kustannus on suunnilleen yhtä suuri.

Merikuljetusten osuus kuljetuskustannuksista on suomalaisyrityksille merkittävä. Esimerkiksi kansainvälisesti toimiville yrityksille merikuljetukset muodostavat yli 50 % kuljetuskustannuksista. MERSU-raportin mukaan Merikuljetusten yhteenlaskettu kokonaisarvo viennissä ja tuonnissa oli 2,8 Mrd USD vuonna 2011 (noin 2 Mrd €) (VNK 2017). Vesiliikenteen kerrannaisvaikutus kansantalouteen on merkittävä. Tuotos-panos-analyysin mukaan 100 €lisäys vesikuljetusten kysynnässä merkitsee 166 €lisää koko kansantaloudessa (Kuntze et.al 2019).

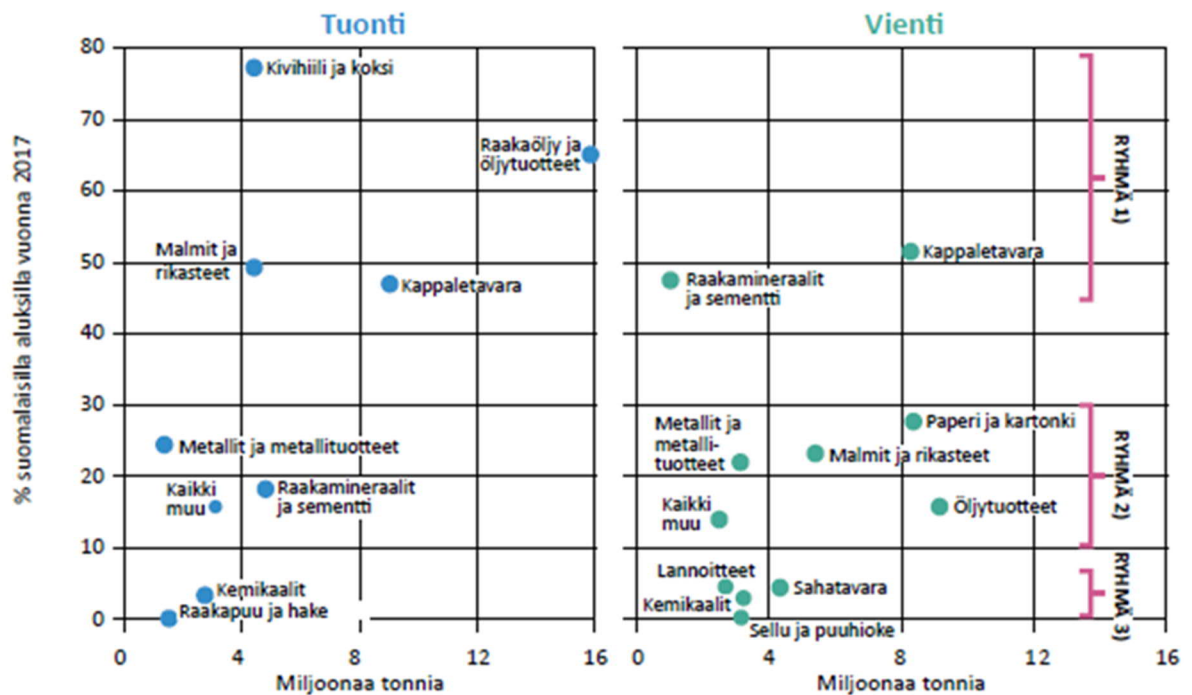
5.1 Ulkomaankaupan suomalainen aluskalusto⁴

Suomalaisella aluskalusto hoidetaan vain osan viennin ja tuonnin kuljetustarpeesta. Pelkästään suomalaista aluskalustoa uusimalla ei jäänmurron tarpeeseen voi vaikuttaa. Kuten oheisesta Huoltovarmuusraportin luvusta käy ilmi, tarvitaan sekä viennissä että tuonnissa paljon ulkomaista aluskalustoa. Näin kansainvälinen kehitys vaikuttaa myös jäänmurtokapasiteetin tarpeeseen.

Liikenneviraston tilastoima meritse kuljetettu ulkomaan tavaraliikenne oli v. 2017 yhteensä 98,7 milj. tonnia, josta vientiä 51,5 milj. tonnia ja tuontia 47,3 milj. tonnia. Tarkasteltaessa Suomeen rekisteröityjen alusten osuutta tästä liikenteestä, erottuu kolme ryhmää (Kuva 13), eli tavaralajit, joissa:

1. suomalaisalusten osuus on noin 50 % tai yli
2. suomalaisalusten osuus on noin 15–30 %
3. otteet, joissa suomalaisalusten osuus on noin 10 % tai alle

⁴ Osion 5.1 tiedot on julkaistu v. 2018/2019 taitteessa Huoltovarmuuskeskuksen raportissa (Raportin luku 6) (Ojala et al. 2018) Ks. www.huoltovarmuuskeskus.fi/merenkulun-huoltovarmuus-suomen-elinkeinoelama-toimintaympariston-tarkastelu-vuoteen-2030



Kuva 13. Suomen meritse kuljetettu tuonti ja vienti tavaralajeittain sekä kotimaisen tonniston osuus (Liikennevirasto 2018)

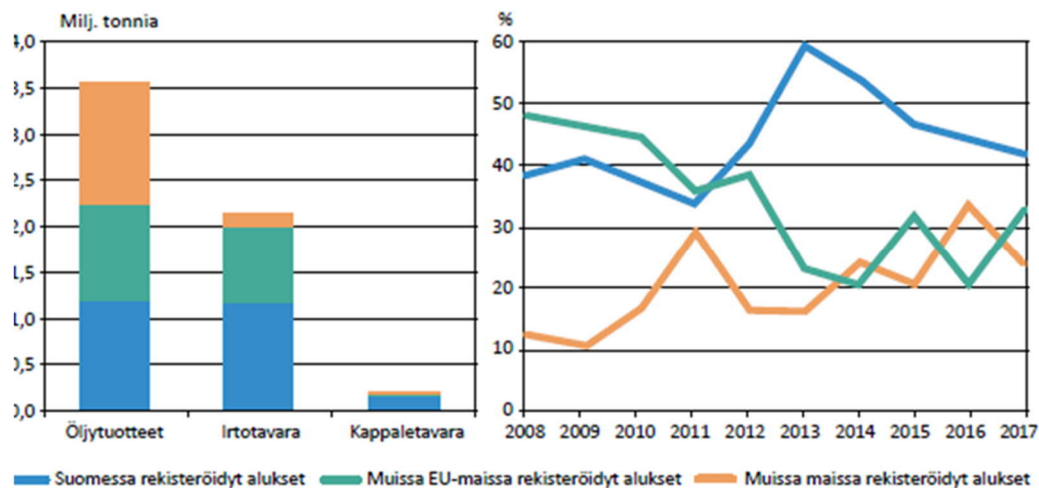
Ryhmä 1):n osalta kotimaisen tonniston osuus on (erittäin) suuri, eli näiden tavaralajien huoltovarmuuden⁵ taso on – ainakin tällä hetkellä – korkea. Niiden tarvitseman aluscaluston ja alusten käyttöön liittyvien markkinajärjestelyjen osalta Suomi on siis lippuvaltiona (erittäin) kilpailukykyinen. Tämä selittyy sillä, että noin puolet ulkomaanliikenteen ro-ro- ja matkustaja-autolautoista on Suomen rekisterissä. Muut ryhmä 1):n tavaralajit ovat joko nestemäisiä tai kuivia irtolasteja; selvästi suurimmat osuudet ovat kivihiilen ja koksen sekä raakaöljyn ja öljytuotteiden tuonnissa.

Ryhmä 2) koostuu raaka-aineista (esim. viennissä malmi) tai suhteellisen alhaisen jalostusarvon tuotteista kuten tuonnissa raakamineraalit ja sementti sekä viennissä paperi, kartonki ja jalostetut öljytuotteet. Metallit ja metallituotteet sekä viennissä että tuonnissa kuuluvat myös tähän ryhmään.

Ryhmässä 3) suomalaisten alusten osuus on erittäin pieni. Huoltovarmuuden kannalta merkittävä tavaralaji tässä ryhmässä on kemikaalit sekä viennin että tuonnin osalta. Myös sahatavaran, sellun ja lannoitteiden viennistä ja raakapuun tai hakkeen tuonnista erittäin pieni osa kulkee suomalaisilla aluksilla.

Kotimaan vesiliikenteessä, eli suomalaisten satamien välisessä liikenteessä kulki vuonna 2017 noin 5,8 milj. tonnia tavaraa. Se on hieman alle 6 % ulkomaanliikenteessä kulkeneesta määrästä. Kotimaan liikenteessä suomalaisten alusten osuus oli vuonna 2017 noin 40 %, eli tasolla, jolla se oli vuosina 2008–2012. Vuonna 2013 vastaava osuus oli jopa 60 %.

⁵ Kotimaista tonnistoa ei pidetä yllä vain huoltovarmuuden vuoksi, vaikka sen merkitys huoltovarmuudelle onkin merkittävä



Kuva 14. Suomen kotimaan vesiliikenne päätavaralajeittain (milj. tonnia) sekä kotimaisen tonniston osuus (%) vuonna 2017 (Liikennevirasto 2018)

Kotimaan vesiliikenteen päätavaralajeista öljytuotteita kulkee kutakuinkin yhtä paljon suomalaisilla, muissa EU-maissa rekisteröidyillä ja muissa kuin EU-maissa rekisteröidyillä aluksilla. Irtotavarasta noin puolet kulkee Suomeen rekisteröidyillä aluksilla (Kuva 14).

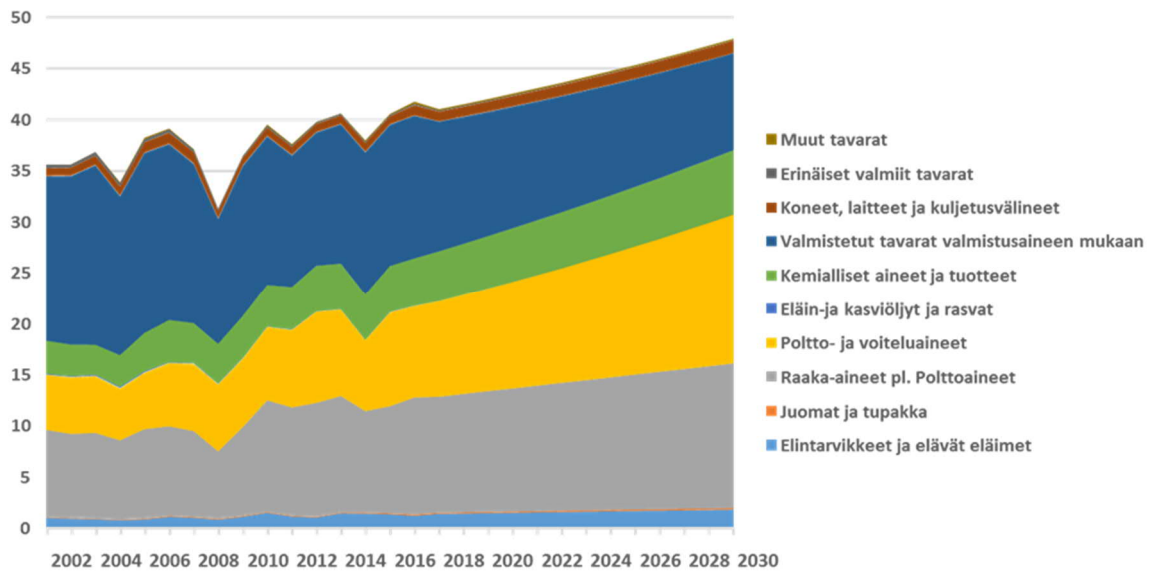
5.2 Suomen meriliikenteen kehitys vuoteen 2030

Tässä luvussa esitetään Suomen meritse tapahtuvan ulkomaankaupan rakenne vuosina 2002–2017 ja ennuste sen kehityksestä vuoteen 2030 saakka. Ennusteet on laadittu siten, että vuosien 2002–2017 aineiston perusteella on tavaralajeittain ja alueittain pyritty käyttämään tilastoaineistoon mahdollisimman hyvin sovitettua mallia.

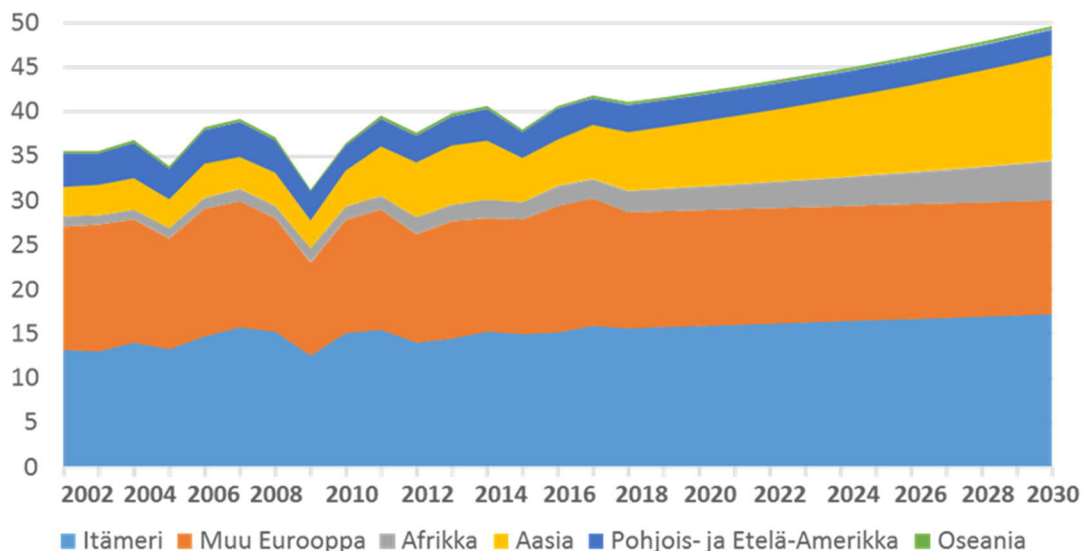
Tässä esitetyt ennusteet perustuvat tavaralajien ja alueiden toteutuneiden määrien mallintamiseen, eikä mahdollisia muita tuonnin ja viennin volyymeihin vaikuttavia tekijöitä ole huomioitu ennusteissa. Näin ollen esimerkiksi polttoaineiden tuonnissa ei ole huomioitu viimeaikaista päätöstä kivihiilen käytöstä luopumisesta.

Suomen vienti ja tuonti tarvitsevat pääosin erilaista aluskalustoa. Tuonti on pääosin raaka-aineita, ja irtolastia ja nestemäisiä raaka-aineita Suomeen tuoville aluksille paluulasteja on vain vähän tai ei lainkaan. Myös kemianteollisuuden vienti tarvitsee pääosin eri tyyppisiä aluksia kuin Suomen tuonnissa käytettävät alukset. Valmistettujen tavaroiden vienti on vastaavasti suuryksikköliikennettä, joka kulkee kontti- ja ro-ro-aluksilla. Tässä liikenteessä tuonnin ja viennin yksikkömäärät ovat suhteellisen hyvin tasapainossa.

Konttiliikenteen osalta Suomeen tuodaan kuitenkin aiempaa huomattavasti enemmän tyhjiä kontteja viennin tarpeisiin. Suomen kautta Venäjälle suuntautunut konteissa tullut transitoliikenne on nykyään vain murto-osa noin 10 vuoden takaisesta, jolloin Suomeen jäi runsaasti tyhjiä kontteja. Suurimmillaan tästä syntyi noin 30 miljoonan euron vuosittaiset säästöt, kun tyhjiä kontteja ei tarvinnut erikseen kuljettaa Suomeen.



Kuva 15. Suomen meritse tapahtuva vienti 2002–2017 (Tulli 2018) sekä ennuste 2018–2030 SITC1-pääluokittain, miljoonaa tonnia



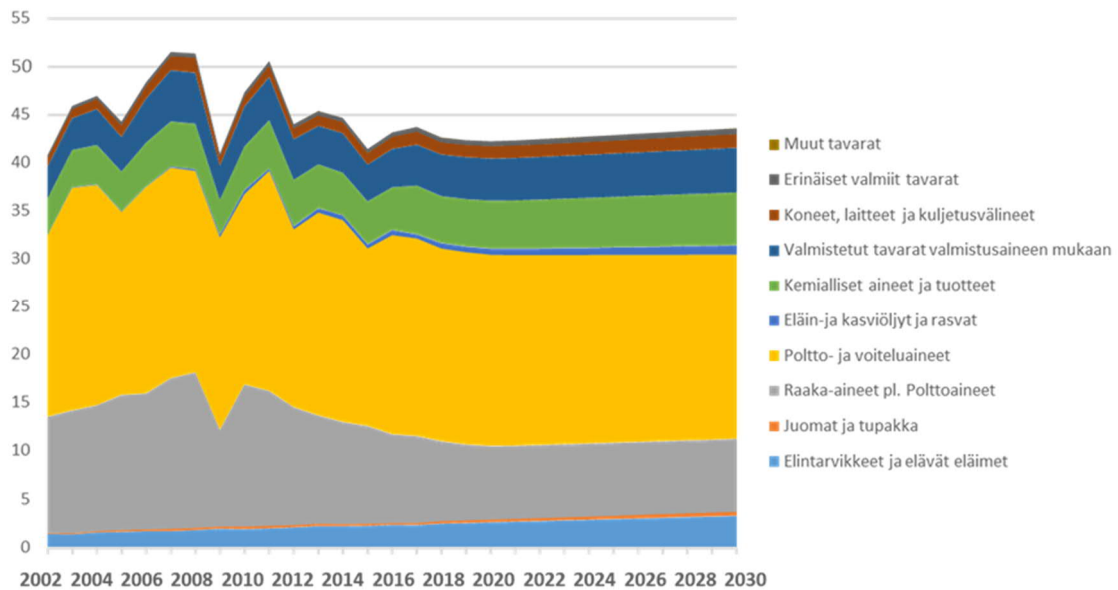
Kuva 16. Suomen meritse tapahtuva vienti 2002–2017 (Tulli 2018) sekä ennuste 2018–2030 alueittain, miljoonaa tonnia

Kuva 15 esittää Suomen meritse tapahtuvan viennin tapahtunutta kehitystä tavaralajeittain vuosina 2002–2017 sekä ennusteen vuoteen 2030 saakka. Suurimmat tavararyhmät viennissä ovat valmistetut tavarat valmistusaineen mukaan sekä raaka-aineet. Myös polttoaineita ja kemianteollisuuden tuotteita viedään Suomesta merkittäviä määriä. Ennusteessa viennin kokonaismäärä kasvasi vuoden 2017 noin 41 miljoonasta tonnista noin 48 miljoonaan tonniin vuonna 2030. Eniten näyttäisi kasvavan raaka-aineiden ja polttoaineiden vienti. Vastaavasti valmistettujen tavaroiden vienti näyttäisi hieman vähenevän.

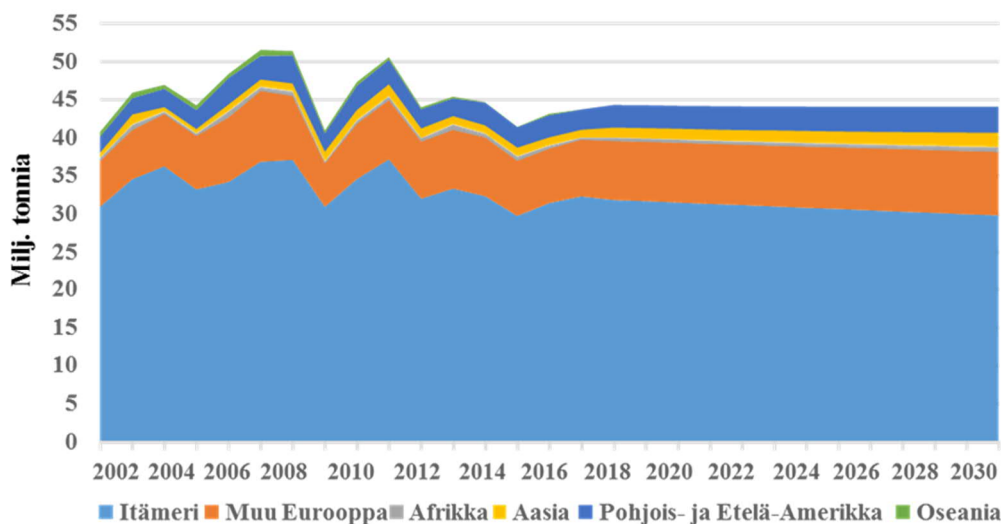
Kuva 16 esittää Suomen meritse tapahtuvan viennin kehitystä alueittain vuosina 2002–2017 sekä ennusteen vuosille 2018–2030. Itämeren alueen ja muun Euroopan osuus Suomen viennistä on pysytellyt hieman yli 70 prosentissa koko viennistä. Muita tärkeitä vientialueita ovat olleet Pohjois-Amerikka ja Aasia. Näistä Pohjois-Amerikan osuus on laskenut vuoden 2002 11 prosentista 7 prosenttiin vuonna 2017 samalla kun Aasian osuus on kasvanut 9 prosentista 15 prosenttiin.

Ennusteen mukaan viennin volyymi sekä Itämerelle että muuhun Eurooppaan säilyy suurin piirtein ennallaan, mutta Aasian vienti kasvaa vuoden 2017 noin 6 miljoonasta tonnista noin 11 miljoonaan tonniin vuonna 2030. Kasvun ajurina on erityisesti Kiina, mutta myös vienti Japaniin ja Intiaan näyttäisi olevan kasvussa.

Kuva 17 esittää Suomen meritse tapahtuvan tuonnin kehityksen tavaralajeittain vuosina 2002–2017 sekä ennusteen vuosille 2018–2030. Suurimmillaan tuonti oli noin 51,5 miljoonaa tonnia vuonna 2007 ja pienimmillään noin 41 miljoonaa tonnia vuonna 2009. Suurimmat tavararyhmät ovat raaka-aineet sekä poltto- ja voiteluaineet, joita on tuotu enimmillään noin 35 miljoonaa tonnia vuodessa. Muita keskeisiä tavararyhmiä ovat olleet kemialliset aineet ja tuotteet sekä valmistetut tavarat valmistusaineen mukaan.



Kuva 17. Suomen meritse tapahtuva tuonti 2002–2017 (Tulli 2018) sekä ennuste 2018–2030 SITC1-pääluokittain, miljoonaa tonnia



Kuva 18. Suomen meritse tapahtuva tuonti 2002–2017 (Tulli 2018) sekä ennuste 2018–2030 alueittain

Ennusteen perusteella tuonnin voidaan olettaa pysyvän pääosin samankaltaisena niin kokonaisuutena kuin tuonnin rakenteenkin osalta. Tuonnin kokonaismäärä vuonna 2030 pysytellee vuoden 2017 tasolla (noin 44 miljoonaa tonnia; Kuva 18). Tavaralajeista raaka-aineiden tuonti väheni voimakkaasti 2000-luvun alkupuolella, ja sen ennustetaan vähenevän maltillisesti. Vastaavasti elintarvikkeiden tuonnin volyyymi on kasvanut tasaisesti, mikä jatkuu myös vuoteen 2030.

Tuonnin jakautuminen eri alueilta (Kuva 18) on pysynyt varsin vakaana vuosina 2002–2017: yli 70 % Suomen meritse tapahtuvasta tuonnista tulee Itämeren alueelta, ja yli 90 % tulee joko Itämeren tai muun Euroopan alueelta. Tuonnin pääalueissa ei odoteta tapahtuvan suuria muutoksia, vaan Itämeri ja muu Eurooppa tullevat säilyttämään asemansa Suomen tuonnin pääasiallisina lähteinä myös vuoteen 2030 mennessä.

Edellä esitettyjen ennusteiden perusteella voidaan arvioida Suomen kansainvälisen meriliikenteen tonnimääräisen volyymin lisääntyvän vuoteen 2030 mennessä noin 7 %.

5.3 Suomen ulkomaankaupan alusliikenteen muutokset vuoteen 2030

5.3.1 Kansainvälinen sääntely

Pakolliset MARPOL –yleissopimuksen VI liitteen uuden 4 kappaleen määräykset, ks. päätöslauselma MEPC.203(62), jotka koskevat laivojen energiatehokkuuden parantamista, hyväksyttiin MEPC 62 –kokouksessa 15.7.2011 ja ne tulivat voimaan 1.1.2013. Keskeiset määräykset liittyvät uusien laivojen energiatehokkuutta mittaavan suunnitteluindeksiin, Energy Efficiency Design Index (EEDI), laskentaan ja hyväksyntään sekä laivojen energiatehokkuussuunnitelman, Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), laadintaan. Laivojen energiatehokkuussuunnitelman laadintaa koskeva sääntö 22 koskee kaikkia aluksia, joiden bruttovetoisuus on 400 tai enemmän. EEDI –määräykset koskevat määräyksissä erikseen mainittuja alustyyppisiä ja –kokoja. Määräysten piirissä olevien alusten koon alaraja on 2000 – 10000 t kuollutta painoa alustyyppistä riippuen. Aluksen kuljetuskoneistolla on myös merkitystä. Määräykset eivät vielä koske dieselsähköisellä koneistolla varustettuja aluksia lukuun ottamatta LNG- ja risteilymatkustaja-aluksia, joissa on sellainen koneisto. Määräykset eivät myöskään koske höyryturbiinikoneistolla tai hybridikoneistolla varustettuja aluksia.

EEDI –määräykset tiukentuvat asteittain siten, että 1. vaihe koskee vuosina 2015–2019, 2. vaihe vuosina 2020–2024 ja 3. vaihe 1.1.2025 jälkeen rakennettuja aluksia. IMO:ssa on jo sovittu kolmannen vaiheen aikaistamisesta siten että 3. vaiheen määräykset tulevat voimaan jo 1.1.2022 useiden alustyyppien osalta ja parhaillaan pohditaan mahdollisen neljännen vaiheen lisäämistä määräyksiin. EEDI –määräysten 1. vaiheessa alusten energiatehokkuustason parantamisvaatimus oli 10 %, 2. vaiheessa se on 20 % ja kolmannessa vaiheessa 30 % verrattuna vuosina 2000 – 2009 rakennettujen alusten keskimääräiseen energiatehokkuustasoon.

Energiatehokkuusindeksi EEDI kuvaa aluksen koneiden tuottaman hiilidioksidin määrää suhteessa aluksen kuljettaman tavaran määrään (grammaa CO₂/tonnimeripeninkulma) eli aluksen aiheuttama ympäristöhaitta jaetaan yhteiskunnan merikuljetuksesta saamalla hyödyllä .

EEDI –indeksin arvo lasketaan aluksen koneteholla, joka on 75 % aluksen suurimmasta konetehosta, ja sitä vastaavalla avovesinopeudella. Indeksillä ottaa myös karkeasti huomioon aluksen apukoneiden hiilidioksidipäästöt. Mitä pienempi aluksen EEDI-luku on, sitä energiatehokkaampi alus on. Laskentaa varten on hyväksytty useita korjauskertoimia, jotta erityyppiset alukset tulisivat kohdelluiksi samalla tavalla. Korjauskertoimia tarvitaan myös, jotta voidaan turvata tasapuolinen kohtelu jäissä kulkeville aluksille verrattuna pelkästään avovesissä kulkeviin aluksiin (Kämäräinen 2016). Suomelle erityisen

merkittäviä korjauskertoimia ovat konetehoa ja/tai alusten kapasiteettia koskevat jääluokkakorjauskertoimet. Konetehoa koskevat jääluokkakorjauskertoimet on laadittu vain ns. hitaille aluksille eli tankkereille, irtolastialuksille ja kappaletavara-aluksille, koska suomalais-ruotsalaisten jääluokkasääntöjen minimikonetehovaatimukset käytännössä edellyttävät lisätehon asentamista näihin alustyyppisiin, joiden suurin nopeus on tyypillisesti enintään 15 solmua. Nopeiden alusten, kuten ro-ro- ja ro-pax-alusten, konttilaivojen ja matkustaja-alusten konetehto määräytyy niiden suuren avovesinopeuden johdosta, joka on yleensä vähintään noin 20 solmua. Näiden alusten konetehot ovat pääsääntöisesti paljon suurempia kuin mitä suomalais-ruotsalaisissa jääluokkasäännöissä edellytetään, jolloin ei ole nähty tarvetta laatia näille alustyypeille konetehoa koskevia jääluokkakorjauskertoimia.

Vuonna 2018 IMO hyväksyi alustavan strategian meriliikenteen kasvihuonekaasujen vähentämiseksi (päättöslauselma MEPC.304(72)). Alustavan strategian tavoitteena on mm. alentaa kansainvälisen meriliikenteen hiili-intensiteettiä siten, että kansainvälisen meriliikenteen hiili-intensiteetti laskee siten, että meriliikenteen keskimääräiset CO₂ -päästöt kuljetussuoritetta kohden vähenevät vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä, minkä jälkeen tavoitteena on 70 %:n vähennys vuoteen 2050 mennessä vuoden 2008 tasoon verrattuna.

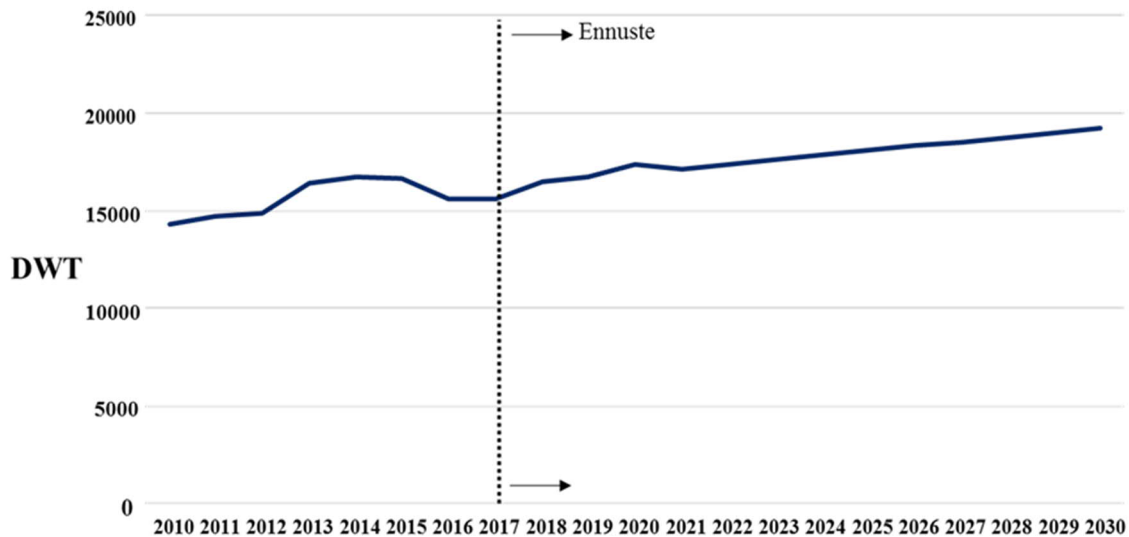
Keväällä 2020 Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä (International Maritime Organization, IMO) on esillä lyhyen tähtäimen päästövähennyskeinoja olemassa olevien alusten energiatehokkuuden parantamiseksi, jotta meriliikenteen keskimääräiset CO₂ -päästöt kuljetussuoritetta kohden vähenisivät vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2008 tasoon verrattuna. Tarkoitus on lisätä MARPOL – yleissopimuksen VI liitteeseen määräyksiä, joiden avulla tämä tavoite on tarkoitus saavuttaa. Näiden määräysten on tarkoitus tulla voimaan v. 2023 alussa. Uusia määräyksiä koskevat neuvottelut ovat vielä kesken, eikä näiden ehdotusten vaikutuksia ei ole voitu tässä arvioida tarkemmin. Tätä kirjoitettaessa tämä työ jatkuu LVM:n suuntaan erillisenä toimeksiantona.

Suomen tarkoituksena kuitenkin on, kuten EEDI -määräyksissäkin, että uudet määräykset antavat jäävahvistetuille aluksille mahdollisuuden käyttää täyttä jääluokkamääräysten mukaista konetehoa, jos jääolosuhteet niin vaativat, vaikka aluksen konetehoa olisikin uusien määräysten takia rajoitettu aluksen energiatehokkuuden parantamiseksi.

5.3.2 Aluskoko

Aluskoon kasvu mittakaavaetujen saavuttamiseksi on ollut eräs keskeisimmistä meriliikenteen kehitystrendeistä. Tämä on ollut nähtävissä myös Suomeen suuntautuvassa alusliikenteessä, jossa erityisesti suuryksikköliikenteessä käytettävä aluskalusto on aiempaa suurempaa. Saman tyyppistä kehitystä on ollut havaittavissa myös muussa rahtiliikenteessä. Aluskoon tulevan kehityksen arvioimiseksi analysoitiin Suomen satamissa vuosina 2010–2017 käyneet lastialukset alustyypeittäin. Kunkin alustyyppin osalta laadittiin toteutuneiden aluskäyntien perusteella ennuste siitä, miten alusten keskimääräinen koko tulee kehittymään vuoteen 2030 mennessä. Jotta kehitys vastaisi mahdollisimman hyvin Suomen alusliikenteen jakaumaa, ennuste laadittiin painottamalla aineisto aluskäynnein.

Kuva 19 esittää Suomessa käyneiden lastialusten keskimääräisen kantavuuden kehityksen vuosina 2010–2017 sekä sen pohjalta laaditun ennusteen aluskoon kehityksestä vuoteen 2030.



Kuva 19. Arvio lastialusten keskimääräisen koon kasvusta Suomen alusliikenteessä vuoteen 2030 mennessä

Kuten kuviosta voidaan todeta, Suomeen liikennöivien alusten kantavuus on ollut kasvussa vuosina 2010–2017. Mikäli kehitys jatkuu samanlaisena vuoteen 2030 saakka, on Suomeen liikennöivä aluskalusto keskimäärin noin 22,7 % suurempaa kuin vuonna 2017. Olettaen, että muutos aluskoossa on symmetrinen koko aluskalustolle, ja muiden muuttujien pysyessä ennallaan, tarkoittaisi tämä sitä, että vuoden 2030 kuljetussuorite kyettäisiin kuljettamaan 12,7 % nykyistä pienemmällä määrällä aluskäyntejä.

Alusten koon kasvu vaikuttaa osaltaan myös jäänmurron resurssitarpeeseen. Useisiin Suomen satamiin johtavat väylät mahdollistavat sellaisten, noin Panamax-kokoluokan, alusten käyttämisen, joiden leveys ylittää Suomen nykyisen jäänmurtokaluston murtaman väylän leveyden. Esimerkiksi Kokkolan bulkliikenteessä on myös talviaikaan käytössä tämän kaltaisia aluksia, joiden avustamiseen joudutaan allokoidaan samanaikaisesti kaksi jäänmurtajaa. Myös Pohjanlahden linjaliikenteeseen on suunnitteilla yhtä leveitä aluksia⁶. Näiden alusten vaikutus jäänmurron tarpeeseen on otettu huomioon raportin simulaatioissa ja kustannusanalyysissä.

5.3.3 Alusten jääluokka

Alusten jäissäkulkukyvyn, jäänmurtotarpeen ja kustannusten osalta eräs erityisesti Suomeen suuntautuvan alusliikenteen kannalta merkittävä tekijä on aluksen jääluokka. Alusten jääluokassa tapahtuvia muutoksia arvioitiin tarkastelemalla vuosina 2010–2017 Suomessa käyneiden alusten jääluokkia. Käytännössä yhdenkään aluslajin osalta jääluokissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Näin ollen eri alustyyppien jääluokkien jakaumia voidaan pitää vakiintuneina.

⁶ <https://www.hellenicshippingnews.com/new-lng-powered-ro-ro-vessels-for-wallenius-sol-designed-by-knud-e-hansen/>

Taulukko 23. Alusten jääluokat eri alustyypeillä Suomen alusliikenteessä vuonna 2017 (%)

	IAS	IA	IB	IC	Muu
Kuljetuskoneeton alus	27,9	0,0	0,0	0,0	72,1
Lastialus	22,2	51,8	9,1	2,7	14,2
Matkustaja-alus	56,7	37,4	5,4	0,0	0,5
Risteilyalus	0,0	0,0	0,0	7,5	92,5
Suurnopeusalus	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Muu	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Taulukko 23 esittää jääluokkien jakauman eri alustyypeillä vuonna 2017 prosentteina. Tämä on oletettavasti myös jääluokkien jakauma vuonna 2030. Lastialuksilla lähes 75 % Suomeen tehdyistä aluskäynneistä tehtiin vuonna 2017 aluksilla, joiden jääluokka oli joko IAS tai IA. Matkustaja-aluksista vastaava osuus oli lähes 95 %. Risteilyaluksista yli 90 % käynneistä tapahtui aluksilla, joiden jääluokka on alle IC.

5.3.4 Alusten ikärakenne ja EEDI-energiatehokkuusvaatimukset

Aluskaluston uusiutumismvauhdin selvittämiseksi haettiin Clarksonin alustietokannasta romutustiedot kaikista vuosina 2013–2019 romutetuista aluksista (yhteensä 4 255 kpl). Näiden tilastojen perusteella laskettiin alusten keskimääräinen romutusikä alustyypeittäin. Romutusiät on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 24).

Taulukko 24. Alusten keskimääräinen romutusikä alustyypeittäin vuosina 2013–2019 maailmassa (Aineistolähde: Clarkson's Research Services Limited, 2019)

		Alusten lukumäärä	Romutusikä keskimäärin
Lastialukset	Kuivabulk-alus	1 053	24,4
	Säiliöalus	542	26,4
	Konttialus	559	20,8
	Ro-ro-alus	67	33,6
	Autojen kuljetusalus	83	27,9
	Konventionaalinen kuivalastialus *	657	32,7
Matkustaja-alus		87	36,8
Risteilyalus		15	38,9
Muu alus		1 192	32,6
Yhteensä		4 255	

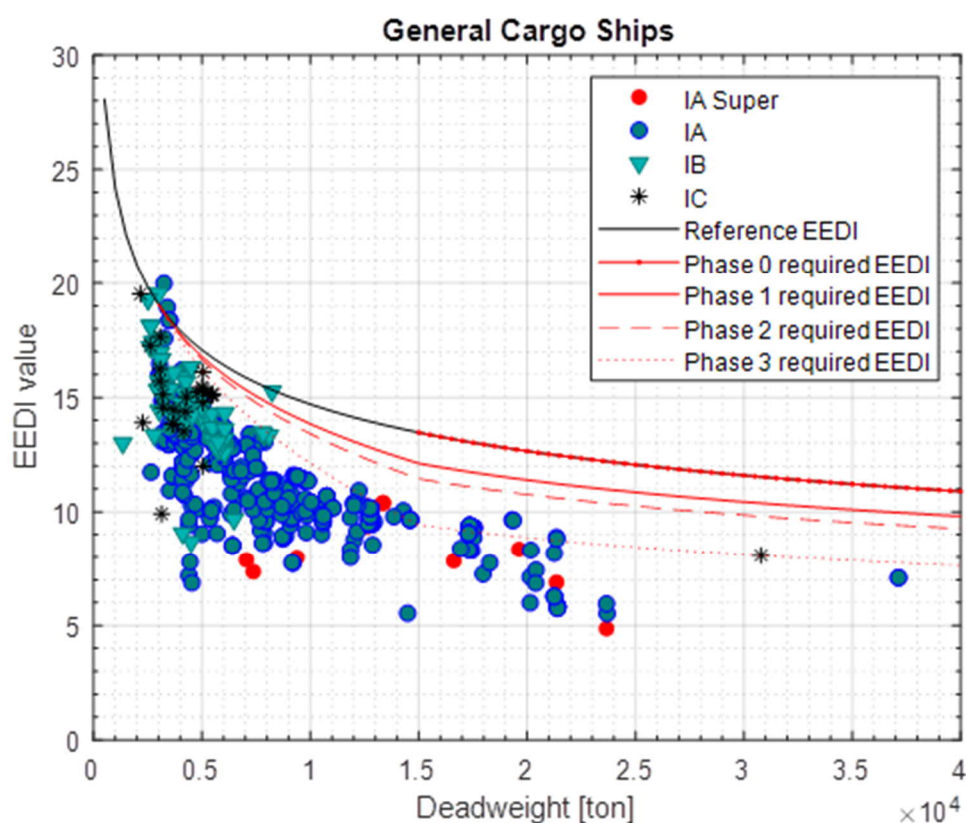
* Multi-purpose, General cargo

Kuten taulukosta 24 nähdään, alusten keskimääräinen romutusikä vaihtelee merkittävästi alustyyppin mukaan. Alhaisin keskimääräinen romutusikä on vuosina 2013–2019 ollut konttialuksilla, jotka on romutettu keskimäärin noin 20,8 vuoden ikäisenä. Tätä lukua selittää osittain esimerkiksi Panaman

kanavan laajennus, ja sen mukana epäoptimaaliseksi muuttunut aluskalusto. Korkein romutusikä on puolestaan ollut suhteessa lastinkantokykyyn kalliimmilla ro-ro-aluksilla (33,6 vuotta) sekä matkustaja-aluksilla (36,8 vuotta) ja risteilyaluksilla (38,9 vuotta).

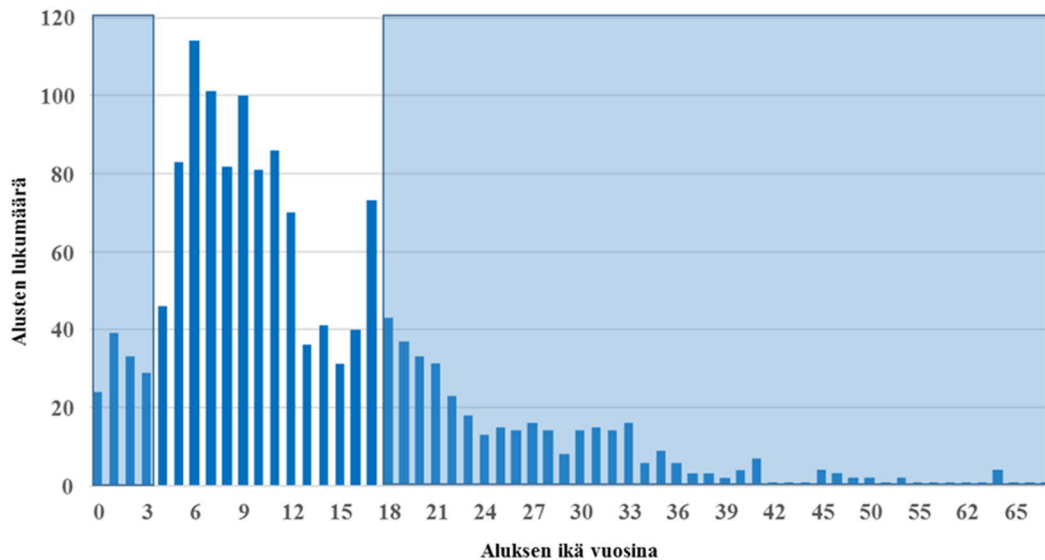
Suomen liikenteen aluskaluston uusiutumista vuoteen 2030 mennessä arvioitiin vuoden 2017 aluskäyntien perusteella. Aluskäyntitilastosta identifioitiin IMO-numeron perusteella jokainen Suomessa vuonna 2017 käynyt alus. Näille haettiin Clarksonin alustietokannasta tekniset tiedot (ml. aluksen ikä, alustyyppi jne.). Aluksen iän ja alustyyppin perusteella määritettiin, poistuuko alus vuoteen 2030 mennessä liikenteestä.

EEDI-energiatohokkuusvaatimukset ovat olleet käytössä vuodesta 2013 lähtien (vaihe 0), ja tiukentuvat asteittain siten, että tiukimmat energiatohokkuusvaatimukset kohdistuvat vuoden 2025 jälkeen rakennettaviin 3. vaiheen aluksiin (Kuva 20).



Kuva 20. Alustavat Aker Arcticin laskemat EEDI-indeksi-arvot Perämerellä purjehtiville kappaletavara-aluksille. Laskelmissa on käytetty uusia jääluokkakorjauksia.

Arvioitaessa EEDI-alusten osuutta Suomen alusliikenteessä vuonna 2030 oletetaan vuonna 2013 ja sen jälkeen rakennettujen alusten olevan EEDI-vaatimukset täyttäviä. Vuoden 2017 jälkeen rakennettavien alusten arvioidaan korvautuvan EEDI-aluksilla niiden tullessa alustyyppille ominaiseen keskimääräiseen romutusikään. Kuva 21 esittää Suomessa vuonna 2017 käyneiden alusten ikäjakauman, sekä se osuus aluksista (tummennetut alueet), joiden arvioidaan olevan EEDI-aluksia vuonna 2030. Koska alusten romutusikä vaihtelee alustyypeittäin, kuvio on suuntaa antava, ei tarkka kuvaus.



Kuva 21. Suomen alusliikenteen ikärakenne vuonna 2017, sekä arvioitu osuus (tummennettu) aluksista, joiden oletetaan korvautuvan EEDI-aluksilla vuoteen 2030 mennessä

Taulukko 25 esittää vuoden 2017 aluskäyntitilastoon ja alusten keskimääräiseen romutusikään perustuvan arvion vuoden 2030 jäänmurtosimulaatioissa käytettävien alusten EEDI-alusten osuudet alustyypeittäin. Mallin kannalta keskeistä on, että EEDI-alusten osuuden arvioidaan olevan noin 35 % aluskannasta vuonna 2030.

Taulukko 25. EEDI-alusten arvioitu osuus Suomen alusliikenteestä eri alustyypeissä vuonna 2030

	Ei (%)	Kyllä (%)	n
Lastialus	65,0	35,0	1 503
Matkustaja-alus	60,0	40,0	35
Risteilyalus	80,3	19,7	66
Suurnopeusalus	100,0	0,0	3
Tuntematon	50,0	50,0	6
Kuljetuskoneeton alus	20,0	80,0	10

5.4 Merenkulun kustannukset

Tässä selvityksessä arvioidaan talvimerenkulun vaikutuksia ulkomaankaupan logistiikkakustannuksiin eri toimijoille aiheutuvien suorien ja epäsuorien kustannusten kautta. Suoriksi kustannuksiksi lasketaan tässä (meri)kuljetuksissa käytettävän, talvimerenkulkuun sopivan kuljetuskaluston aiheuttama lisäkustannus. Epäsuoriksi kustannuksiksi lasketaan toisaalta yhteiskunnan talvimerenkulun toimintaedellytysten turvaamisen aiheuttamat kustannukset, kuten väylämaksuilla rahoitettavan jäänmurron kustannukset, sekä talviolosuhteiden aiheuttamien viivästysten seurauksena syntyvät sitoutuneen pääoman kustannukset.

5.4.1 Suorat kustannukset

Talvimerenkulun vaatiman kuljetuskaluston lisäkustannusta arvioidaan Solakivi et al. 2017 ja 2019 menetelmän perusteella, jossa kustannusten katsotaan koostuvan alusten pääomakustannuksista (CC), polttoainekustannuksista (FC) ja operointikustannuksista (OC); kaava 1:

Kaava 1

$$SC = CC + FC + OC$$

Laskelmien perusteena ovat vuoden 2017 aluskäyntitilaston perusteella lasketut aluskohtaiset kustannukset kaikille niille aluksille, jotka ovat käyneet Suomen satamissa vuonna 2017.

Alusten tämänhetkiset pääomakustannukset arvioidaan vuoden 2017 aluskäyntitilastojen (Liikennevirasto 2018) ja Clarkson's World Fleet Register -tietokannasta saatavien alusten toteutuneiden hankintahintojen perusteella. Vuosittaisia pääomakustannuksia arvioidaan Wijnolstin ja Wergelandin (2009) suosituksen mukaisesti olettamalla aluksille 20 vuoden poisto aika ja 25 vuoden jäännösarvo.

Viitekorkona laskelmissa käytetään Libor (London Interbank Offered Rate) -korkoa lisättynä 1,5 prosenttia marginaalilla. Korkojen volatilitietin vaikutuksen minimoimiseksi käytetään viiden vuoden keskiarvoa 12 kuukauden Libor-korosta.

Niiltä osin kuin alusten tarkkoja hankintahintoja ei ole saatavilla, pääomakustannukset arvioidaan alustyyppittäin Solakivi et al. (2019) käyttämällä kaavalla 2:

Kaava 2

$$\ln(Hinta) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DWT) + \sum_{i=1}^n \beta_2 Alustyyppi + \varepsilon$$

Alusten polttoainekustannuksia arvioidaan yhdistelemällä kahta eri menetelmää, jotka molemmat perustuvat aluskohtaiseen arvioon polttoaineen kulutuksesta. Osalle aluksista on saatavilla Clarksonin tietokannasta arvio aluksen polttoaineen kulutuksesta. Niille aluksille, joiden polttoaineen kulutusta ei ole suoraan tietokannasta saatavilla, arvioidaan aluksen polttoaineen kulutus perustuen aluksen pääkoneen ja apukoneen tehoon sekä aluskohtaiseen kulutukseen tuotettua teho yksikköä kohti (SFOC). Niille aluksille, joille ei ole saatavilla tietoa konetehosta, on konetehto arvioitu alustyyppin ja lastikapasiteetin perusteella käyttäen seuraavaa kaavaa 3:

Kaava 3

$$\ln(kW) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DWT) + \sum_{i=1}^n \beta_2 Alustyyppi + \varepsilon$$

Polttoainekustannus arvioidaan laskemalla alusten polttoaineen kulutus noudattaen Cullinanen ja Khannan (1999) laskentamallia (kaava 4):

Kaava 4

$$FO = Polttoaineen\ hinta * (Aluksen\ pääkoneen\ teho * SFOC * Moottorikuorma\ (80\%)) \\ + (Aluksen\ apukoneen\ teho * SFOC * Moottorikuorma\ (50\%)) \\ * \frac{24}{1,000,000}$$

Polttoaineen hintana on käytetty Rotterdamin sataman MGO-polttoaineen hintaa syyskuussa 2019.

Alusten operointikustannukset huomioidaan Drewryn vuoden 2012 Ship Operating Costs Annual Review and Forecast -raportin mukaan. Raportissa on esitetty keskimääräisiä kustannuksia alustyyppin ja kokoluokan (DWT) perusteella. Suomessa vuonna 2017 käyneet alukset on sijoitettu kokonsa ja alustyyppinsä perusteella sopivaan luokkaan.

Talvimerenkulun on arvioitu aiheuttavan lisäkustannuksia merenkululle niin alusten tarvitseman konetehon ja siitä johtuvan korkeamman polttoaineenkulutuksen kuin korkeamman hankintahinnan osalta. Solakivi et al. (2017) on aiemmin arvioinut IAS- ja IA-jääloukkiin kuuluvien konttialusten konetehon ja

polttoaineen kulutuksen olevan noin 10 % korkeampi kuin alemmilla jääluokilla varustettujen alusten. Kaikilla alustyypeillä keskimäärin IAS-jääluokan alusten polttoaineen kulutus ja siten polttoainekustannukset ovat noin 12 % korkeammat kuin IA-luokan aluksilla ja noin 15 % korkeammat kuin IB-luokan aluksilla. Korkeampi polttoaineen kulutus tarkoittaa luonnollisesti myös sitä, että IAS-jääluokan alusten CO₂-päästöt ovat vastaavasti korkeammat.

Alusten hankintahinnat ja siten pääomakustannukset ovat IAS- ja IA-jääluokkien aluksilla keskimäärin 8 % korkeammat kuin muilla aluksilla (Solakivi et al. 2017).

5.4.2 Epäsuorat kustannukset

Epäsuoria kustannuksia, erityisesti varastoon sitoutuneen pääoman kustannuksia arvioidaan tässä satamakohtaisesti. Tätä tarkoitusta varten tässä raportissa on pyritty arvioimaan kunkin sataman kautta kulkevan viennin ja tuonnin arvo kuljetettua tonnia kohti.

Laskelman perusteena on Tilastokeskuksen tilasto ulkomaan merikuljetuksista tavaralajeittain ja satamittain vuonna 2017. Tavaralajikohtainen kustannus on saatu ristiintaulukoimalla volyympihajaiset, tavaralajikohtaiset tilastot Tullin SITC-luokituksen mukaisiin arvopohjaisiin tilastoihin. Näin on ensin muodostettu arvio kunkin tavaralajin keskimääräisestä arvosta per kuljetettu tonni. Tämän perusteella on edelleen laskettu arvio kunkin sataman kautta kuljetun tavaran arvo aikayksikköä kohti.

Aiemmin saman tyyppistä lähestymistapaa ovat käyttäneet mm. Salanne et al. (2017). Tässä raportissa käytettävät satamakohtaiset arvot ovat hyvin lähellä Salanne et al. (2017) arvoja. Sitoutuneen pääoman kustannusten arvon laskennassa on käytetty oletuksena 2 % korkotasoa.

Varastoon sitoutuneen pääoman kustannusten lisäksi myöhästymisellä voidaan olettaa olevan myös muita taloudellisia vaikutuksia. Mm. Hummels ja Schaur (2013) ovat arvioineet, että viivästyksen aiheuttama taloudellinen kustannus on tavaralajista riippuen 0,6–2,1 % tavaran arvosta yhtä vuorokautta kohti.

Tässä raportissa viivästyksen aiheuttama taloudellinen kustannus on arvioitu olevan kaikille satamalajeille symmetrinen, eli 1,35 % tavaran arvosta vuorokautta kohti.

5.5 Viivästysten kustannukset Suomen alusliikenteessä

WINMOS-simulaatio tuottaa satamakohtaista aineistoa alusliikenteestä, jäänmurrosta sekä meriliikenteeseen aiheutuvista viivästyksistä. Eräs simulaation tuottama tieto on alusliikenteen kumulatiiviset viivästykset satamakohtaisesti. Viivästysten ja talvimerenkulun kustannusten selvittämiseksi raportissa on laadittu viivästyksen keskimääräinen kustannus tuntia kohti eri satamien liikenteessä.

Tämän laskelman perustana on käytetty vuoden 2017 satamakohtaista aluskäyntitilastoa. Em. tilaston ja edellisissä alaluvuissa esitettyjen menetelmien avulla on laskettu arvio keskimääräisistä aluskäynnin kustannuksista (suorat ja epäsuorat kustannukset) jokaisen Suomen sataman liikenteelle. Ns. perusennuste on laskettu ns. kovan talven osalta, jonka referenssinä on käytetty vuoden 2011 talven olosuhteita, sekä leudon talven osalta, jonka referenssinä on käytetty vuoden 2017 talven olosuhteita. Nämä kustannukset on esitetty liitteessä E olevassa taulukossa.

Tarkasteltaessa satamakohtaisia viiveitä ja kustannuksia tulee erikseen huomioida, että käytetty simulaatiomalli on suunniteltu optimoimaan koko järjestelmän, ei yksittäisten satamien viiveitä. Näin ollen yksittäisten satamien osalta tuloksissa saattaa olla intuitiivisesti epäloogisia muutoksia. Näiden muutosten mittakaava on simulaation tarkkuuden huomioiden kuitenkin marginaalinen, eikä vääristä kokonaisuutta merkittävässä määrin.

Kuva 22 havainnollistaa viivästysten aiheuttamat kustannukset Suomen alusliikenteessä ns. referenssitapauksessa, siis vuoden 2017 liikenteellä ja murtajakalustolla, kovana talvena simuloituna, sekä

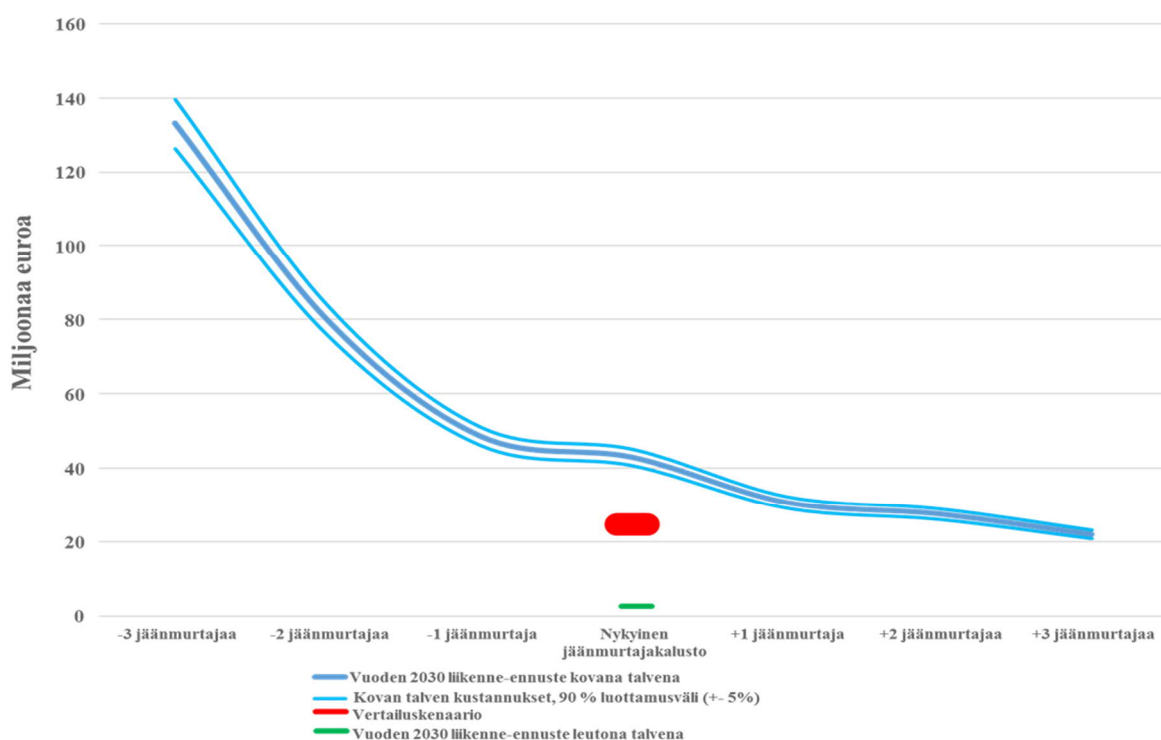
vuoden 2030 ennustetun alusliikenteen perusteella siten, että arvioitu EEDI-alusten ja kahta murtajaa tarvitsevien alusten osuus on huomioitu.

Ensimmäinen havainto kustannusten kuvaajasta on, että kovana jäätalvena EEDI-alusten ja aluskoon kasvun seurauksena talvimerenkulun viiveistä aiheutuneiden kustannusten arvioidaan kasvavan noin 24 miljoonasta eurosta noin 41 miljoonaan euroon, mikäli oletetaan jäänmurtokaluston olevan tämän hetken tilannetta vastaava. Kuvan 22 perusteella voi arvioida myös jäänmurtajakaluston lisäämisen tai vähentämisen vaikutuksia viivästysten kustannuksiin. Yhden murtajan lisääminen vähentää viivästysten kustannuksia noin 11 miljoonaa euroa 41 miljoonasta noin 30 miljoonaan euroon. Vastaavasti toinen lisämurtaja vähentää kustannuksia neljällä miljoonalla 30 miljoonasta 27 miljoonaan, ja kolmas lisämurtaja viidellä miljoonalla eurolla 22 miljoonaan.

Vastaavasti jäänmurtajien vähentämisellä voi arvioida olevan varsin suuria vaikutuksia talvimerenkulun viivästyksille ja niiden kustannuksille. Yhden murtajan vähentäminen lisää viivästyskustannuksia kovana jäätalvena noin 9 miljoonan euron verran. Toisen murtajan vähentämisellä on huomattavasti suurempi vaikutus; sen vähentäminen nostaa viivästysten kustannukset noin 80 miljoonaan euroon. Kolmannen murtajan vähentäminen nostaa viivästysten kustannukset jo lähes 135 miljoonaan euroon

Leudon talven osalta kustannukset ovat merkittävästi erilaiset. Leutona talvena, vuoden 2030 arvioiduilla liikennemäärillä ja aluskaluston kehityksellä, viivästysten kustannukset ovat vain noin 2,5 miljoonaa euroa.

Edellä esitettyjen kustannusarvioiden perusteella voidaan myös esittää satamien profiilien perusteella arvioida siitä, mihin tavaralajeihin, ja sitä kautta mille toimialoille viivästysten kustannukset kohdistuvat.



Kuva 22. Viivästysten aiheuttamat kustannukset (€) Suomen alusliikenteessä eri skenaarioissa vuoden 2030 liikenne-ennusteen valossa (kova jäätalvi)

Taulukko 26 esittää kuljetettujen tonniin ja kuljetetun tavarannon arvoon perustuen, millaisin osuuksin viivästykset kohdistuvat eri tavaralajeille. Määrän perusteella arvioituna suurimmat viivästykset (24,5 %) kohdistuvat metalleihin ja metallituotteisiin. Muita merkittäviä viiveitä kokevia, yksilöityjä tavaralajeja ovat kappaletavara (13 %), kemikaalit (11,2 %) ja paperi. Tavarannon arvon perusteella arvioituna suurin viive kohdistuu kappaletavaraan (22,9 %), Metalleihin ja metallituotteisiin (16,6 %), sekä kemikaaleihin ja paperiin (9,3 %).

Yksittäisistä toimialoista suurimmat viiveet kohdistuvat metalliteollisuuteen (metallit, metallituotteet, malmit, rikasteet), jonka osuus volyymin perusteella arvioidusta viiveestä on yhteensä 34,5 %, sekä paperiteollisuuteen (paperi, sellu, puuhioke, jätepaperi, vaneri, sahatavara, raakapuu), jonka osuus viiveestä on noin 16,4 %.

Näiden lisäksi voidaan olettaa, että myös tarkemmin määrittelemättömät tavaralajit ”muu tavara” sekä kappaletavara sisältävät myös metalliteollisuuden ja paperiteollisuuden tuotteita, mikä entisestään korostaa niiden osuutta.

Taulukko 26. Viivästysten kohdistuminen eri tavaralajeille kuljetettujen tonnien ja tavararvon perusteella arvioituna

Tavaralaji	Kuljetettujen tonnien perusteella (%)	Tavararvon perusteella (%)
Muu tavara	19,5	24,9
Kappaletavara	13,0	22,9
Metallit, metallituotteet	24,5	16,6
Kemikaalit	11,2	9,3
Paperi	10,0	9,3
Malmit, rikasteet	10,0	6,1
Sellu, puuhioke, jätepaperi	3,4	2,9
Vaneri, muut puulevyt	1,5	1,8
Raakaöljy	1,1	1,3
Raakamineraalit, sementti	1,7	1,2
Öljytuotteet	1,1	1,1
Sahatavara	0,8	0,8
Raakapuu	0,7	0,6
Lannoitteet	0,5	0,5
Kivihilli, koksi	0,7	0,5
Vilja	0,3	0,3

Edellä esitetyistä kustannusarvioista voidaan tehdä useita havaintoja. Ensimmäinen johtopäätös on se, että jäänmurtajien määrän lisäämisellä on suhteessa pienemmät vaikutukset kuin niiden määrän vähentämisellä. Tämä on selitettävissä sillä, että kustannusanalyysin perusteena on simulaatio Suomen merenkulusta, joka on pitkän ajan kuluessa sopeutunut nykyiseen tilanteeseen niin aluskannan kuin kuljetusten aikataulutuksen ja frekvenssin suhteen. Näin ollen murtajien määrän lisääminen ei radikaalisti muuttaisi nykyistä optimitilannetta. Tästä syystä murtajien määrän vähentäminen puolestaan vaikuttaisi merkittävästi suoriin viivästyksistä aiheutuneisiin kustannuksiin.

Toinen merkittävä havainto on se, että tässä tarkastelun kohteena ovat olleet viivästyksistä suoraan laskettavat kustannukset, jotka pohjaavat sille simulaatioon sisältyneeseen oletukseen, että viivästyksistä huolimatta kuljetusten volyymit pysyvät ennallaan. Todellisuudessa viivästyksillä on merkittävä vaikutus liiketoiminnan kilpailukyvyille. Mm. edellä mainitun Hummelsin ja Schaurin (2013) arvion mukaan viivästysten kilpailukykyhaitta vastaa 0,6–2,1 prosenttia tuotteen arvosta päivää kohden.

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että viivästysten kasvaessa Suomen ulkomaankauppa menettää vähitellen hintakilpailukykyänsä ja täten vähenee. Tässä raportissa esiteltyjä viivästyskustannuksia voidaankin pitää jonkinlaisena alarajana kokonaiskustannuksille. Edelleen, voidaan myös olettaa viivästysten kilpailukykyvaikutusten toteutuvan samankaltaisesti kuin suorien kustannusten, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että voimakas poikkeaminen nykyisestä tilanteesta johtaisi myös kilpailukykyvoimakkaaseen heikkenemiseen.

5.6 Jäänmurron kustannukset

Kokonaistaloudellista tarkastelua varten tässä raportissa on pyritty arvioimaan yksittäisen jäänmurtaajan aiheuttamia kustannuksia. Tässä tarkastelussa kustannusarvio on rajoitettu kolmeen keskeiseen kustannustekijään: aluksen pääomakustannuksiin, polttoainekustannuksiin ja henkilöstökustannuksiin.

Pääomakustannukset koostuvat aluksen hankintahinnasta/ poistoista ja investoinnin rahoittamisesta koituvista lainan korkokustannuksista. Koska kysymys on ennen kaikkea potentiaalisista alusinvestoinneista, on mahdotonta muodostaa tarkkaa hinta-arviota. Siksi tässä tarkastelussa hinta-arviona on käytetty Suomen edellisen jäänmurtaajainvestoinnin hinta-arviota, 125 miljoonaa euroa. Arctian vuosikertomuksen (Arctia 2018) perusteella kyseisen alusinvestoinnin poisto-aika on 50 vuotta, jota on käytetty oletuksena myös tässä tarkastelussa. Näin ollen jäänmurtaajan poistoiksi on arvioitu 2,5 miljoonan euron tasapoisto 50 vuoden poistoajalla. Arctian vuosikertomuksen perusteella Arctia on maksanut pitkäaikaisille lainoilleen korkoa keskimäärin 2,63 % vuonna 2018, mitä on käytetty myös tässä tarkastelussa.

Jäänmurron polttoainekustannukset on arvioitu myös Arctian vuosikertomuksessa ilmoitettujen, vuoden 2018 toteutuneiden lukujen perusteella. Vuonna 2018 Arctian jäänmurtaajille kertyi yhteensä 663 operointipäivää. Noiden päivien aikana alukset kuluttivat yhteensä 14 567 tonnia polttoainetta (ultrakevyt 2 540, kevyt 11 532, LNG 495). Tämän perusteella polttoainetta kului yhden operointipäivän aikana keskimäärin 22 tonnia. Vastaavasti operointipäiviä kertyi yhdelle jäänmurtaajalle keskimäärin noin 83. Yhden aluksen keskimääräiset polttoainekulut olivat täten noin 960 000 euroa⁷.

Henkilöstökulut on myös arvioitu Arctian vuoden 2018 tilinpäätöksen perusteella. Sen mukaan Arctian henkilöstökulut vuonna 2018 olivat noin 21,7 miljoonaa euroa. Merihenkilöstön osuus Arctian henkilöstöstä oli 58 % (291/503). Henkilöstökulut (netto) yhtä merihenkilöstöön kuuluvaa kohden olivat siis keskimäärin 43 133 euroa vuodessa. Jäänmurtaajilla on Arctian vuosikertomuksen mukaan miehistöä 16:n (Polaris) ja 21:n (Voima, Sisu, Urho) välillä.

Yhteensä jäänmurtaajilla tarvitaan 159 hengen miehistö. Vuosikertomuksen mukaan vuonna 2018 Arctian palveluksessa oli 243 jäänmurto- ja offshore -merihenkilöstöön kuuluvaa. Tämä tarkoittaisi keskimäärin noin 1,53-kertaista miehitystä alusta kohden. Keskimääräinen jäänmurtohenkilöstön määrä per murtaaja olisi täten noin 30. Näin ollen keskimääräiset henkilöstökulut per murtaaja olisivat noin 1,3 miljoonaa euroa vuodessa.

Taulukko 27 esittää yhteenvedona jäänmurron keskimääräiset aluskohtaiset kustannukset vuodessa.

Taulukko 27. Jäänmurron keskimääräiset aluskohtaiset kustannukset per vuosi (tuhatta euroa)

	Tuhatta €
Pääomakulut	4 177
Polttoainekulut	960
Henkilöstökulut	1 310
Yhteensä	6 446

5.7 Jäänmurron vaikutukset Suomen meriliikenteen CO₂-päästöihin

Suomen meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöjä on aiemmin tarkasteltu MERIMA-mallin avulla (Salanne et al. 2018), ja niiden on arvioitu kokonaisuudessaan olevan noin 5,5–6 miljoonaa tonnia vuodessa. Pääosan päästöistä arvioidaan kohdistuvan Itämeren altaalle.

⁷ Polttoaineen hinta laskettu MGO-polttoaineen ja LNG-polttoaineen vuoden 2018 kulutusluvuilla painotettuna keskiarvona. Hinnat Rotterdam syyskuu 2019.

Tässä raportissa päästöjä tarkastellaan aluskäyntikohtaisesti. Arvio CO₂-päästöistä muodostetaan satamakohtaisten aluskäyntien lukumäärän, satamien etäisyyksien ja satamatilastojen perusteella identifioitujen alusten polttoaineen kulutuksen perusteella.

Laskelmien pohjana on vuoden 2017 aluskäyntitilastojen perusteella muodostettu arvio vuoden 2030 aluskäyntien määrästä ja jakautumisesta eri tyyppisiin aluksiin. Ikänsä puolesta edelleen vuonna 2030 oletettavasti liikenteessä olevien alusten osalta alusten polttoaineen kulutus ja siitä lasketut CO₂-päästöt arvioidaan aluksen teknisten tietojen (koneteho) perusteella.

Niiden alusten osalta, joiden oletetaan korvautuvan uudella aluksella vuoteen 2030 mennessä, oletetaan aluksen energiatehokkuuden noudattavan EEDI-energiatehokkuusvaatimusten vaiheita. Näin ollen esimerkiksi vuosina 2015–2020 käyttöön otettavan aluksen oletetaan olevan 10 % energiatehokkaampi kuin sen korvaaman aluksen. Laskennassa päästökertoimina käytetään IMO:n vuonna 2014 ilmoittamia arvoja (Taulukko 28).

Taulukko 28. Laivapolttoaineiden päästökertoimet (IMO 2014)

	Raskas polttoöljy (g/g polttoainetta)	Meridiesel (g/g polttoainetta)	LNG (g/g polttoainetta)
CO ₂	3,114	3,206	2,75
CH ₄	0,00006	0,00006	0,0512
N ₂ O	0,00016	0,00015	0,00011
NO _x	0,093	0,08725	0,00783
CO	0,00277	0,00277	0,00783
NM VOC	0,00308	0,00308	0,00301

Koska Suomen meriliikenne on pääosin kansainvälistä, voidaan katsoa, että Suomen ja ulkomaiden välisen alusliikenteen päästöistä osa on myös muiden maiden päästöjä. Tämän kaksoislaskennan välttämiseksi meriliikenteen päästöjen laskenta on rajoitettu Suomen satamien ja Suomen Leijonan⁸ väliselle etäisyydelle. Poikkeuksen tähän muodostaa pohjoisen Itämeren satamiin (esim. Tallinna, Tukholma, Primorsk) suuntautuva liikenne, joiden osalta on käytetty tarkkoja satamien välisiä etäisyyksiä.

Suomen meriliikenteen kasvun, EEDI-alusten paremman energiatehokkuuden sekä aluskoon kasvun mukanaan tuoman aluskäyntien vähenemisen sekä suurempien alusten polttoaineen kulutuksen yhteisvaikutuksen perusteella voidaan arvioida, että Suomen meriliikenteen CO₂-päästöt Suomen satamien ja Suomen Leijonan välisellä alueella ovat noin 2,2 miljoonaa tonnia. Vastaavasti, Suomen jäänmurtokaluston CO₂-päästöt ovat nykyisen kaluston mukaan laskettuna noin 46 000 tonnia, mikä on noin 2 % Suomen meriliikenteen päästöistä. Näin ollen yhden murtajan vaikutus meriliikenteen kokonaispäästöihin on noin 0,2–0,3 %.

⁸ Suomen leijona on majakka Itämerellä, 46 kilometriä Utöstä lounaaseen. Majakka on Suomen eteläisin rakennelma.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Väylämaksujen mahdolliset tulevat toteutusmallit Suomen ulkomaankaupan sujuvuus ja kilpailukyky huomioiden tämän selvityksen keskeiset havainnot voidaan tiivistää seuraaviin:

Ympäristösääntely

- Merenkulun kansainvälisen sääntelyn vaikutukset Suomen merenkulun rakenteeseen, kustannuksiin ja erityisesti talvimerenkulun toteutusedellytyksiin tulevat 2020-luvulla olemaan merkittäviä.
- Keskeisimpiä osin hankalasti ennakoitavia sääntelymuutosten vaikutuksia syntyy mm. EEDI-määräysten muutoksista erityisesti ro-ro- ja irtolastialusten aluskannan muutoksiin (mm. asennettu koneteho; rungon koko ja erityisesti leveys mahdollisesti yli 26 m:n aluksiin; keskimääräisen aluskoon kasvu).
- CO₂-päästövähennysten jouduttamiseksi IMO ISWG vaihtoehtoina ovat mm. alusten nopeuden alentaminen ja/tai alusten parantaminen EEDI- ja SEEMP-säädösten mukaisesti. EEDI-alusten määrän lisääntyminen on otettu selvityksessä huomioon. Sen sijaan nopeuden pudotus lisää logistiikan viivekustannusta myös jääajan ulkopuolella ⁹.

Väylämaksut

- Väylämaksujen vertailu niihin suhteellisen harvoihin maihin, jossa em. veronluontoinen maksu on (esim. Ruotsi, Viro, Venäjä ja Norja) on erittäin vaikeaa, sillä kullakin maalla on erilaiset kustannukset katettavinaan. Maakohtaisten erityispiirteiden vuoksi väylämaksujen rakenne, määräytymisperusteet ja mahdollisten alennusten myöntäminen poikkeavat merkittävästi toisistaan.
- Tästä huolimatta selvityksessä tehtiin pelkistetty vertailu Suomen ja em. maiden välillä; tätä varten rakennettiin yksityiskohtainen ja kattava laskentamalli, jolla voitiin vertailla erilaisia käytössä olevia maksurakenteita erityisesti Suomessa yksittäisiin aluskäynteihin saakka mutta myös verrokkimaissa. Mallilaskelmissa Suomen väylämaksuhinnat ovat vuoden 2014 hintoja.
- Viron väylämaksut käytännössä kaikissa alusluokissa ovat Suomen vastaavia noin 50–60 % alhaisempia; pl. ro-ro-alukset, jossa maksutaso on noin 10–20 % Suomen väylämaksua alhaisempi.
- Ruotsin väylämaksurasitus on n. 20–30 % Suomen vastaavaa alhaisempi kontti- ja tuotesäiliöaluksilla, ja noin 80 % alhaisempi risteilyaluksille. Sen sijaan säiliö- ja irtolastialuksilla

⁹ Jorma Kämäräinen, Satu Hänninen, Eero Hokkanen, ISWG-GHG 6 -kokouksen dokumentit

Ruotsin väylämaksut ovat noin 20–50 % korkeampia, ja ro-ro-aluksilla jopa yli kaksinkertaiset vertailuun valituilla aluskäyntikerroilla.

- Kun väylämaksujen lisäksi huomioidaan maksuissa myös luotsaus- ja satamamaksut, Suomen kustannusrasite on lähes poikkeuksetta hieman suurempi kuin verrokkimaissa Ruotsi, Viro, Venäjä ja Norja.
- Tämä antaisi viitteitä siihen, että merenkulun maksuille ei ainakaan ulkomaankaupan logistiikan kokonaiskustannusten kannalta olisi kovin paljon nostovaraa, ehkä paremminkin päinvastoin.
- Vuosien 2017 ja 2030 väylämaksukertymää tarkasteltiin viiden hypoteettisen vaihtoehdon kautta v. 2014 väylämaksutason mukaan (ks. luku 6.1.). Vaihtoehtoina olivat nykyinen aluskanta tai tilanne, jossa IA Super -jääluokan aluksia ei ole liikenteessä. (Ks.:Taulukko 22)
- Nykyisellä aluskannalla ja vuoden 2017 hinnastolla v. 2030 suurin yksittäinen vaikutus maksukertymään oli ns. käyntikertaleikkurin muutoksella; sen puolittamisella¹⁰ kertymä olisi noin 68 milj. € ja tuplauksella noin 132 milj. €
- Seuraavaksi suurin vaikutus oli alennusten, (kuten esim. vajaalasti- ja transitoalennukset) poistolla, jossa kertymä olisi noin 116 milj. € kun vastaava kertymä v. 2017 oli laskentamallin mukaan noin 105 milj. €

Taulukko 22 (toisinto). Mallinnettu väylämaksutulo v. 2017 ja 2030 vuoden 2014 hinnoilla

Hinnointeluvaihtoehdot (1. – 5.)	Ajankohta			
	2017		2030	
	Käytettävät jääluokat			
	Nykyiset	IA Super pois	Nykyiset	IA Super pois
	Väylämaksukertymä (milj €)			
2014 väylämaksuhinnat	84	92	93	101
Alennusten poisto *	105	115	116	126
Käyntikertaleikkurin puolitus **	62	67	68	72
Käyntikertaleikkurin tuplaus **	118	133	132	147
* esim. vajaalastialennus ** koskee lasti- ja matkustaja- aluksia				

WINMOS-mallinnus

- Talvimerenkulun jäänmurtopalveluiden ja jäänmurtokapasiteetin tarpeen osalta tarkastelu painottui viimeisimmän ns. kovan jäätalven eli talven 2011 tietoihin. Nämä olivat pohjana sekä vuoden 2017 että vuoden 2030 tasolle tehtyjen liikenne- ja aluskäyntimäärien tarkasteluille.
- Vuoden 2030 tarkastelussa otettiin myös huomioon erityisesti sellaiset oletetut muutokset aluskannassa, joilla on vaikutusta alusten jäissäkulkukykyyyn sekä aluskäyntien kokonaisuuteen.

¹⁰ Lastialuksilla maksuvapaus nyt 10 kerran ja nopeakulkuisilla aluksilla 30 vuosittaisen käyntikerran jälkeen. Puolitus: maksuvapaus 5 ja 15 kerran jälkeen; tuplaus: vapaus 20 ja 60 kerran jälkeen

- Mikäli aluskannan kehitys jatkuu samanlaisena vuoteen 2030 saakka, on Suomeen liikennöivä aluskalusto keskimäärin noin 23 % kannattavuudeltaan (DWT) suurempaa kuin vuonna 2017.
- Olettaen, että muutos aluskoossa on symmetrinen koko aluskalustolle, ja muiden muuttujien pysyessä ennallaan, vuoden 2030 kuljetussuorite kyettäisiin kuljettamaan 13 % nykyistä pienemmällä määrällä aluskäyntejä.
- Useimmissa talvimerenkulun WINMOS-mallinnuksen skenaarioissa (ks. luku 3.3.) lähtöarvona oli nykyinen jäänmurtajien määrä (9); tarkastelussa oli myös skenaariot, jossa ns. EEDI-alusten osuus kaikista aluskäynneistä oli 35 %, ja samalla leveydeltään yli 26 m:n alusten määrä oli kasvanut.
- WINMOS-simuloinnin tuloksia käytettiin arvioitaessa tarvittavaa jäänmurtokapasiteettia, ja erityisesti sitä, miten valituissa skenaarioissa jäänmurtajien määrän muutos vaikuttaa kauppalausten odotusaikoihin.
- WINMOS-malli tuotti aggregoidut odotusajat koko Suomen tasolla; tämän pohjalta laskettiin myös satamakohtaiset (disaggregoidut) odotusajat, jotka ovat tällä tarkkuudella luonnollisesti vain suuntaa-antavia.
- EEDI-alusten osuuden ollessa 35 % kasvaa kovan jäätalven kokonaisodotusaika 72 % ja avustusmatkat 8 % vertailutasoon nähden. Yhden murtajan lisäyksellä odotusaika kasvaa enää 14 %.

Kustannukset viivästymisistä

- Talvimerenkulun viivästysten aiheuttama kustannus olisi vuoden 2030 tiedoilla ja 8 jäänmurtajan kalustolla kovana jäätalvena noin 40 milj. €/vuosi ja leutona talvena alle 5 milj. €/vuosi. Laskelmassa otetaan huomioon aluksen ja lastin pääomakustannukset sekä laajemmalle toimitusketjulle syntyvät kustannukset.
- Mikäli murtajia olisi käytössä vain kuusi (-2), olisi talven aiheuttama viivästymisten kustannus arviolta 80 milj. euroa; kymmenellä (+2) murtajalla vastaava kustannus olisi kovana jäätalvena arviolta 25 milj. €
- Suurimmat vaikutukset viivästymisajoista kohdistuisivat seuraaviin tavaralajeihin: Muu tavara (25 %), kappaletavara (23 %) ja metallit ja metallituotteet (17 %).
- Voidaan todeta, että alusliikenteen kustannusten muutokset suhteessa jäänmurtajien määrään (esim. -2, nykytila, +2) ovat erittäin pienet verrattuna jäänmurtajien hankinta- ja käyttökustannuksiin.

Keskeiset havainnot

- Yhden murtajan lisäyksellä kovan jäätalven viivekustannukset pysyvät nykyisellä tasolla, useammalla lisämurtajalla saavutetaan varsin vähän kustannussäästöjä. Murtajamäärän vähentäminen sen sijaan lisää viivästysten aiheuttamia kustannuksia merkittävästi.
- Tässä tarkastelussa kuljetusten volyymit pysyivät ennallaan viivästyksistä huolimatta. Todellisuudessa viivästyksillä on kuitenkin merkittävä vaikutus liiketoiminnan kilpailukyvyille. Jokainen ylimääräinen kuljetuksessa kulutettu päivä maksaa. Viivästysten kilpailukykyhaitta vastaa arviolta 0,6–2,1 prosenttia tuotteen arvosta päivää kohden.
- Viivästysten kasvaessa Suomen ulkomaankauppa menettää vähitellen hintakilpailukykyään, ja täten kaupan volyymi vähenee. Tässä esiteltyjä viivästyskustannuksia voidaanakin pitää kustannusten miniminä. Kolmannen murtajan poistamisen jälkeen kustannukset nousevat hyvin nopeasti.
- **Tämän selvityksen päätulos jäänmurron kapasiteetin osalta on, että kapasiteetin nosto ei merkittävästi vähennä viivästyksistä aiheutuvia kustannuksia, mutta kapasiteetin lasku nostaa kustannuksia nopeasti ja merkittävästi.**

Liitteet

LIITE A

Indikatiivinen satamamaksu € per lastinkantokyky-yksikkö aluslajeittain (Helsingin Satama 2019)

Aluslaji	Kategoria	Esimerkki	Satamamaksu € * **	
			per lastinkantokyky-yksikkö	yhteensä
Irtolastialus	Pieni	Mirva VG	1,23	5 770
	Keski	Haaga	1,21	29 349
	Suuri	Kumpula	1,22	65 307
Risteilyalus	Pieni	Amadea	9,08	16 014
	Keski	Aurora	8,41	35 604
	Suuri	Celebrity Eclipse	6,39	114 624
Konttialus	Pieni	Antje Russ	48,09	16 014
	Keski	Ida Rambow	49,45	35 604
	Suuri	Venta Maersk	47,76	114 624
RoRot	Pieni	Polaris VG	7,18	3 590
	Keski	Vasaland	5,79	12 564
	Suuri	Finntide	5,56	23 352
Säiliöalus	Pieni	Baltic Wind	1,2	42 517
	Keski	Marilee	1,21	85 580
	Suuri	Mastera	1,2	121 077
Tuotetankkeri	Pieni	Mainland	1,22	8 981
	Keski	Finnstraum	1,22	18 576
	Suuri	Furevik	1,2	42 273
RoPax	Suuri	Viking Grace	5,08	20 690
* sisältää soveltuvin osin kiinnitys-, tavar-, jäte-, alus-, trailer- ja matkustajamaksun				
** hinnat eivät sisällä yritys- tai määräkohtaisia alennuksia				

LIITE B

Talvimerenkulun simulointimalli

1 WINMOSTalvimerenkulun simulointimalli

Talvimerenkulun suunnittelutarpeisiin soveltuvaa simulaatiomallia ryhdyttiin kehittelemään vuonna 2014 alkaneessa projektissa. Mallin pääasiallisesta suunnittelusta on vastannut Aalto-yliopisto. yhteistyössä mm. Liikenneviraston talvimerenkulun asiantuntijoiden kanssa.

WINMOS-simulaatiomallissa on pyritty ottamaan huomioon kaikki systeemiin olennaisesti vaikuttavat tekijät. Suuri osa näistä tekijöistä syötetään simulointimalliin lähtötietoina, eli kyseiset tekijät eivät ole suoranaisesti osa mallin toiminnallista rakennetta, mutta ovat sitäkin tärkeämpiä luotettavan simulointituloksen saavuttamiseksi.

Malliin syötettävät lähtötiedot ovat simulaatioajanjakson jääolosuhteet, yksittäisten laivojen jäissäajokyky ja laivaliikenteen kulkuajatiedot, joiden mukaan määräytyy milloin laiva ilmestyy systeemiin ja mitkä ovat laivan määränpääsatamat, ja viipymisaika satamissa.

Toinen olennainen tekijä luotettavien simulaatiotuloksien saamiseksi on suunnitellun simulaatioskenaarioiden mahdollisimman todenmukainen kuvaaminen simulointimallin mahdollistamalla tarkkuudella. Käytännössä tämä tarkoittaa simulaatiossa käytettävän väyläverkoston tarkkaa suunnittelua. Väyläverkosto yhdistää systeemin satamat toisiinsa, sekä rajoittaa laivojen (myös jäänmurtaajien) liikkumisen verkoston mukaiseksi. Kun tarkoituksena on mallintaa talvimerenkulun systeemiä, verkosto suunnitellaan sillä oletuksella, että verkoston jokaisessa kohdassa saattaa olla tarve jäänmurtaajan avustukselle.

Verkoston suunnitteluun epäsuorasti liittyy myös jäänmurtaajien asetteleminen väyläverkkoon. Jokaiselle systeemin jäänmurtaajalle määritellään väyläverkostosta alue, minkä sisällä se vastaa laivojen avustamisesta samalla rajoittaen murtaajan liikkumisen alueen sisälle. Samalla myös määrittyy jäänmurtaajien kokonaislukumäärä systeemissä. Jäänmurtaajien operointialueet voivat kuitenkin olla päällekkäisiä keskenään. Kuitenkin vain yksi murtaaja kerrallaan voi avustaa laivaa, ellei kyseessä ole WINMOS30-skenaariossa käytetty leveä alustyyppi, jonka avustamiseen tarvitaan kaksi murtaajaa.

Väyläverkon rakenneosat on kuitenkin suunniteltu niin lyhyiksi, että tästä aiheutuva epätarkkuus on suhteellisen pieni. Kuten väyläverkosto, myös murtaajien vastuualueiden laajuus sekä lukumäärä (systeemin murtaajien kokonaislukumäärä) ovat dynaamisesti muunneltavissa.

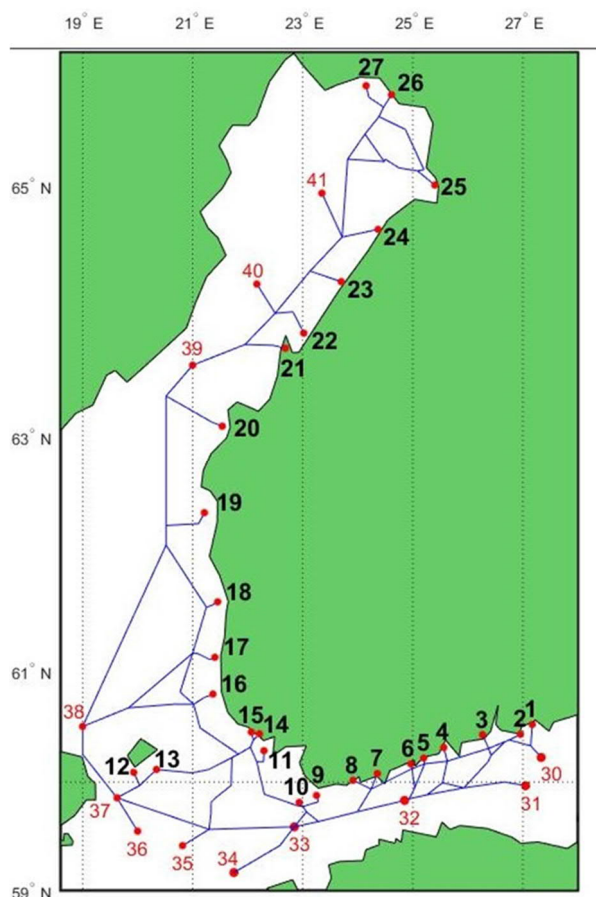
2 MERLOG30-simulaation suunnittelu

2.1 Simulaatioalueen määrittely – Väyläverkosto

Väyläverkoston suunnittelun perustana on käytetty Liikenneviraston julkaisemia tietoja suomen tärkeimmistä vesiväylistä, sekä mm. HELCOM-sivustolta¹¹ saatavissa olevia laivojen AIS-pohjaisia karttaohjelmia. Tarkkojen koordinaattipisteiden ja väylien määrittämiseen on käytetty Maanmittauslaitoksen karttasovellusta¹².

¹¹ <http://www.helcom.fi/>

¹² <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka>



Kuva B1 MERLOG-simulaatiota varten suunniteltu väyläverkosto. Mustien numeroiden (1–27) kohdalla olevat pisteet ovat satamia ja punaisten numeroiden (30–41) pisteet ovat verkon sisääntulo–ulosmenokohtia.

Kuva B1 esittää MERLOG-simulaatiota varten suunniteltua yhtenäistä, Suomen koko talvimerenkulun systeemin kattavaa väyläverkostoa. Kuvan kartan rannikkoviivat ovat hieman epätarkat, kuitenkin väylien koordinaattipisteet on suhteutettu karttapohjan koordinaatistoon, joten skaalaus kartan ja väylien välillä on yksi yhteen.

2.2 Simuloitava laivaliikenne

MERLOG-simulaatioverkoston läpi kulkevan laivan vähintään yksi määränpää on Suomen merialueella sijaitseva satama. Olemassa olevia satamakäyntitilastoja hyödyntäen pystytään suhteellisen tarkasti hahmottamaan tietynä ajanjaksona toteutunutta laivaliikennettä. Lisäksi satamakäyntitilastojen perusteella voidaan arvioida laivan käyntikohtainen satamassaoloaika.

Olenainen tieto laivaliikenteestä simulaation kannalta on myös se, milloin ja mistä kohtaa simulaation väyläverkkoa laiva tulee sisään simulointialueelle. Nämä tiedot voidaan selvittää analysoimalla laivoilta tarkastelujakson aikana kertynyttä AIS-dataa.

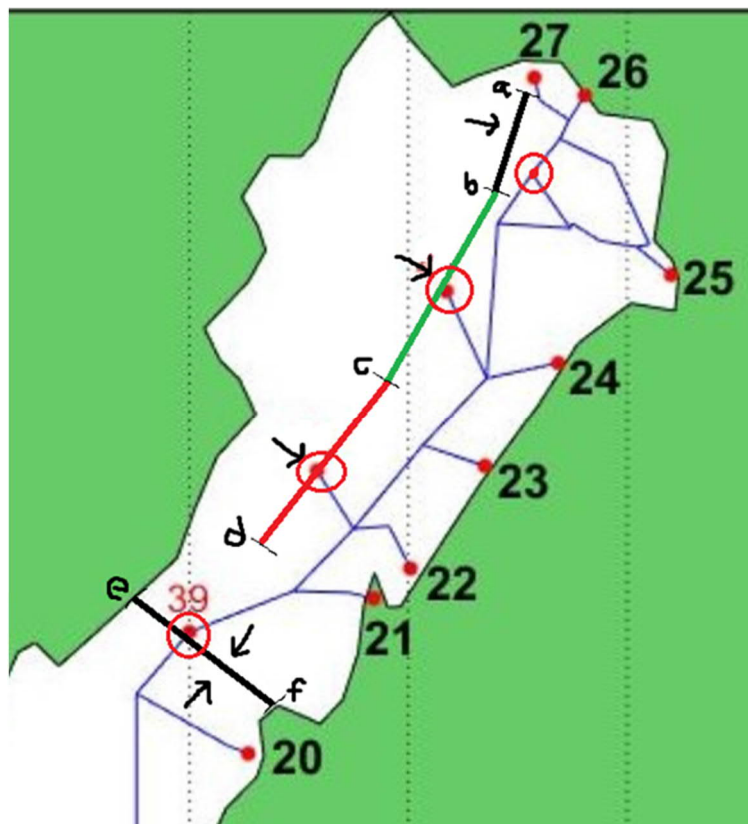
Jokainen simulaatioon valittu laiva korvataan tyyppilaivalla, joka parhaiten kuvaa korvattavan laivan ominaisuuksia. Eri tyyppilaivoja on käytössä 45 kappaletta. Jokaiselle tyyppilaivalle on olemassa mallin sen jääkulkunopeudesta eri jääolosuhteissa.

Simuloinnin kohteena on ollut talvi 1.12.2010–30.4.2011, eli 151 simulointipäivää. Simulaation syötteenä käytetty laivaliikenne, joka kartoitettiin satamatilastoja sekä AIS-dataa hyödyntäen (ks. seuraava osio), koostui yhteensä 896 laivasta, jotka tekivät 11 072 laivamatkaa satamasta satamaan.

Yksittäisen laivan koko matkaketju, eli sen kaikki satamakäynnit simulaation ajanjakson aikana, jaettiin lyhyempiin matkaketjuihin. Simulaatiossa jokainen matkaketju alkaa siitä ulkomaan satamasta, josta laiva on tulossa kun se saapuu sisään simulaation väyläverkostoon, ja päättyy siihen ulkomaan satamaan, johon laiva on menossa poistuessaan väyläverkostosta. Kyseisiä matkaketjuja kertyi yhteensä 4 402 kappaletta.

2.3 AIS-datasta laivojen sisääntuloajat ja positiot väyläverkkoon

Laivan sisääntuloajankohta ja -positio, kun se saapuu sisään simulaation väyläverkostoon, määriteltiin hyödyntämällä laivojen lähettämiä AIS-tietoja. Alla olevasta kuvasta nähdään, miten AIS-datasta määriteltiin laivan suurpiirteinen saapumishetken positio ja aikaleima.



Kuva B2. MERLOG-simulaation väyläverkosto Perämerellä

Suorat viivat pisteiden a–f välillä ovat kapeita polygoneja. AIS-datasta etsittiin laivan jättämä AIS-jalanjälki polygonin rajojen sisäpuolelta. Polygonin pituus (esim. matka pisteiden c ja d välillä) määrää position määrittämisen tarkkuuden: mitä lyhyempi polygoni, sitä tarkemmin positio voidaan määrittää.

Punaiset pisteet verkossa ovat väyläverkoston sisääntulo/ulosmeno-pisteitä. Punaiset ympyrät tarkoittavat kohtaa, josta tullaan (tai poistutaan) Suomen merialueelle. Vastaavia polygoneja AIS-tietojen laskemiseksi määriteltiin eri puolilla Suomen merialuetta.

Esimerkiksi kuvassa B2 esitettyjen Perämeren polygonien positiot valittiin siten, että saataisiin mahdollisimman tarkka arvio siitä, milloin laiva on ajanut polygonin alueella (tai sen läheisyydessä) olevan ympyröidyn punaisen pisteen ohi.

2.4 Jäänmurtajakapasiteetti MERLOG-simulaatiossa

Suomen käytettävissä olevaa jäänmurtajakapasiteettia otetaan käyttöön alus kerrallaan jääolosuhteiden vaikenemisen myötä. Tämä asteittainen jäänmurtokapasiteetin lisääminen/vähentäminen talven edetessä otetaan huomioon simuloidun skenaarion suunnittelussa. Jäänmurtajien operointialueiden suuruutta sekä murtajien lukumäärää pystytään simulaatiomallissa säätämään. Simulaatiossa murtajalle määritetään operointialue merialueella. Murtaja ei voi ylittää oman alueensa rajoja. Kuitenkin operointialueet voivat olla täysin tai osittain päällekkäisiä, ja näin useampi murtaja vastaa saman alueen avustuksista.

Olisi mahdollista ajaa simulaatio niin, että jokaisen murtajan operointialue kattaisi koko simulointialueen (kaikki Suomen merialueet). Tämä kuitenkin hidastaa simulaation ajoaikaa huomattavasti. Lisäksi näin laajat murtajien operointialueet eivät näytä johtavan optimaalisiin murtajien liikkeisiin. Murtajien operointialueiden konfigurointi onkin kokeilun tulosta. Suhteellisen pienet operointialueet (etenkin jos merialueen murtajatiheys on suuri) näyttävät johtavan lähemmäksi optimaalista konfiguraatiota. Optimaalisen konfiguraation voi löytää ainoastaan käymällä läpi kaikki operointialueiden kombinaatiot. Voidaan kuitenkin olettaa, että MERLOG-simulaatiot on ajettu konfiguraatioilla, jotka ovat olleet tarpeeksi lähellä optimia, ja näin jäänmurtokalustosta on saatu lähes maksimaalinen hyöty irti.

Jääkartat, joissa jäänmurtajien suurpiirteiset positiot on nähtävissä, toimivat ensisijaisena lähteenä simulaation jäänmurtajien allokointiin. Simulaation jäänmurtajalukumäärät simulointijakson aikana taulukosta B1.

Taulukko B1. Simuloinnin jäämurtajat ja murtajamäärät

01.12.–07.12.	3 kpl
08.12.–15.12.	5 kpl
16.12.–17.02	7 kpl
18.02–13.04	8 + 1 kpl (yhdeksäs murtaja ajoittain mukana)
14.04–19.04	7 kpl
20.04–30.04	6 kpl

3 Talven 2010–2011 referenssimatka- ja validointi

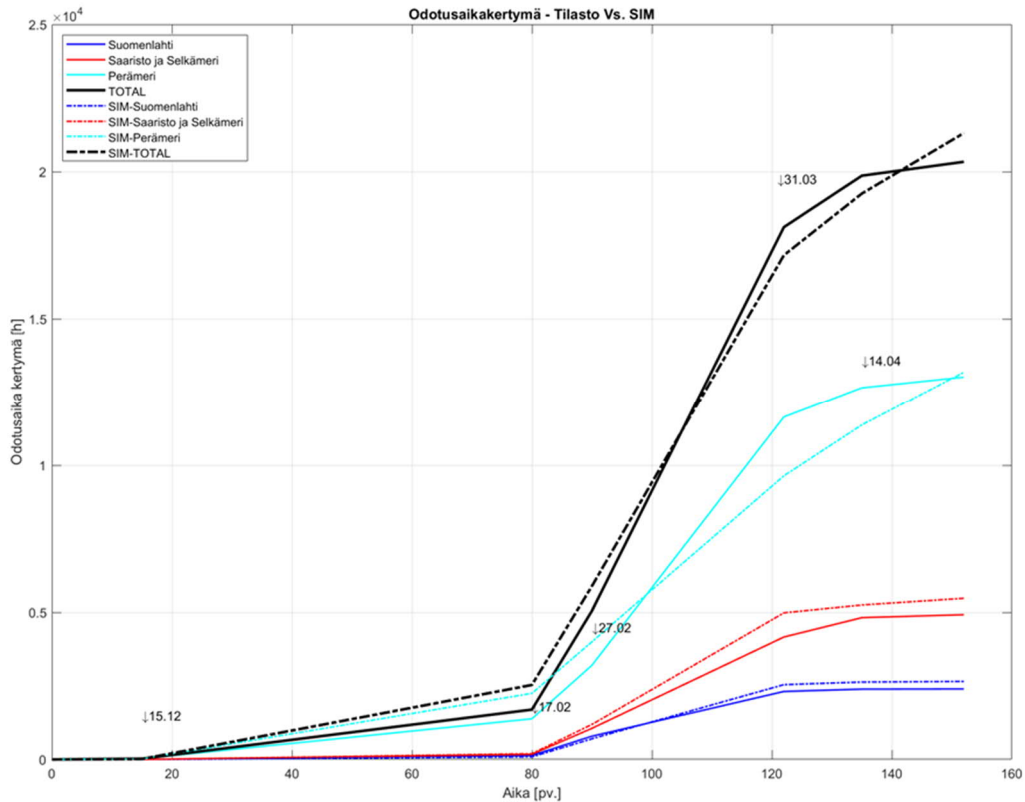
3.1 Odotusaikakertymän vertailu tilastoon

Alusten odotusajat on tilastoitu satamittain, eli tietoa siitä, missä kohtaa merellä kukin laiva on odotusaikansa kerännyt, ei ilmene tilastoista. Kuitenkin voidaan olettaa, että suurin osa satamakohtaisista odotuksista on tapahtunut merialueilla, jotka ovat suhteellisen lähellä sitä satamaa, jonka kohdalle odotusaika on kirjattu. Tämän oletuksen perusteella simulaation odotusaikakertymät pystyttiin laskemaan yhteen sen perusteella, mistä kohtaa simulaation väyläverkkoa odotusaika oli kertynyt. Aluejako oli taulukon B2 mukainen.

Taulukko B2. Suomen satamat jaettuna merialueittain

Alueen nimi	Alueen suurpiirteinen ulottuvuus (satamat)
Suomenlahti	Hamina → Koverhar
Saaristo ja Selkämeri	Hanko → Kaskinen
Merenkurkku ja Perämeri	Vaasa → Tornio

Taulukossa B2 määriteltyjen merialueiden simuloitut ja tilastoidut odotusaikakertymät tarkastelujaksolta 1.12.2010–30.4.2011 on esitetty kuvassa B3.



Kuva B3. Lasketut ja todelliset odotusaikakertymät yhteensä ja merialueittain simulointiajan funktiona. Kuvaajan käyriä on kuusi mittauspistettä, joista viisi ensimmäistä on päivämäärillä merkittyjä, jotta simulaatioajan jako hahmottuisi selkeämmin.

Kuvan B3 käyristä nähdään, että simulaatio kerryttää odotusaikaa tarkastelualueilla kaiken kaikkiaan hyvinkin samaan tahtiin todellisiin tilastoituihin arvoihin nähden. Huomioitavaa on, että simulaatiossa laivamatkoja oli noin 8,8 % vähemmän satamatilastoihin verrattuna. Tästä huolimatta, tietyissä satamissa saattoi olla enemmän satamakäyntejä kuin mitä Liikenneviraston talven 2010–2011 tilastoissa oli merkitty. Jos Liikenneviraston tilastoista jätetään pois risteilyalukset (satamista Helsinki, Turku, Naantali ja Vaasa), simulaatiossa oli n. 6 % enemmän satamakäyntejä verrattuna Liikenneviraston tilastoon. Voidaan todeta, että mallin virhe pysyy alle 10 % molempiin suuntiin.

Keskimääräinen kokonaisodotusaika per odottava alus saadaan jakamalla simulaatiossa kertynyt odotusaika kaikkien odottavien alusten lukumäärällä: $21\,152\text{ h} / 2639 = 8,00\text{ h}$. Vastaavat luvut Liikenneviraston tilastoista ovat $19\,974\text{ h} / 2227 = 8,97\text{ h}$. Simulaation keskimääräinen kokonaisodotus per alus on 10,8 % pienempi. Luvut ovat kuitenkin suhteellisen lähellä toisiaan, mikä viittaa siihen, että simulaatio toimii tarpeeksi todenmukaisesti.

3.2 Simulaation murtajien työmäärän vertailu

Merimailien voidaan olettaa olevan paras mittari kuvaamaan systeemin jäänmurtajien työmäärää. Taulukossa B3 on talven 2010–2011 jäänmurtajien ajamat avustusmerimailit, laivojen ajamat merimailit avustettuna sekä hinausmailit verrattuna tilastoituihin, todellisiin merimaileihin.

Taulukosta B3 nähdään, että laivaliikenteen tarvitsemat avustusmailit ovat erittäin lähellä tilastoituja arvoja. Myös murtajien ajamat avustusmailit ovat lähellä tilaston arvoja. Tämä viittaa siihen, että simulaation jäänmurtajat operoivat realistisesti. Murtajat ovat mallissa muodostaneet saattueita niin, että murtajien avustusmailien suhde laivojen tarvitsemiin avustusmaileihin on samaa luokkaa tilaston kanssa.

Taulukko B3. Avustusmerimailit (JM ja laivaliikenne), sekä JM hinausmailit. Simulaation ja tilaston.

	JM avustus [nm]	Laivat avustettuna [nm]	JM hinaus [nm]
Simulaatio	80 510	118 530	8 068
Tilasto	83 248	12 2247	11 774
Simulaation arvot verrattuna tilaston toteumaan	-3,3 %	-2,0 %	-31,5 %

4 Talven 2017–2018 simulaation validointi

4.1 Simulaation toteutus

Validointisimulaation ideana on tarkistaa WINMOS–simulaatiomallin tarkkuus, kun jääolosuhteet ovat laivaliikenteen kannalta ankaraa talvea helpommat. Testiin valittiin jäätalvi 2017–2018, joka edustaa jääpeitteen näkökulmasta keskiverto jäätalvea. Kyseisen jäätalven simuloinnin odotusaikakertymää vertailtiin tilastoihin samaan tapaan kuin 2010–2011 referenssisimulaation kanssa.

Tämän simulaation laivaliikenne toteutettiin käyttämällä jäätalven 2010–2011 laivaliikennettä. Kyseisten jäätalvien liikennemäärät ja laivatyytit voidaan olettaa olevan riittävän identtisiä, joten talven 2010–2011 liikenteen käyttö tässä validointiajossa voidaan pitää perusteltuna.

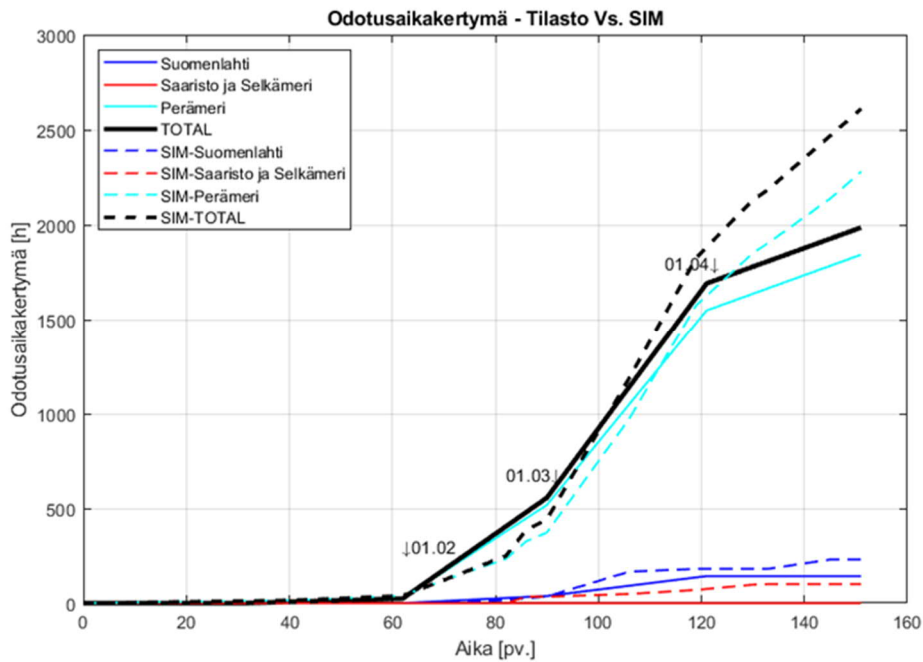
Jäänmurtokaluston hyödyntäminen simulaatioajanjakson aikana (01.12.2018–30.04.2018), selvitettiin Väylän tilastojen ja jääkarttojen perusteelta.

4.2 Odotusaikakertymän vertailu tilastoon

Kuvan B4 käyristä nähdään, että simulaatio kerryttää odotusaikaa tarkastelualueilla lähes samaan tahtiin tilaston arvoihin nähden. Huhtikuun aikana simulaatiossa kuitenkin kertyy suhteellisesti huomattavasti enemmän odotusaikaa tilastoon verrattuna. Tilastoitu odotusaika huhtikuussa oli kuitenkin alle 300 tuntia, joten simulaation ylikertymä tältä ajalta ei kokonaistuntimäärässä ole kovinkaan merkittävä.

Kokonaisodotusajan ollessa pieni (noin kymmenesosa kovan jäätalven kokonaisodotuksesta) pienetkin eroavaisuudet laivaliikenteessä ja/tai laivojen reitityksessä saattaa johtaa kokonaisodotusajan eroihin. Ero voi olla suhteellisesti iso, mutta tuntimäärissä mitattuna ei kovinkaan merkittävä käytännön kannalta. Simulaatiossa käytetystä kiinteästä väyläverkostosta johtuen simulaation tarkkuus on sitä parempi, mitä laajempi jäänpeite on.

Mallissa määriteltyjen merialueiden simuloitujen ja tilastoidujen odotusaikakertymät tarkastelujaksolta 1.12.2010–30.4.2011 on esitetty kuvassa B4.



Kuva B4. Eri merialueiden odotusaikakertymät simulointiajan funktiona. Kokonaisodotusaikakertymä (alueet summattuna) on myös esitettyä. Tilaston käyrissä on 5 mittauspistettä (kuukauden ensimmäinen päivä) ja simulaation käyrissä 12 mittauspistettä

4.3 Simulaation murtajien työmäärän vertailu tilastoon

Simulaation jäänmurtajien ajamat avustusmerimailit, laivojen kulkemat merimailit avustettuna, sekä hinausmailit nähdään taulukosta B5. Listattuna on myös tilastoidut murtajien avustusmailit (tilastoa laivojen avustustarpeen merimaileista ei ollut saatavilla).

Taulukko B4. Tilastoidut ja mallinnetut avustetut merimailit (JM ja laivaliikenne), sekä JM hinausmailit.

	JM avustus [nm]	Laivat avustettuna [nm]	JM hinaus [nm]
SIM 17-18	39253 nm	47031 nm	3205 nm
Tilasto	45444 nm	-	3408 nm
Simulaation arvot verrattuna tilaston toteumaan	SIM - 15.7 %		SIM - 6.3 %

Tilaston ja 2017–2018 simulaation jäänmurtajien avustusmaileissa (taulukko B5) on pientä eroavaisuutta, mutta erot ovat suhteellisen pienet. Laivaliikenteen avustustarpeessa on mahdollisesti pieniä eroja johtuen todellisen laivaliikenteen eroavaisuuksista talven 2010–2011 ja 2017–2018 välillä. Myös se, kuinka usein laivoja on avustettu saattueissa, vaikuttaa murtajien avustusmaileihin.

Validoinnin perustella voidaan olettaa, että kehitetty simulaatiomalli kiinteällä väyläverkolla soveltuu erinomaisesti laajempien jäätalvien simuloimiseen, ja se sopii myös mallintamaan leudompia jäätalvia varsin hyvällä tarkkuudella.

LIITE C

Satamakäyntien kustannukset eri luotsausmatkoin

Satamakäynnin kustannukset on laskettu esimerkkialuksille kaikkien jääluokkien sekä 6 mpk:n että 62 mpk:n luotsausmatkan suhteen yhtä satamakäyntiä (meno-paluu) kohden. Oletuksena on, että väylämaksu määräytyy enintään 10 käyntikerran mukaan ja luotsaus tapahtuu molempiin suuntiin (Taulukko C1)

Taulukko C1. Esimerkkinä käytettyjen irtolastialusten väylä- ja luotsausmaksut (m/p) kaikkien jääluokkien sekä 6 mpk:n (esim. Pori) että 62 mpk:n (esim. Turku) luotsausmatkan suhteen (vaihteluväli).

Irtolastialus		Luotsaus €/mpk	Väylämaksu €/käyntikerta			
Esimerkki	NT	6 mpk–62 mpk	IAS	IA	IB,C	II & III
Mirva VG	1 636	1 824–6 416	769	1796	4 218	7 167
Haaga	7 655	2 188–8 124	3 598	8405	19 735	33 537
Kumpula	18 358	2 566–10 070	8 628	20157	47 327	80 426

Esimerkkialuksille kaikkien jääluokkien sekä 6 mpk:n että 62 mpk:n luotsausmatkan suhteen kokonaiskustannukset muodostuvat seuraaviksi (taulukko C2 ja C3). 62 mpk:n luotsausmatkalla pienimpien IAS-alusten kokonaismaksusta väylämaksun osuus jää noin 10 %:iin, kun luotsausmaksun osuus on noin 90 %. Lyhyellä 6 mpk:n luotsausmatkalla vastaavat osuudet ovat noin 30 % ja 70 %.

Taulukko C2. Esimerkkinä käytettyjen irtolastialusten väylä- ja luotsausmaksut (m/p) kaikkien jääluokkien sekä 6 mpk:n että 62 mpk:n luotsausmatkan suhteen (vaihteluväli).

Irtolastialus		Luotsausmatka 6 mpk (esim Pori)			
Esimerkki	NT	IAS	IA	IB,C	II & III
Mirva VG	1 636	2 593	3 620	6 042	8 991
Haaga	7 655	5 786	10 593	21 923	35 725
Kumpula	18 358	11 194	22 723	49 893	82 992
Irtolastialus		Luotsausmatka 62 mpk (esim. Turku)			
Esimerkki	NT	IAS	IA	IB,C	II & III
Mirva VG	1 636	7 185	8 212	10 634	13 583
Haaga	7 655	11 722	16 529	27 859	41 661
Kumpula	18 358	18 698	30 227	57 397	90 496

Koska väylämaksutaulukko suosii korkeimpia jääluokkia, kääntyy tilanne lähes päinvastaiseksi, jos kyseessä on iso ja alhaisen jääluokan alus. Esimerkiksi noin 53 000 tonnia kuljettavan jääluokka III:n aluksen maksuista noin 97 % on väylämaksuja (6 mpk luotsaus m/p), ja noin 89 % (62 mpk:n luotsaus).

Taulukko C3. Esimerkkinä käytettyjen irtolastialusten väylä- ja luotsausmaksut (m/p) kaikkien jääluokkien sekä 6 mpk:n että 62 mpk:n luotsausmatkan suhteen (vaihteluväli). Taulukossa em. maksut on suhteutettu väylämaksuun (%) (vrt. Taulukko C2).

Väylämaksu / (Luotsausmaksu + väylämaksu)					
Irtolastialus		Luotsausmatka 6 mpk (esim Pori)			
Esimerkki	NT	IAS	IA	IB,C	II & III
Mirva VG	1 636	30 %	50 %	70 %	80 %
Haaga	7 655	62 %	79 %	90 %	94 %
Kumpula	18 358	77 %	89 %	95 %	97 %
Irtolastialus		Luotsausmatka 62 mpk (esim. Turku)			
Esimerkki	NT	IAS	IA	IB,C	II & III
Mirva VG	1 636	11 %	22 %	40 %	53 %
Haaga	7 655	31 %	51 %	71 %	80 %
Kumpula	18 358	46 %	67 %	82 %	89 %

LIITE D

Merenkulun rahavirrat kansantaloudessa

Väylämaksutarkastelun rinnalla toteutettiin erillisselvityksenä myös tutkimus, jossa tarkastellaan merenkulun keskeisiä rahavirtoja kansantaloudessa (Kuntze et al. 2019). Se päivittää liikenneministeriön julkaisusarjassa edellisen aihepiiristä tehdyn selvityksen tiedot 2010-luvun puolivälin tasalle (Ojala ja Saarto 1992). Näin väylämaksutarkastelulle luotiin kansantaloudellinen kehikko, jota vastaan käsillä olevan selvityksen tuloksia on mahdollista peilata kokonaisvaltaisesti.

1 ”Merenkulku kansantaloudessa – tarkasteluvuodet 2014–2015”-tutkimus

”Merenkulku kansantaloudessa – tarkasteluvuodet 2014–2015”-tutkimuksessa tarkastellaan merenkulun kansantaloudellisia vaikutuksia Suomessa vuosina 2014–2015 (Kuntze et al. 2019).

Pääpaino on suorien, helposti kvantifioitavien tekijöiden tarkastelussa. Näitä ovat muun muassa merenkulun ja erityisesti varustamotoiminnan arvonlisäys, palkat ja työllisyys, meritse käyty ulkomaankauppa sekä merenkulun ja julkisen sektorin sekä muiden toimialojen väliset rahavirrat ja kerrannaisvaikutukset. Näiden lisäksi selvityksessä on tarkasteltu merenkulkuun olennaisesti kuuluvia liitännäistoimintoja, kuten koulutusta, eläke- ja työttömyyskassoja sekä julkishallintoa.

Luvussa 6.2 esitetään yhteenveto tutkimuksen keskeisistä havainnoista. Luvut on esitetty pyöristettyinä vuoden 2015 rahanarvossa (pl. panos–tuotosluvut, jotka on esitetty vuoden 2014 rahanarvossa). Yksittäisiä vuoteen 2015 kohdalle sattuneita huippuja on tasoitettu aiempien ja seuraavien vuosien luvuilla.

Luvussa 6.3 merenkulun rahavirrat Suomen kansantaloudessa on esitetty kaaviona. Siinä merenkulun rahavirtoja verrataan vuoden 1992 selvityksen rahavirtoihin.

2 Yhteenveto: ”Merenkulku kansantaloudessa – tarkasteluvuodet 2014 – 2015”

Varustamotoiminnan eli vesiliikenteen suhdetta muihin kansantalouden sektoreihin on tutkittu vuoden 2014 panos-tuotostaulukon avulla. Tilastojen puutteiden vuoksi tarkastelussa ei ole mukana huolintaa ja rahtausta, ahtausta eikä muita tukitoimintoja.

2.1 Vesiliikenteen tuotoksen arvo sekä arvonlisäys

Vesiliikenteen tuotoksen arvo oli noin 2,5 miljardia euroa. Tästä välituotteiksi muille toimialoille meni noin 0,8 miljardia euroa. Loppukäytöstä 1,27 miljardia meni vientiin ja 0,36 miljardia yksityiseen ja julkiseen kulutukseen. Vesiliikenteen tuotoksen hinnat ovat vaihdelleet noin 20 prosentilla 2010-luvulla.

Vesiliikenteen tuotokseen tarvittiin noin 42 prosenttia kotimaisia välituotteita ja 24 prosenttia tuontituotteita. Kotimaisten tuotteiden käyttö tuotoksessa oli lähes sama kuin koko kansantaloudessa, kun taas tuonnin käyttö oli suurempaa. Vesiliikenteen kerrannaisvaikutukset olivat kohtuullisen pienet. Suurimmat kerrannaisvaikutukset vesiliikenteen tuotoksen kysynnän kasvusta kohdistuivat kauppaan ja palveluihin sekä muuhun kuljetukseen.

Vesiliikenteen arvonlisäys oli 0,72 miljardia euroa, joka vastaa 29 prosenttia kokonaistuotoksesta. Osuus on pienempi kuin koko kansantaloudella keskimäärin, ja muista sektoreista esimerkiksi kaupalla ja palveluilla sekä muulla kuljetuksella arvonlisäyksen osuus on huomattavasti suurempi.

Arvonlisäyksestä noin kaksi kolmasosaa oli palkansaajakorvauksia, kun taas hieman alle kolmannes oli kiinteän pääoman kulumista. Vesiliikenteen toimintaylijäämän ja sekatulon summa oli tarkasteluvuonna 2014 lievästi negatiivinen. Sen osuus kokonaistuotoksesta on 2010-luvulla vaihdellut -0,2 prosentista 3,1 prosenttiin.

2.2 Suomen kauppalaivaston ja varustamojen bruttotulojen kehitys

Suomen oma kauppalaivasto on kasvanut 2010-luvulla yhteensä yli 1 250 alukseen, joista yli 700 on yli 15 metriä pitkiä aluksia. Eniten on kasvanut proomujen ja pienalusten määrä. Kauppalaivaston bruttovetoisuus (yksikötön lukuarvo) on vaihdellut lukuarvojen 1,7 miljoonaa ja lähes 2 miljoonaa välillä.

Varustamojen bruttotulot ulkomaan meriliikenteestä olivat noin 1,8 miljardia euroa vuonna 2013. Kotimaisten alusten ansaitsema osuus oli noin 66 prosenttia ja ulkomailta aikarاهدattujen alusten 34 prosenttia. Vastaavasti alustyypeittäin jaoteltuna matkustaja-alukset ansaitsivat suurimman osuuden, 65 prosenttia, kuivalastialusten osuuden jäädessä 28 prosenttiin.

2010-luvun alussa kotimaisten alusten ansaitsemat bruttotulot ovat kasvaneet samalla kun yhteensä kaikkien alusten ansaitsemat bruttotulot ovat pienentyneet. Vuodesta 2014 lähtien bruttotuloista ei ole enää tehty julkisia tilastoja.

Varustamojen liikennemenot ulkomaan merenkulussa olivat noin 0,9 miljardia euroa. Vuosina 2010–2012 ulkomailta aikarاهدattujen alusten osuus liikennemenoista oli hieman kotimaisten alusten osuutta suurempi, mutta tämä kääntyi vuonna 2013. Kotimaisten alusten suurin menoerä oli polttoaineet, kun taas aikarاهدattujen alusten tapauksessa eniten maksettiin itse aikarahteja.

2.3 Palvelujen ulkomaankauppa ja vesiliikenne sekä vesiliikenteen tasearvot

Suomi toi ulkomailta meriliikenteen palveluita 2,7 miljardilla eurolla ja vei niitä 1,2 miljardilla eurolla vuonna 2015. Näin ollen meriliikenteen palveluiden tase oli selkeästi alijäämäinen, eli Suomi velkaantui nettona ulkomaille merenkulusta. Meriliikenne oli suurin tuotu kuljetuspalvelumuoto, kun taas viennissä ilmaliikenteen osuus oli suurempi.

Koko merenkulun eli vesiliikenteen, huolinnan ja rahtauksen, lastinkäsittelyn ja tukitoimintojen liikevaihto oli yhteensä noin 5–5,5 miljardia euroa. Merenkulun tulos on vaihdellut vuosittain suuresti: vuonna 2013 se oli noin 100 miljoonaa euroa, kun taas vuonna 2015 se oli noin 200 miljoonaa euroa.

Merenkulun alatoimialojen taseet ovat pienentyneet 2010-luvulla noin 8 miljardista eurosta 7 miljardiin euroon. Taseiden pienentyessä erityisesti oman pääoman osuus vastattavista on kasvanut.

2.4 Suomalaisen merenkulkijoiden lukumäärä

Suomalaisen merenkulkijoiden lukumäärä oli käytetystä tilastolähteestä ja laskentatavasta riippuen noin 7 000–9 000 henkilöä vuonna 2015. Merenkulkuammatit olivat miesvaltaisia, ja sukupuolten välinen ero näkyi erityisesti päällystotehtävissä. Varustamojen maissa työskentelevän henkilöstön määrä lienee ollut noin 1 700–2 000 henkilöä. Satamissa työskentelevän henkilöstön henkilötyövuosien määrä oli noin 6 500, josta noin 700 satamayhtiöissä ja loput satamaoperaattoreissa.

Suomen Merimies-Unioniin kuuluvien merenkulkijoiden työttömyysaste oli vuonna 2015 keskimäärin noin 10 prosenttia. Työttömyyden kausivaihtelu on ollut kuitenkin suurta, ja erityisesti keväällä työttömiä on ollut runsaasti. SMU:in työelämässä olevien jäsenten määrä on laskenut noin 8 000:sta noin 5 000:een vuosina 2011–2019. Kone- ja Laivanpäällystöliittojen jäsenten työttömyydestä ei ollut saatavilla julkisia tilastoja, mutta niiden jäsenmäärä on yhteensä noin 2 700. Työelämässä olevien jäsenten määrästä ei ole tietoa. Yhteensä merenkulkijoille maksettiin ansiopäivärahaa arviolta 15 miljoonaa euroa.

2.5 Suomalaisen merenkulkijoiden palkkasumma ja eläkkeet

Suomalaisille merenkulkijoille maksettiin vuonna 2015 palkkoja noin 260 miljoonaa euroa. Suurin osa kokonaissummasta maksettiin matkustaja- ja kuivalastialusten henkilöstölle. Merenkulkijoiden

keskipalkat ovat läpi 2010-luvun olleet maan keskimääräisiä palkkoja korkeammat. Kuukausipalkkojen mediaani oli vuonna 2015 noin 3 600 euroa. Alustyypeittäin korkeimmat keskipalkat olivat jäänmurtaajilla. Varustamojen maissa työskentelevän henkilöstön palkoiksi voidaan arvioida noin 80 miljoonaa euroa.

Merimieseläkekassa maksoi merimieseläkelain mukaisia eläkkeitä 153 miljoonaa euroa yhteensä 8 400 eläkkeensaajalle vuonna 2015. Eläkkeet katettiin eläkevakuutusmaksuilla, valtion osuudella sekä vastuunjakokorvauksilla ja osuuksilla Työllisyysrahaston vakuutusmaksuista. Oman sijoitustoiminnan tuotoilla katettavaksi jäi 6 miljoonaa euroa, ja tämä osuus on kasvanut 2010-luvulla. Sijoitustoiminnan tuotot ovat olleet viime vuosina korkeat, ja MEK:n varallisuuden arvo on kasvanut.

Varustamojen maissa työskentelevän henkilöstön eläkkeistä ei ole tilastoja, mutta laskennallisesti niiden voidaan arvioida olevan noin 30 miljoonaa euroa. Muiden merenkulun alatoimialojen eläkkeistä ei ole myöskään arvioita.

2.6 Julkisen sektorin toimijat merenkulussa

Julkisen sektorin toimijat merenkulussa vuoden 2019 hallinnonalan uudistuksen jälkeen ovat Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Väylävirasto, merivoimat ja rajavartiolaitoksen merivartiostot sekä Meri- ja rajavalvontakoulu.

Virastojen merenkulun parissa työskentelevän henkilöstön määräksi voidaan arvioida noin 200–300 ja merivoimissa sekä rajavartiolaitoksen merenkulkuun liittyvissä tehtävissä noin 2 000. Traficom ja Väyläviraston merenkulun parissa työskentelevän henkilöstön palkat olivat noin 15 miljoonaa, merivoimien henkilöstön noin 80 miljoonaa ja rajavartiolaitoksen meritehtävien henkilöstön noin 30 miljoonaa euroa.

Valtion omistuksessa on neljä merenkulussa toimiva yhtiötä vuodesta 2019 alkaen: Arctia Oy, Suomen Lauttaliikenne Oy, Finnpiilotage Oy ja Traffic Management Finland Oy. Nämä yhtiöt tai silloin niiden toiminnasta vastanneet muut tahot työllistivät vuonna 2015 noin 1 200 henkilöä. Näiden henkilöiden palkat olivat noin 70–75 miljoonaa euroa. Yhtiöt maksoivat valtiolle osinkoja yhteensä 14 miljoonaa euroa.

Merenkulkua opetetaan Suomessa sekä toisen että kolmannen asteen tutkintona. Opetusta järjestetään Turussa, Kotkassa, Raumalla sekä Maarianhaminassa. Yhteensä opiskelijoiden määrä on noin 1 600 ja opetushenkilökunnan arviolta 100–200 henkilöä.

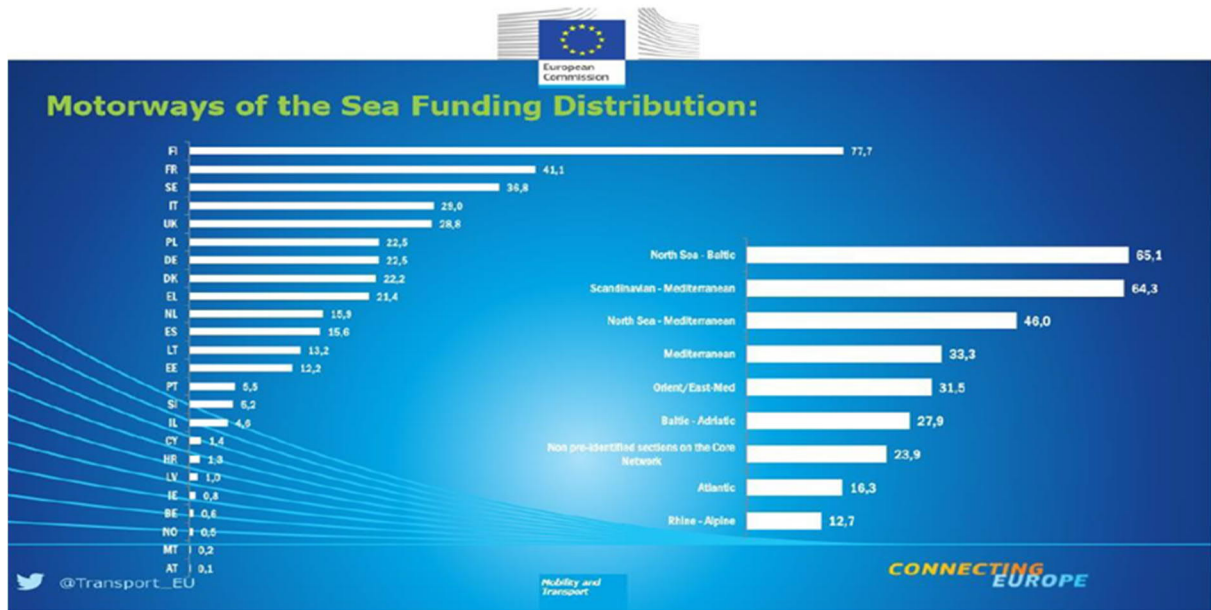
2.7 Euroopan Unionin rahoituksen keskeisiä virtoja Suomen merenkulkuun

Euroopan Unioni on rahoittanut merenkulkuun liittyviä tutkimus- ja innovaatiohankkeita 2010-luvulla Horisontti 2020 -ohjelman kautta. Lisäksi EU on rahoittanut merenkulkuun liittyviä infrastruktuurihankkeita mm. Connecting Europe Facility (CEF) -instrumentin ja erityisesti siihen kuuluvan Motorways of the sea -rahoituksen kautta.

Vuoden 2015 tasolla (vuosien 2014–2018 rahoituksen vuotuinen keskiarvo) Suomen merenkulku sai tämän instrumentin kautta rahaa keskimäärin noin 16 miljoonaa euroa. Ks. kuva D1 ja taulukko D1, jossa Suomen merenkulkuun vuosina 2014–2019 saadut CEF-hankerahoitukset on yksilöity.

Merenkulkuun liittyvien tutkimus- ja innovaatiohankkeiden EU-rahoitussummista ei ole tilastotietoja, mutta määrä ei liene kovin suuri.

Kuitenkin esimerkiksi EU:n Interreg-ohjelmista (EAKR-rahoitus) Suomeen saatu hankerahoitus merenkulun ja satamatoimintojen hankkeille on vuositasolla useita miljoonia euroja. Tällöin merenkulun EU-rahoituksen yhteissumma liikkunee noin 20–25 miljoonan euron tasolla vuosittain.



Kuva D1. Motorways of the Sea- rahoituksen jakautuminen maittain ja suuralueittain

2.8 Merenkulun verot tai veroluontoiset maksut Suomessa

Julkinen sektori keräsi merenkulusta veroina tai veroluontoisina maksuina yhteensä 180 miljoonaa euroa, josta 45 miljoonaa kunnallisveroina ja yhteensä 75 miljoonaa suorina veroina, luotsausmaksuina noin 40 miljoonaa ja väylämaksuina noin 65 miljoonaa euroa. Väylämaksukertymä oli 86 miljoonaa euroa vuonna 2014 ja 46 miljoonaa euroa vuonna 2015 alennettujen yksikköhintojen jälkeen. Tässä käytetty luku vastaa näiden kertymien keskiarvoa.

Luotsaus- ja väylämaksuista suomalaiset varustamot maksoivat noin 40 miljoonaa euroa ja ulkomaiset varustamot noin 65 miljoonaa euroa. Lisäksi kuntien omistamat satamayhtiöt saivat satamamaksuista tuloa noin 170 miljoonaa euroa, joista suomalaiset varustamot maksavat noin 75 miljoonaa euroa ja ulkomaiset varustamot 95 miljoonaa euroa. Yhteensä julkinen sektori siis keräsi merenkulusta 330 miljoonaa euroa.

Julkinen sektori antoi takaisin merenkulkuun miehistö-, vaihtokustannus- ja tonniverotukena noin 90 miljoonaa euroa. Tämän lisäksi valtio maksoi osuutenaan Merimieseläkekassalle noin 60 miljoonaa euroa. Investointeihin yleisiin satamiin ja vesiväyliin sekä perusväylänpitoon käytettiin noin 150 miljoonaa euroa, joista kuntien omistamien satamayhtiöiden investointien osuus oli noin 60 miljoonaa euroa. Vuoden 2013 jäänmurtajan hankinnasta syntyi vuodelle 2015 kuluja noin 45 miljoonaa euroa. Yhteensä julkisen sektorin tuet merenkululle nousivat noin 345 miljoonaan euroon.

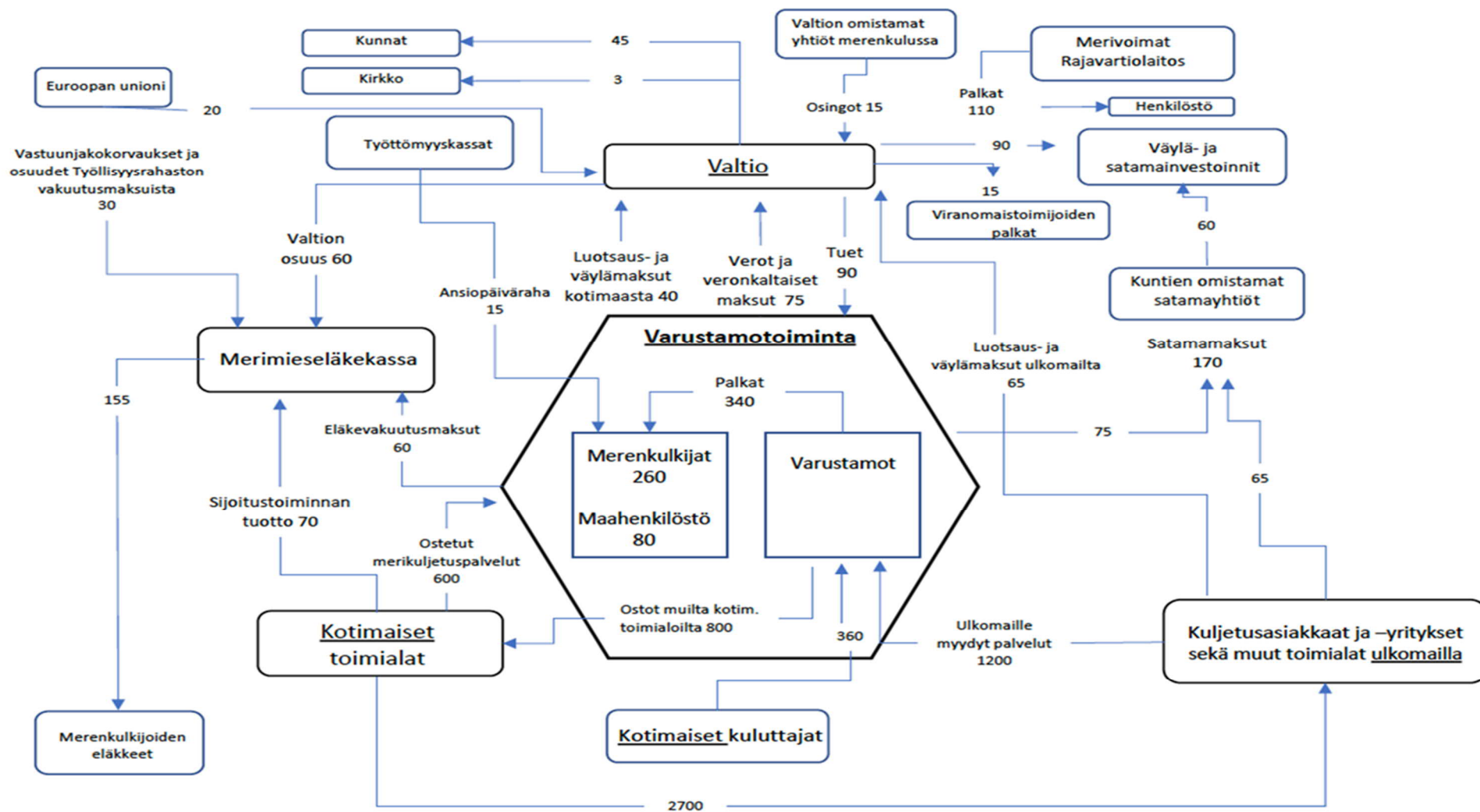
Merenkulun rahavirrat Suomen kansantaloudessa kaaviona

Kuva D2 esittää merenkulun rahavirrat kansantaloudessa vuonna 2015. Tarkastelu kohdistuu koko merenkulun sijaan ainoastaan varustamotoimintaan, ulkomaankauppaan ja julkiseen sektoriin.

Rahavirtakaavion ulkolaidalle erikseen muista soluista on jätetty merivoimat ja rajavartiolaitos. Merenkulun opetustoimintaa ei sisällytetty kaavioon, sillä sen kustannuksista ei voi tehdä kuin hyvin summittaisia arvioita.

Rahavirtakuvion perusteella voidaan todeta, että valtion merenkulusta veroina ja maksuina keräämät rahat palautuvat jotakuinkin saman suuruisina takaisin kansantalouteen tukien, väylänpidon ja investointien muodossa.

Sen sijaan merenkulku ei ole ulkomaihin nähden tasapainossa. Meriliikenteen palveluita tuodaan euromääräisesti yli kaksinkertaisesti niiden vientiin nähden.



Kuva D2. Merenkulun rahavirrat Suomen kansantaloudessa vuonna 2015

Taulukko D1. Suomalaiset merenkulun CEF-projektit 2014–2019

Suomalaiset merenkulun CEF projektit 2014-2019

CEF 2014-2020	Title	Project budget	CEF co-funding
2014-EU-TM-0066-M	The Northern ScanMed Ports - Sustainable Maritime Links	8 100 000	2 650 000
2014-EU-TM-0087-M	Twin-Port 2	97 600 000	29 300 000
2014-EU-TM-0152-M	FAMOS Freja: Finalising Surveys for the Baltic Motorways of the Sea	33 826 969	11 890 731
2014-EU-TM-0206-S	STM Validation Project	42 977 434	21 488 717
2014-EU-TM-0379-M	Back from Black - Study and deployment of the affordable scrubber retro fitting technology for SME shipowners	14 854 825	5 582 008
2014-EU-TM-0391-M	Upgrading and sustaining the competitive core Baltic MoS link Helsinki-Lubeck	25 939 350	7 781 805
2014-EU-TM-0487-M	Biscay Line - Multiple port Finland-Estonia-Belgium-Spain long distance MoS, relevant to many core network corridors	15 773 513	4 732 054
2014-EU-TM-0507-M	Upgrading and sustaining the competitive Baltic MoS link Germany-Finland (RoRo multiple ports loop)	18 038 510	5 411 553
2014-EU-TM-0546-S	Compliance monitoring pilot for Marpol Annex VI (CompMon)	4 290 629	2 145 315
2015-EU-TM-0014-M	Winter navigation motorways of the Sea II, WINMOS II	18 967 000	6 641 500
2015-EU-TM-0098-M	DOOR2LNG-Upgrade of the maritime link integrated in the multimodal container transport routes	56 060 000	16 958 000
2015-EU-TM-0132-M	FAMOS Odin: Finalising Surveys for the Baltic Motorways of the Sea	28 947 500	10 789 590
2015-EU-TM-0178-M	Bothnia Bulk -Environmental upgrade of year-round supply in the northern Baltic Sea	22 536 000	6 800 000
2016-EU-TM-0092-W	NextGen Link - Upgrade of the maritime link with port interconnection in the ScanMed Corridor	39 262 100	11 778 630
2016-EU-TM-0341-W	Development of port capacity for integrated Baltic MoS link(s) on the Rostock-Hanko link	21 219 901	4 821 370
2017-FI-TM-0027-W	Vuosaari fairway - Improvement of the maritime access of the port of Helsinki, Vuosaari harbour	33 600 000	6 720 000
2017-EU-TM0135-W	TWIN-PORT III	71 190 850	21 357 255
2017-FI-TM-0123-W	Eastern Baltic Hub -Improving port access and hinterland connection of the Port of HaminaKotka in the ScanMed Corridor	55 570 000	11 129 000
2018-EU-TM-0051-S	Intelligent Sea - Integrated digital services for efficient and safe maritime navigation	3 084 450	1 542 225
2018-FI-TM-0050-S	SecurePax -Improving security of passenger transport in maritime ports	1 586 000	763 000
2018-EU-TM-0135-S	Application of Industry 4.0 Technologies towards Digital Port Container Terminals – iTerminals 4.0	7 400 500	3 700 250

LIITE D

Viivästysten aiheuttamat kustannukset (€) Suomen alusliikenteessä eri skenaarioissa vuoden 2030 liikenne-ennusteen valossa

	Vertailu- skenaario*	Vuoden 2030 skenaario**	Yhden murtajan lisäys	Kahden murtajan lisäys	Kolmen murtajan lisäys	Yhden murtajan vähennys	Kahden murtajan vähennys	Vertailu- skenaario leuto talvi***	Leuto talvi 2030
Hamina(HaminaKotka)	2 100 000	2 500 000	2 500 000	2 400 000	2 300 000	2 300 000	2 200 000	90 000	100 000
Kotka(HaminaKotka)	1 300 000	1 700 000	1 700 000	2 000 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000	7 000	30 000
Loviisa	200 000	300 000	300 000	300 000	200 000	300 000	400 000	20 000	20 000
Kilpilähti	1 000 000	900 000	1 000 000	1 000 000	400 000	1 000 000	900 000	0	1 000
Vuosaari	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helsinki	1 000 000	2 200 000	1 900 000	2 100 000	500 000	2 000 000	2 400 000	0	0
Inkoo	15 000	50 000	41 000	20 000	18 000	40 000	40 000	0	3 000
Kantvik	200 000	300 000	300 000	300 000	50 000	300 000	300 000	0	24 000
Koverhar/Lappohja	30 000	80 000	62 000	40 000	11 000	50 000	80 000	0	0
Hanko	500 000	2 100 000	1 600 000	1 000 000	200 000	1 400 000	2 600 000	0	0
Maarianhamina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Långnäs/Färjsund	0	100 000	100 000	30 000	30 000	100 000	100 000	0	0
Turku	71 000	900 000	1 000 000	500 000	500 000	800 000	700 000	0	0
Naantali	60 000	500 000	400 000	200 000	40 000	400 000	600 000	1 000	0
Uusikaupunki	1 100 000	1 200 000	1 500 000	400 000	400 000	2 000 000	1 400 000	0	0
Rauma/Eurajoki	1 900 000	3 200 000	2 500 000	1 000 000	1 000 000	2 900 000	3 500 000	0	0
Pori	1 000 000	1 000 000	800 000	400 000	400 000	1 000 000	1 200 000	0	0
Kaskinen/Krist.kau.	500 000	700 000	600 000	200 000	200 000	700 000	600 000	0	500
Vaasa	400 000	300 000	300 000	100 000	100 000	300 000	200 000	80 000	4 000
Pietarsaari	600 000	200 000	700 000	800 000	600 000	2 500 000	5 200 000	8 000	60 000
Kokkola	1 900 000	4 200 000	2 800 000	3 000 000	2 800 000	6 700 000	18 300 000	200 000	200 000
Kalajoki	400 000	700 000	500 000	600 000	500 000	1 000 000	2 300 000	80 000	80 000
Raahe	1 400 000	2 800 000	1 500 000	1 600 000	1 300 000	3 000 000	4 600 000	200 000	200 000
Oulu	2 600 000	5 800 000	2 600 000	3 000 000	2 600 000	6 900 000	10 800 000	500 000	500 000
Kemi	2 400 000	4 000 000	2 800 000	3 000 000	2 500 000	5 100 000	7 700 000	300 000	500 000
Tornio	3 000 000	5 500 000	3 300 000	3 500 000	3 500 000	6 500 000	11 800 000	400 000	600 000
Taalintehdas/Förby/Kemiö	50	16 000	5 000	2 000	40	3 000	20 000	0	0
YHTEENSÄ	23 700 000	41 300 000	30 100 000	27 500 000	21 800 000	49 900 000	79 500 000	1 900 000	2 300 000

* Vuoden 2017 tavaramäärä ja aluskäynnit, talven 2010-2011 jääolosuhteet

** 2030 ennustettu tavaramäärä (+7 %), aluskoko (+22,7 %), aluskäyntien lukumäärä (-12,7 %), EEDI-alusten osuus (35 %), nykyinen jäänmurtajien lukumäärä (9)

*** Talven 2016-2017 jääolosuhteet

Lyhenteet

AIS	Alusten sijaintitietojärjestelmä (Automatic Identification System)
DWCC	Aluksen lastinkuljetuskapasiteetti (Deadweight Cargo capacity)
DWT	Aluksen lastinkantokyky (Deadweight Tonnage)
EEDI	Energiatehokkuuden suunnittelu indeksi uusille aluksille (Energy efficiency design index)
EU	Euroopan unioni
HELCOM	Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (Helsinki Commission)
IFO	Polttoainelaatu (Intermediate fuel oil)
IMO	Kansainvälinen merenkulkujärjestö (International Maritime Organization)
JM	Jäänmurtaja
LNG	Nesteytetty maakaasu (Liquefied Natural Gas)
MERLOG	Merikuljetusten logistiikka ja ulkomaankaupan kilpailukyky- selvitys
MERSU	Selvitys merenkulun ympäristösääntelyn vaikutuksesta
MEPC	Meriympäristön suojelukomitea (Marine Environment Protection Committee)
mpk	Meripeninkulma 1 mpk = 1852 metriä
nm	Meripeninkulma 1 mpk = 1852 metriä (Nautical Mile)
MGO	Polttoöljyalaatu (Marine gas oil)
NMVOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Non-Methane Volatile Organic Compounds)
NOK	Norjan kruunu
NT	Nettovetoisuus, aluksen lastitiloja kuvaava yksikötön luku (Net tonnage)
PAX	Matkustajamäärä
ResQU2	Merenkulun pelastustoiminnan kehittämishanke
ro-pax	Matkustajalaiva jossa autoille ja rahdinkuljetukseen (roll on/roll off and passenger)
ro-ro	Alus joka kuormataan sivusta, perästä tai keulasta rullaten. (roll on, roll off)
RUB	Venäjän rupla
SEK	Ruotsin kruunu
SITC	Kansainvälisen kaupan luokittelujärjestelmä (Standard International Trade Classification)
TEU	Konttialuksen kapasiteetin mittayksikkö –20 jalan konttien kuljetuskapasiteetti (Twenty Foot Equivalent Unit)
VNK	Valtioneuvoston kanslia
WINMOS	Talvimerenkulun simulointiohjelmisto

Lähteet

- Arctia (2018) Vuosikertomus 2018
- Clarkson (2018) Maailmanlaajuinen kauppalaustilasto, Clarkson Research Services Limited 2018
- Cullinane K., Khanna M. (1999) Economics of Scale in large Container Ships, *Journal of Transport Economics and Policy* Vol. 33, No 2, pp. 185–2017.
- Drewry (2012) Ship Operating Costs Annual Review and Forecast: Annual Report 2012/13. Drewry Shipping Consultants, London.
- Eesti Loots (2019), Pilotage fees and payment procedures, www.loots.ee/wp-content/uploads/2019/04/eesti_loots.pilotage_fees_and_payment_procedures_2018_1845_ing_toim.doc, haettu 11.10.2019.
- Finnpilot (2019), Luotsausmaksut, <https://finnpilot.fi/wp-content/uploads/2019/03/Luotsausmaksut-2019.pdf>, haettu 11.10.2019.
- Helsingin Satama (2019), Helsingin Sataman Hinnasto, <https://www.portofhelsinki.fi/helsingin-satama/hinnasto>, haettu 14.10.2019.
- Hummels, D., Schaur, G. (2013) Time as a Trade Barrier, *American Economic Review*, Vol. 103 No. 7, pp. 2935–2959.
- IMO (2014) Third IMO Greenhouse Gas Study 2014, International Maritime Organisation, International Maritime Organization 2015.
- IMO (2016) Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, London, International Maritime Organisation.
- Kuntze, V., Ojala, L., Kauppi, H. (2019) HAZARD Publications no. 33/2019, Merenkulku kansantaloudessa—Tarkasteluvuodet 2014–2015. <https://blogit.utu.fi/hazard/publications/>
- Kystverket (2019) The Norwegian Coastal Administration- About fees, www.kystverket.no/en/EN_Maritime-Services/Fees/About-fees/, haettu 11.10.2019.
- Kämäräinen, J. (2016) IMO:n toimet GHG-päästöjen vähentämiseksi: EEDI ja SEEMP. Helsinki 10.2.2016.
- Kämäräinen, J., Hänninen S., Hokkanen E. (2019) ISWG-GHG 6 -kokouksen dokumenttien alustava tarkastelu, LVM:n ja Traficom:n muistio, 17.10.2019.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2018) Väylämaksu ja muuttuva merenkulku, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 7/2018.
- Liikennevirasto (2018c) Ulkomaan meriliikenteen kuukausitilasto 12/2017 <https://www.liikennevirasto.fi/tilastot/vesiliikennetilastot/ulkomaanmeriliikenne/kuukausiaineistot#.W9K5ApUUIMs>
- Lindeberg, M., Kujala, P., Sormunen, O.-V., Karjalainen, M., Toivola J. (2018) Simulation model of the Finnish winter navigation system. IMDC konferenssi. Espoo. 11–14.06.2018.
- Ojala, L., Saarto, P. (1992) Merenkulku kansantaloudessa, Liikenneministeriön julkaisuja 12/1992.
- Ojala, L., Solakivi T., Kiiski, T., Laari, S., Österlund, B. (2018) Merenkulun huoltovarmuus ja Suomen elinkeinoelämä – Toimintaympäristön tarkastelu vuoteen 2030, Huoltovarmuusorganisaatio 2018.
- Rosmorport (2019) Harbour Dues and Tariffs, http://www.rosmorport.com/filials/spb_portcharges/, haettu 14.10.2019.
- Salanne, I., Jaakkola, E., Tikkanen, M. (2017) Suomen satamien takamaatutkimus, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 55/2017.

- Salanne, I., Mäkelä, K., Tikkanen, M. (2018) MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt –tietokonemallit Tulosraportti 2005-2017, Trafain julkaisuja 14/2018.
- Sjöfartsverket (2019) Summarized fairway and pilotage dues 2019
www.sjofartsverket.se/pages/1615/Summarized%20fairway%20and%20pilotage%20dues%202019.pdf, haettu 11.10.2019.
- Solakivi T., Kiiski T., Ojala L. (2017) On the cost of ice: estimating the premium of Ice Class container vessels, *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 21 No. 2, pp. 207–222.
- Solakivi T., Ojala L., Lorentz H., Töyli J., Laari S. (2018a) Estimating the size of the national logistics market: A method to include both market-based demand and in-house services, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol 48 Issue: 5, pp. 488–503.
- Solakivi, T., Ojala, L., Laari, S., Lorentz, H., Kiiski, T., Töyli, J., Malmsten, J., Bask, A., Rintala, O., Paimander, A., Rintala, H. (2018b) *Logistiikkaselvitys 2018*, Turun Kauppakorkeakoulun julkaisuja Sarja E-2:2018.
- Solakivi T., Kiiski T., Ojala L. (2018c) The impact of ice class on the economics of wet and dry bulk shipping in the Arctic waters, *Maritime Policy & Management*, Vol. 45 No. 4, pp. 530–542.
- Suomen Pankki (2019) *Valuuttakurssit 2018*,
www.suomenpankki.fi/fi/Tilastot/valuuttakurssit/taulukot/valuuttakurssit_taulukot_fi/valuuttakurssit_short_fi/, haettu 11.10.2019.
- Tervonen, J. (2017), Väylämaksun alentaminen ja tavaraliikenteen rataveron poistaminen; *Seuranta 2015-2016*, LVM julkaisuja 3/2017.
- Traficom (2017) *Liikenne- ja viestintäviraston Portnet aluskäyntitilastot*.
- Tulli (2018) *Tavaroiden ulkomaankauppa*; <https://tulli.fi/tilastot/tavaroiden-ulkomaankauppa>.
- Tulli (2019) Väylämaksut, <https://tulli.fi/yritysassiakkaat/kuljetus-ja-varastointi/vaylamaksut>, haettu 14.10.2019.
- Veteede Amet (2019) *Fairway Dues*, <https://veteedeamet.ee/en/fairway-dues> , haettu 14.10.2019.
- Wijnolst, N., Wergeland, T. (2009) *Shipping Innovation*, Amsterdam, IOS Press.
- VNK (2017) *Merenkulun kansainvälisen ilmasto- ja ympäristösääntelyn vaikutukset Suomen elinkeinoelämälle (MERSU)*, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 55/2017.



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

MERLOG 2030

Lauri Ojala, Pentti Kujala, Tomi Solakivi, Tuomas Kiiski,
Morten Lindeberg ja Vesa Kilpi

**TURUN KAUPPAKORKEAKOULUN JULKAISUJA
SARJA E-1:2020**

ISBN 978-952-249-598-3
ISSN 2342-4796