



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
82/2024

ALUSLIIKENTEEN YKSIKKÖKUSTANNUKSET 2022



Tomi Solakivi, Lauri Ojala, Veeti Metsäaho

Alusliikenteen yksikkökustannukset 2022

Väyläviraston julkaisuja 82/2024

Kannen kuva: Väyläviraston kuvapankki

Verkkojulkaisu pdf (vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-233-7

Väylävirasto
PL 33, 00521 Helsinki
Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki
Puhelin 0295 34 3000

kirjaamo@vayla.fi
vayla.fi

Tomi Solakivi, Lauri Ojala, Veeti Metsäaho: Alusliikenteen yksikkökustannukset 2022. Väylävirasto Helsinki 2024. Väyläviraston julkaisuja 82/2024. 52 sivua ja 6 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-233-7.

Avainsanat: alusliikenteen yksikkökustannukset, hankearviointi, vesitieinvestoinnit, kannattavuus

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitetään Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä kulkevien alusten keskimääräiset yksikkökustannukset ajo- ja satamavuorokautta kohti alustyypeittäin ja kokoluokittain. Näiden kustannuslaskelmien keskeinen käyttökohde on toimia väyläinvestointien hankearvioinnin osana toteutettavien hyötykustannuslaskelmien pohjatietona. Edellisen kerran alusliikenteen yksikkökustannukset selvitettiin vuonna 2018, ja tuolloin tehty päivitystutkimus toimii vertailukohtana nyt valmistuneelle työlle.

Tutkimuksen lähdeaineistona toimivat kaikki Suomeen ulkomaanliikenteessä vuonna 2023 saapuneet suomalaiset ja ulkomaalaiset lastialukset sekä ro-ro-matkustaja-alukset. Alustiedot ovat peräisin Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien ylläpitämästä aluskäyntitilastosta. Alustietoja on täydennetty muista lähteistä saaduilla teknisillä ja muilla tiedoilla tilastollisen kattavuuden varmistamiseksi kaikkien alustyyppien ja -kokojen osalta. Tutkimusta varten eri lähteistä on kerätty tietoja mm. alusten hankintahinnoista, miehityskustannuksista, sekä laivapolttoaineiden hintakehityksestä.

Tässä tutkimuksessa yksikkökustannukset on laskettu ja esitetty erikseen kolmelle uudelle alustyyppille. Kaasusäiliöalukset eroavat sekä teknisesti, että hintatasonsa puolesta tavanomaisista säiliöaluksista, joten ne on tässä tutkimuksessa erotettu omaksi alustyyppikseen. Matkustaja-autolautoilla liiketoiminnan painopiste on ropax-aluksia enemmän matkustajaliikenteessä, millä on vaikutusta niiden lasti- ja matkustajakapasiteetin väliseen suhteeseen. Tästä syystä ne ovat tyyppillisesti myös hankintahinnaltaan kalliimpia kuin ropax-alukset. Tässä raportissa matkustaja-autolautat ja ropax-alukset käsitellään siksi erikseen.

Polttoainekustannukset muodostavat kaikissa alustyypeissä suurimman kustannuserän (28–50 %) ja pääomamenot toiseksi suurimman (22–28 %). Kustannusten suhteelliset osuudet vaihtelevat varsin paljon eri alustyypeillä ja kokoluokilla. Korjaus- ja kunnossapitokustannukset vaihtelevat alustyyppistä riippuen 12 ja 17 prosentin välillä. Suhteellisesti suurin ero eri alustyyppien välillä on miehityskustannuksissa, jotka vaihtelevat 6 ja 17 prosentin välillä.

Tässä tutkimuksessa raportoitujen yksikkökustannusten laskennassa on yksi menetelmällinen ero verrattuna aiempiin selvityksiin. Alusten polttoaineen kulutusta ja polttoainekustannuksia on arvioitu niiden todellisen operointinopeuden, ei suunnittelunopeuden perusteella. Analyysin perusteella alusten todellinen

kulkunopeus on alustyyppistä riippuen 73–81 % niiden suunnittelunopeudesta, millä on vaikutus niiden polttoaineen kulutukseen.

Tomi Solakivi, Lauri Ojala, Veeti Metsäaho: Fartygstrafikens enhetskostnader 2022. Trafikledsverket Helsingfors 2024. Trafikledsverkets publikationer 82/2024. 52 sidor och 6 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-233-7.

Sammanfattning

Denna forskning undersöker de genomsnittliga enhetskostnaderna för fartyg som reser mellan Finland och utlandet per körning och hamndag per fartygstyp och storleksklass. Huvudsyftet med dessa kostnadsberäkningar är att ligga till grund för nyttokostnadsberäkningar som genomförs som en del av projektutvärderingen av farledsinvesteringar. Senast enhetskostnaderna för fartygstrafiken fastställdes var 2018 och den då genomförda uppdateringsstudien fungerar som referenspunkt för det arbete som nu är avslutat.

Alla finländska och utländska lastfartyg och ro-ro passagerarfartyg som anlände till Finland i utrikestrafik 2023 fungerar som källmaterial för studien. Fartygsinformationen kommer från Traficoms statistik över fartygsbesök som förs av Traficom. Fartygsdata har kompletterats med tekniska och andra data från andra källor för att säkerställa statistisk täckning för alla fartygstyper och storlekar. För forskningen har information samlats in från olika källor, t.ex. anskaffningspriserna för fartyg, bemanningskostnader och prisutvecklingen på marina bränslen.

I denna studie har enhetskostnader beräknats och presenterats separat för tre nya fartygstyper. Gas-tankfartyg skiljer sig både tekniskt och i fråga om inköpspris från konventionella tankfartyg, så de behandlas som en egen fartygstyp i denna studie. Med personbilsfärjor ligger affärsfokus mer på passagerartrafik än på ropaxfartyg, vilket påverkar förhållandet mellan deras last och passagerarkapacitet. Av denna anledning är de också vanligtvis dyrare att köpa än ropax-fartyg. Personbilsfärjor och ropax-fartyg behandlas därför separat i denna rapport.

Bränslekostnaderna utgör den största kostnadsposten i alla fartygstyper (28–50 %) och investeringarna den näst största (22–28 %). De relativa andelarna av kostnaderna varierar ganska mycket för olika fartygstyper och storleksklasser. Reparations- och underhållskostnaderna varierar mellan 12 och 17 procent, beroende på typ av fartyg. Relativt sett är den största skillnaden mellan de olika fartygstyperna i bemanningskostnaderna som varierar mellan 6 och 17 procent.

Det finns en metodisk skillnad i beräkningen av de enhetskostnader som redovisas i denna studie jämfört med tidigare studier. Fartygens bränsleförbrukning och bränslekostnader har uppskattats utifrån deras faktiska drifhastighet, inte deras designhastighet. Utifrån analysen är fartygens faktiska hastighet, beroende på typ av fartyg, 73–81 % av deras designhastighet, vilket påverkar deras bränsleförbrukning.

Tomi Solakivi, Lauri Ojala, Veeti Metsäaho: The unit costs of vessel traffic 2022. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2024. Publications of the FTIA 82/2024. 52 pages and 6 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-233-7.

Abstract

This research examines the average unit costs of ships traveling between Finland and foreign countries per driving and port day by ship type and size class. The key purpose of these cost calculations is to serve as the basis for benefit-cost calculations carried out as part of the project evaluation of fairway investments. The last time the unit costs of ship traffic were determined was in 2018, and the update study carried out at that time serves as a reference point for the work that has now been completed.

All Finnish and foreign cargo ships and ro-ro passenger ships that arrived in Finland in foreign traffic in 2023 serve as source material for the study. The ship information comes from the statistics on ship visits maintained by the Finnish Transport and Communications Agency Traficom. Vessel data have been supplemented with technical and other data from other sources to ensure statistical coverage for all vessel types and sizes. For the research, information has been collected from various sources, e.g. the acquisition prices of ships, manning costs, and the price development of marine fuels.

In this study, unit costs have been calculated and presented separately for three new ship types. Gas tankers differ both technically and in terms of their purchasing price from conventional tankers, so they are separated into their own vessel type in this study. With passenger car ferries, the business focus is more on passenger traffic than on ropax ships, which has an impact on the ratio between their cargo and passenger capacity. For this reason, they are also typically more expensive to purchase than ropax ships. Passenger car ferries and ropax vessels are therefore treated separately in this report.

Fuel costs constitute the largest cost item in all vessel types (28–50%) and capital expenditures the second largest (22–28%). The relative shares of the costs vary quite a lot for different vessel types and size classes. Repair and maintenance costs vary between 12 and 17 percent, depending on the type of vessel. Relatively, the biggest difference between the different vessel types is in the manning costs, which vary between 6 and 17 percent.

There is one methodological difference in the calculation of the unit costs reported in this study compared to previous studies. The ships' fuel consumption and fuel costs have been estimated based on their actual operating speed, not their design speed. Based on the analysis, the actual speed of the ships is, depending on the type of ship, 73–81% of their design speed, which has an impact on their fuel consumption.

Esipuhe

Tutkimuksessa on selvitetty Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä kulkevien lastialusten ja matkustaja-autolauttojen keskimääräiset yksikkökustannukset ajovuorokautta ja satamavuorokautta kohti alustyypeittäin ja kokoluokittain. Kustannuslaskelmien ja niiden tulosten käyttötarkoituksena on toimia pääosin väyläinvestointien hankearviointien ja niihin liittyvien hyötykustannuslaskelmien pohjatietona.

Tutkimus tehtiin Väyläviraston tilauksesta keväällä 2024 Turun yliopiston kauppakorkeakoulussa. Valmis työ luovutettiin tilaajalle lokakuussa 2024. Väylävirastossa projektista vastasi liikennetalousasiantuntija Taneli Antikainen. Työn ohjausryhmään ovat lisäksi kuuluneet Anton Goebel ja Hanna Sandell Väylävirastosta sekä Tuomas Kiiski Liikenne- ja viestintävirastosta. Turun yliopiston kauppakorkeakoulussa tutkimuksesta vastaavana toimi apulaisprofessori Tomi Solakivi. Tutkimusryhmään kuuluivat lisäksi professori Lauri Ojala, sekä tutkimusavustajana kauppat. yo. Veeti Metsäaho.

Helsingissä joulukuussa 2024

Väylävirasto
Väylien suunnitteluosasto/Suunnittelun ohjelmointi- ja liikennetalousyksikkö

Sisällys

1	JOHDANTO	9
2	MERILIIKENTEEN JA ALUSKUSTANNUSTEN TAUSTATEKIJÖIDEN VIIMEAIKAINEN KEHITYS	11
2.1	ULKOMAAN TAVARALIIKENNE.....	11
2.2	MATKUSTAJALIIKENNE	13
2.3	ALUSLIIKENNE	13
2.4	POLTTOAINEIDEN HINTAKEHITYS	18
3	LASKENTAPERUSTEET JA -MENETELMÄT	22
3.1	TUTKIMUKSESSA HUOMIOIDUT ALUSTYYPIT JA -KOOT	22
3.1.1	KONTTIALUKSET	22
3.1.2	IRTOLASTI- ELI KUIVABULK-ALUKSET	22
3.1.3	MUUT KUIVALASTIALUKSET	22
3.1.4	SÄILIÖALUKSET	23
3.1.5	RO-RO-LASTIALUKSET	23
3.1.6	RO-RO-MATKUSTAJA-ALUKSET.....	23
3.2	ALUSTIEDOT	24
3.3	PÄÄOMAKUSTANNUKSET	24
3.4	POLTTOAINEKUSTANNUKSET	25
3.5	MIEHITYSKUSTANNUKSET.....	28
3.6	MUUT ALUSKUSTANNUKSET	30
3.7	ALUSLIIKENTEEN PÄÄSTÖJEN YKSIKKÖKUSTANNUKSET	31
3.8	ANALYYSIMENETELMÄT	34
3.9	VEROJEN KÄSITTELY	35
4	ALUSLIIKENTEEN YKSIKKÖKUSTANNUKSET	36
4.1	KONTTIALUKSET	37
4.2	MUUT KUIVALASTIALUKSET	38
4.3	IRTOLASTIALUKSET.....	39
4.4	SÄILIÖALUKSET	40
4.5	KAASUSÄILIÖALUKSET	42
4.6	RO-RO-LASTIALUKSET.....	43
4.7	RO-RO-MATKUSTAJA-ALUKSET JA MATKUSTAJA-AUTOLAUTAT.....	44
5	KUSTANNUSTEKIJÖIDEN SUHTEELLINEN MERKITYS	46
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
	LÄHDELUETTELO	51

LIITTEET

LIITE 1: HIILIDIOKSIDITONNIN ENNUSTETTU HINTAKEHITYS EU-ETS:SSÄ 2024-2050

LIITE 2: ALUSKUSTANNUKSET ALUSTYYPPILUOKITTAIN VUODEN 2022 HINTATASOLLA

LIITE 3: ALUSKUSTANNUSTEN LASKEMISEEN KÄYTETTYJEN PARAMETRIEN ESTIMOINNIN POHJANA OLEVAT REGRESSIOYHTÄLÖT JA -KERTOIMET

LIITE 4: ALUKSEN SYVÄYKSEN JA LASTIKAPASITEETIN VÄLINEN REGRESSIOANALYYSI

LIITE 5: ALUSTEN SYVÄYKSEN JA KONETEHON VÄLISET REGRESSIOANALYYSIT

LIITE 6: ERI ALUSTYYPPIEN KUSTANNUSRAKENNE AJOVUOROKAUDESSA JA SATAMAVUOROKAUDESSA, SEKÄ ALUSTYYPPIKOHTAISEEN OPEROINTIPROFIILIIN PERUSTUVA ARVIO KESKIMÄÄRÄISESTÄ KUSTANNUSRAKENTEESTA

1 Johdanto

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä kulkevien lastialusten ja matkustaja-autolauttojen keskimääräiset yksikkökustannukset ajovuorokautta ja satamavuorokautta kohti alustyypeittäin ja kokoluokittain. Kustannuslaskelmien ja niiden tulosten käyttötarkoituksena on toimia pääosin väyläinvestointien hankearviointien ja niihin liittyvien hyötykustannuslaskelmien pohjatietona. Edelliset alusliikenteen yksikkökustannus -tutkimukset on toteutettu vuosina 2001, 2006, 2009, 2014, ja 2020. Aiempien tutkimusten tapaan tässä tutkimuksessa alusten yksikkökustannuksia arvioidaan alusten tonnimääräiseen lastinkuljetuskapasiteettiin (DWT) suhteutettuna. Tälle poikkeuksen muodostavat konttialukset, joiden lastinkuljetuskapasiteettiä tarkastellaan 20 jalan konteissa (TEU). Tässä tutkimuksessa aluskustannuksia tarkastellaan pääosin samojen alustyyppien (konttialukset, kuiva-bulk -alukset, muut kuivalastialukset, säiliöalukset, ro-ro-lastialukset) näkökulmasta. Tällä kertaa tarkasteluun on lisätty uutena alustyyppinä kaasusäiliöalukset, jotka eroavat ominaisuuksiltaan ja kustannusrakenteeltaan ja -tasoltaan tavallisista säiliöaluksista. Tämän lisäksi matkustaja-autolautat on tässä tutkimuksessa erotettu ropax-aluksista omaksi alustyyppikseen. Matkustaja-autolautoilla matkustajien osuus liiketoiminnasta on suurempi kuin ropax-aluksilla. Tästä syystä alukset ovat tyypillisesti monimutkaisempia ja kustannuksiltaan, erityisesti investointikustannusten osalta, kalliimpia.

Tutkimuksen aineistovuosi on 2022. Tutkimuksen lähdeaineistot ovat kuitenkin monelta eri vuodelta. Niiltä osin kuin tutkimusaineistot ovat joltain muulta vuodelta kuin 2022, ne on muutettu vastaamaan vuoden 2022 kustannustasoa.

Tutkimuksen laskentaperusteet on pidetty mahdollisuuksien mukaan ennallaan. Tällä kertaa tutkimusryhmän käytössä on kuitenkin ollut merkittävästi aiempia tutkimuksia laajempi alustekninen tilastoaineisto, mikä osaltaan tarkentaa analyysin lopputuloksia. Keskeinen ero edelliseen tutkimukseen verrattuna on, että tällä kertaa alusten polttoaineen kulutus ja -kustannukset on arvioitu alusten todellinen kulkunopeus huomioiden. Tyypillisesti alusten kulkunopeus on markkinatilanteesta riippuen jonkin verran suunnittelunopeutta alhaisempi, mikä tarkoittaa alhaisempaa polttoaineen kulutusta. Tässä tutkimuksessa on huomioitu myös nesteytetyllä maakaasulla (LNG) kulkevat alukset. Tutkimusryhmän tiedossa ei ole ollut, missä määrin alukset ovat todellisuudessa käyttäneet nesteytettyä maakaasua, joten analyysin yksinkertaistamiseksi LNG-valmiudella varustettujen alusten on oletettu käyttävän sitä polttoaineena. Tässä tutkimuksessa on edelleen oletettu alusten tuottavan satamassa ollessaan sähköä omien apukoneidensa kanssa. Erityisesti linjaliikenne on jo lähitulevaisuudessa siirtymässä maasähkön käyttöön, mikä tulee ottaa huomioon tulevissa alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimuksissa.

Tässä tutkimuksessa on myös tuotu esille merenkulun päästökaupan kustannusvaikutuksia alusliikenteelle. Niitä ei ole sisällytetty liitteen 2 aluskustannustaulukoihin, mutta vesiväylähankkeiden hankearvioinneissa investointien aiheuttaman hiilidioksidipäästövaikutuksen rahamääräinen arvo alusliikenteelle

arvioidaan liitteen 1 mukaisten EU:n ennustamien päästöoikeushintojen pohjalta. Päästökustannuksia tulee kuitenkin tarkastella myös niiden yhteiskunnalle aiheuttamien negatiivisten ulkoisvaikutusten kautta. Päästökaupan hintataso ei välttämättä kata hiilidioksidipäästöjen kaikkia kustannuksia yhteiskunnalle. Tämän takia hiilidioksidipäästön yksikköarvo määritetään Euroopan Investointipankin määrittelemän hiilidioksidin varjohinnan mukaiseksi (European Commission 2021). Hiilidioksidin varjohinta kuvaa Pariisin ilmastopimuksen päästövähennystavoitteiden vaatimien vähennystoimien aiheuttamia kustannuksia.

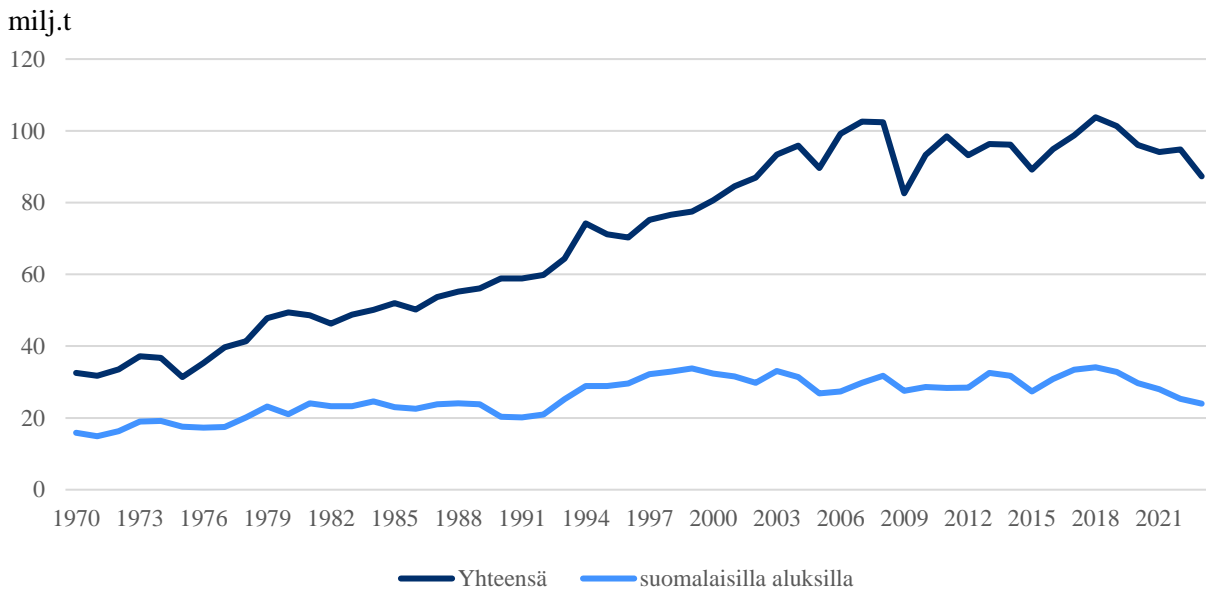
Yksikkökustannuslaskelmien tulokset esitellään ensin tiiviisti omassa luvussa ja lisäksi yksityiskohtaisesti liitteenä olevissa taulukoissa. Kustannustekijöiden suhteellista merkitystä sekä laskentatulosten herkkyytarkasteluja tutkitaan luvussa 5. Lopuksi esitetään johtopäätöksiä alusliikenteen yksikkökustannusten viimeaikaisesta kehityksestä. Tutkimuksen liitteessä 2 esitetyt laskelmien yksityiskohtaiset tulokset pyrkivät kuvaamaan erityyppisten ja -kokoisten Suomeen liikennöivien kauppa-alusten keskimääräisiä operointikustannuksia. Laskelmissa on huomioitu myös lippuvaltion vaikutus miehityskustannuksiin. Laskelmien perusteena käytettyä aineistoa on kerätty useista eri lähteistä. Esitetyt kustannukset ovat tilastollisen analyysin tuloksia, ja kuvaavat eri alustyypeissä ja -kokoluokissa keskimääräisen aluksen tuloksia. Näin ollen ne eivät suoraan kuvaa yksittäisen aluksen tuloksia.

Muita ohjearvoja vesiväylähankkeiden hankearviointia varten sisältyy mm. alusten satamatoimintoihin kuluva aikaa koskevaan tutkimukseen (Liikennevirasto 2018). Lisäksi Ruotsin Trafikverketin hankearviointiohjeistuksesta (ASEK 2024) löytyy tietoa mm. lastinkäsittelykustannuksista satamissa. Näitä tietoja voi hyödyntää, kun tarkastellaan Suomen ja Ruotsin välisiä merikuljetuksia, tai jos tarkempaa kotimaista tietoa ei ole.

2 Meriliikenteen ja aluskustannusten taustatekijöiden viimeaikainen kehitys

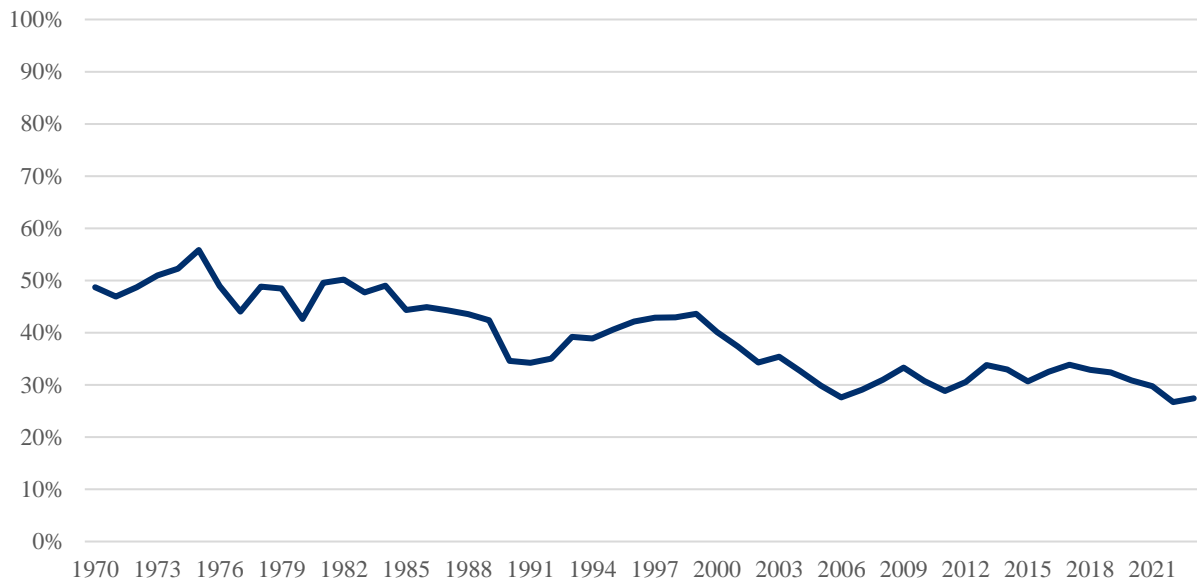
2.1 Ulkomaan tavaraliikenne

Suomen ja ulkomaiden välisten merikuljetusten volyyymi oli korkeimmillaan vuonna 2018, jolloin kuljetettu tavaramäärä (vientä ja tuonti yhteensä) oli 103,8 miljoonaa tonnia. Vuoden 2018 jälkeen kuljetettu tavaramäärä on vähentynyt ensin finanssikriisin, ja sen jälkeen taloudellisen matalasuhdanteen takia siten, että vuonna 2023 Suomen ulkomaan merikuljetusten volyyymi oli 87,3 miljoonaa tonnia. Tätä alhaisempi kuljetusten volyyymi on ollut viimeksi finanssikriisin aiheuttaman taantumän jälkeen vuonna 2009. Suomalaisilla aluksilla kuljetettu tavaramäärä oli myös korkeimmillaan, 34,1 miljoonaa tonnia vuonna 2018.



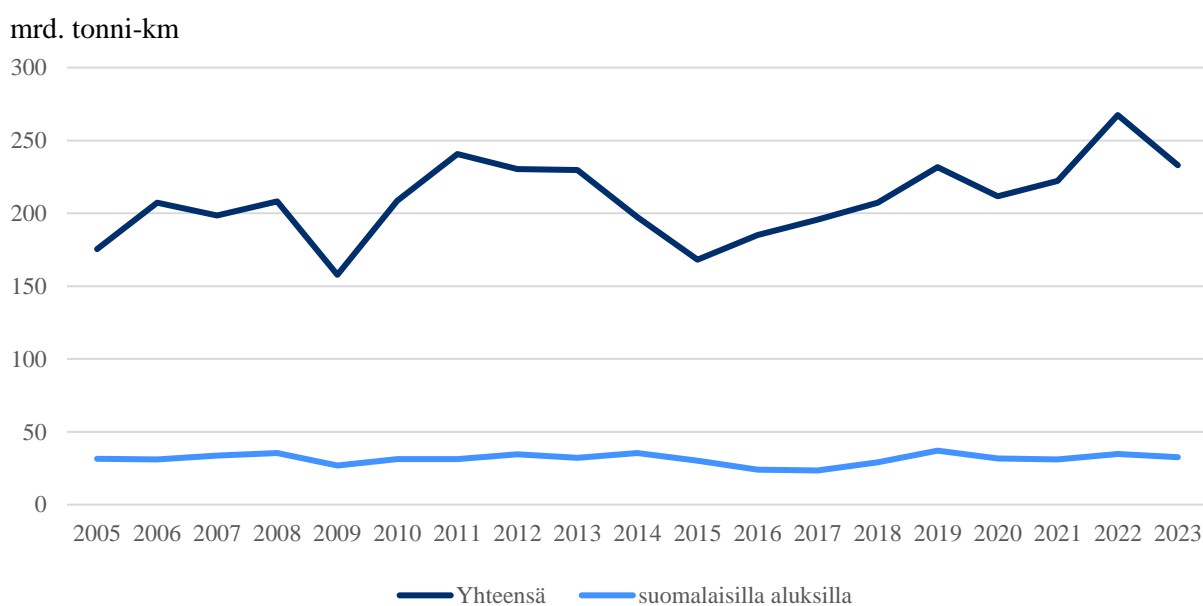
Kuvio 1. Merikuljetukset Suomen ja ulkomaiden välillä 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024a)

Suomalaisten alusten osuus Suomen ja ulkomaiden välisestä meriliikenteestä (Kuvio 2) oli korkeimmillaan 1970-luvulla, jolloin jopa yli puolet liikenteestä kuljetettiin suomalaisilla aluksilla. Tämä osuus laski kokonaisvolyyymien kasvun takia noin 30 prosenttiin liikenteestä 2000-luvun alussa. Tällä vuosituhanella kehityksessä ei ole ollut selkeää kasvavaa tai vähenevää trendiä, vaan suomalaisten alusten osuus Suomen ja ulkomaiden välisestä meriliikenteestä on vaihdellut vuodesta toiseen 30 prosentin molemmin puolin.



Kuvio 2. Suomalaisilla aluksilla kuljetetun tavaramäärän osuus Suomen ja ulkomaiden välisessä meriliikenteessä 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024a)

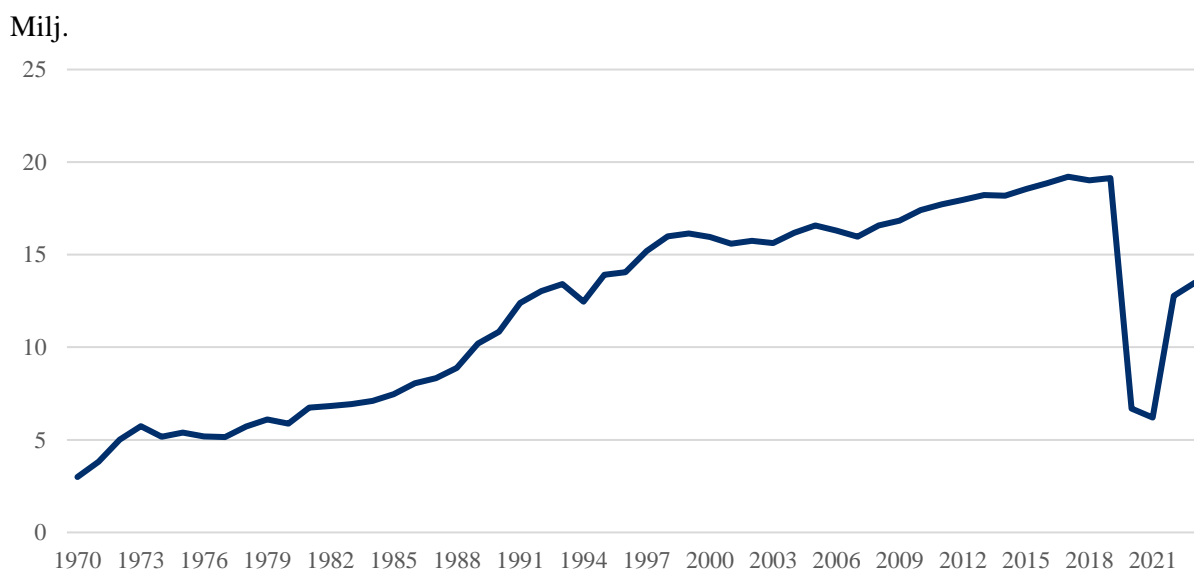
Meriliikennettä voi tarkastella kuljetettujen tavaramäärien lisäksi myös kuljetussuoritteena, joka tarkoittaa kuljetetun matkan (km) ja kuljetetun tavaramäärän (t) tuloa. 2000-luvulla Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen kuljetussuorite on kasvanut tavaramäärien pysyessä suurin piirtein ennallaan. Tämä on seurausta maailmankaupan ja Suomen ulkomaankaupan painopisteen vähittäisestä siirtymisestä kohti Aasiaa. Suomalaisten alusten kuljetussuorite on kuitenkin pysynyt 2000-luvulla suurin piirtein ennallaan, mikä tarkoittaa sitä, että erityisesti lisääntynyt kaukoliikenne kuljetetaan pääosin muilla kuin suomalaisilla aluksilla.



Kuvio 3. Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen tavarankuljetusten kuljetussuoritteet 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024b)

2.2 Matkustajaliikenne

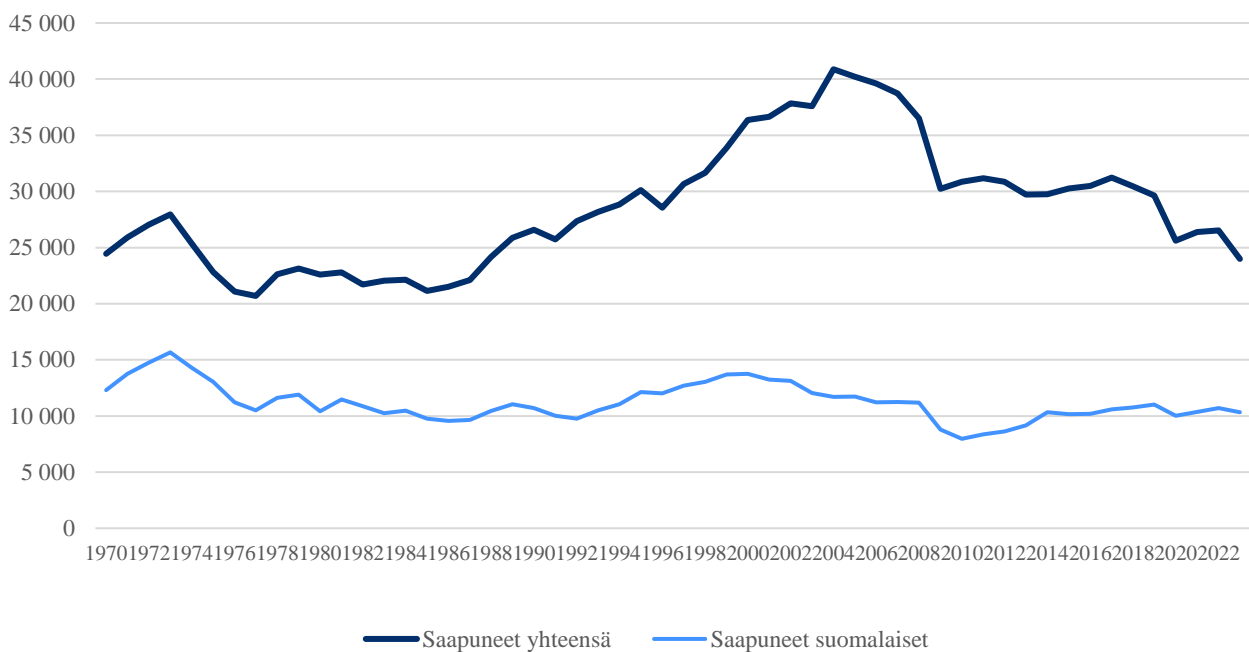
Myös matkustajaliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä kasvoi tasaisesti 1970-luvulta aina vuoteen 2017 saakka, jolloin matkustajia oli 19,2 miljoonaa vuodessa. Viime vuosina kasvu on ollut voimakkainta Helsingin ja Tallinnan välisessä matkustajaliikenteessä, jossa useat nopeat päivittäiset vuorot ovat mahdollistaneet matkustajamäärien kasvun. Tämän jälkeen matkustajamäärä näytti vakiintuneen seuraavien kahden vuoden ajan, jolloin Covid-19-pandemian takia asetetut matkustusrajoitteet vähensivät matkustajamääriä alle kolmasosaan pandemiaa edeltävästä ajasta. Vaikka matkustusrajoituksista luovuttiin pandemian helittäessä, eivät matkustajamäärät ole palautuneet pandemiaa edeltävälle tasolle. Vuonna 2022 matkustajia oli Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä 12,8 miljoonaa ja vuonna 2023 13,5 miljoonaa, mikä on edelleen lähes 6 miljoonaa matkustajaa vähemmän kuin viimeisenä pandemiaa edeltävänä vuonna 2019.



Kuvio 4. Matkustajaliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024c)

2.3 Alusliikenne

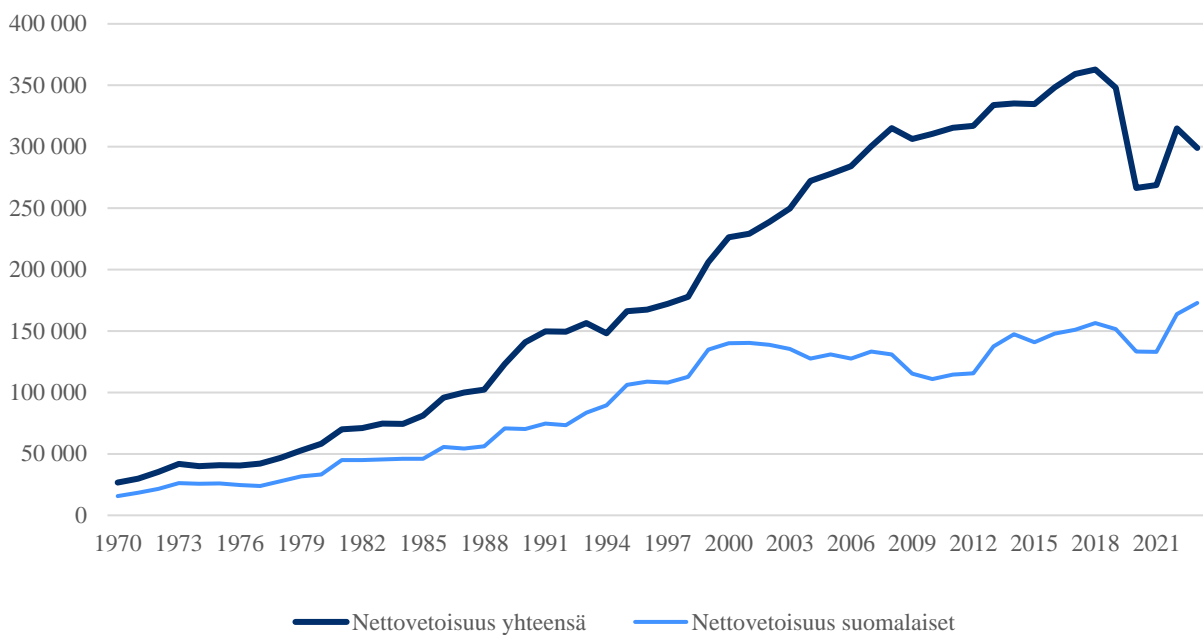
Vuodesta 1970 lähtien Suomen ja ulkomaiden välinen meriliikenne on kasvanut 30 miljoonasta tonnista nykyiseen lähes 100 miljoonaan tonniin. Samanaikaisesti aluskäyntien määrä Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä on pysynyt lähes ennallaan. Vuonna 1970 alukset tekivät Suomessa noin 24 500 yksittäistä aluskäyntiä. Vuonna 2004 käyntien määrä oli korkeimmillaan lähes 41 000, mutta on sen jälkeen laskenut niin että vuonna 2023 aluskäyntejä oli 24 000. Suomalaisilla aluksilla tehdyt aluskäynnit ovat puolestaan olleet suurimman osan aikaa hieman yli 10 000 käyntiä vuodessa.



Kuvio 5. Ulkomaanliikenteessä Suomen satamiin saapuneet alukset 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024d)

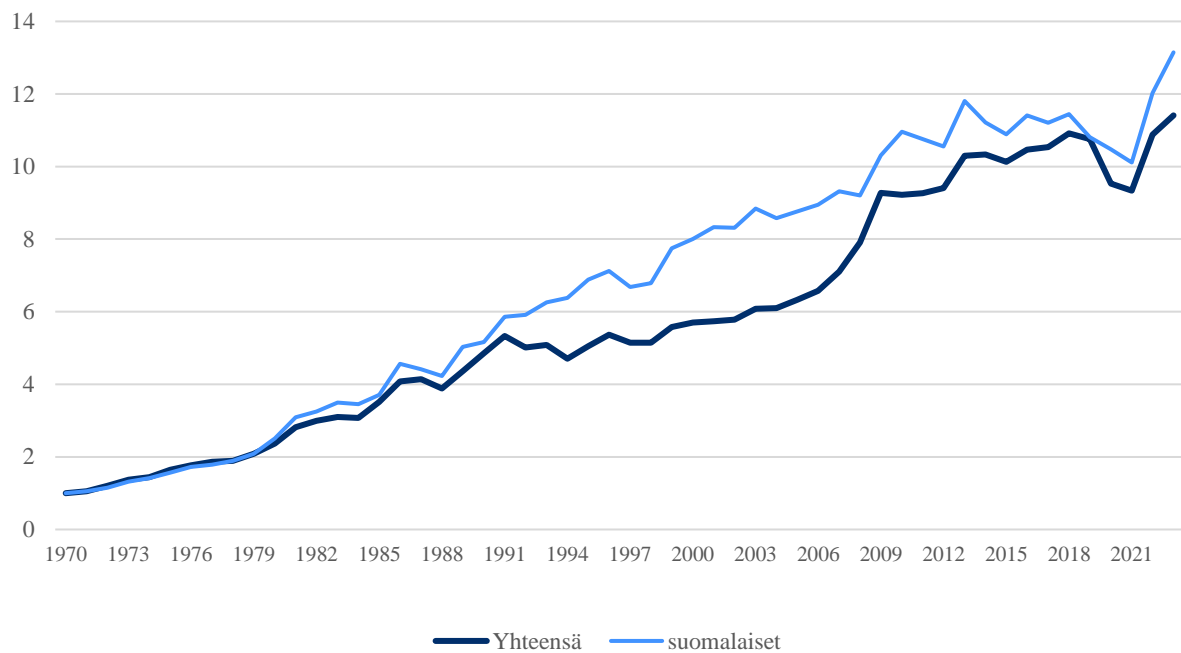
Siinä missä Suomessa vuosittain käyneiden alusten lukumäärä on edelleen lähes samalla tasolla kuin 70- ja 80-luvulla, on ko. alusten nettovetoisuus kasvanut kuljetettujen volyymien mukana. Kuviot 6 ja 7 kuvaavat tätä ilmiötä kahdesta eri näkökulmasta.

Kuvio 6 esittää Suomessa eri vuosina käyneiden alusten nettovetoisuuden 1970–2023. Tästä voidaan havaita, että sekä kaikkien Suomessa käyneiden alusten, että suomalaisten alusten nettovetoisuus on kasvanut tasaisesti lähes koko ajanjakson ajan. Poikkeuksen tähän muodostavat vuodet 2020–2023, jolloin ensin Covid-19-pandemia ja sen jälkeen talouden heikko tilanne ovat vaikuttaneet alusmääriin ja -kokoihin.



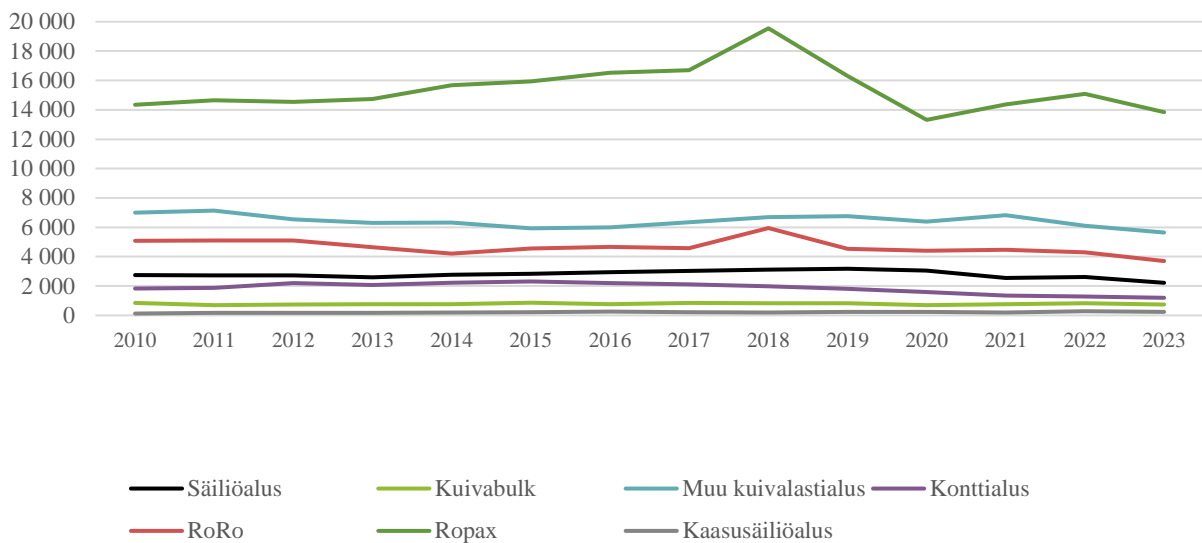
Kuvio 6. Ulkomaanliikenteessä Suomen satamiin saapuneiden alusten nettovetoisuus 1970–2023 (Tilastokeskus, 2024d)

Kuviossa 7 Suomessa käyneiden alusten nettovetoisuus on suhteutettu aluskäyntien lukumäärään. Tällä tavalla tarkasteltuna saadaan selkeämpi kuva aluskoon kasvusta Suomen ulkomaan meriliikenteessä. Kuvion perusteella voidaan todeta, että aluskoko nettovetoisuudella mitattuna on kasvanut tasaisesti aina vuodesta 1970 saakka, ja että keskimääräinen Suomessa 2020-luvulla vieraileva alus on merkittävästi suurempi kuin 1970-luvulla. Aluskustannusten näkökulmasta havainto on tärkeä, sillä merenkulussa mitatakavaedut ja niillä saavutettavat kustannussäästöt ovat merkittävämmässä roolissa kuin missään muussa kuljetusmuodossa.



Kuvio 7. Ulkomaanliikenteessä Suomeen saapuneiden alusten keskimääräisen nettovetoisuuden kehitys (indeksoitu, 1970=1) 1970–2023 (pohjautuen: Tilastokeskus, 2024d)

Kuviossa 8 on esitetty Suomen satamiin saapuneiden alusten määrät aluslajeittain vuodesta 2010 vuoteen 2023. Kuvio sisältää pääosin ulkomailta Suomeen saapuneita aluksia, mutta myös Suomen sisäisessä liikenteessä olleita aluksia. Määrällisesti eniten aluskäyntejä tekevät säännöllisessä linjaliikenteessä olevat ropax-alukset ja matkustaja-autolautat, jotka tilastoidaan aluskäyntitilastossa yhdeksi alustyyppiksi. Nämä alukset tekevät vuodessa noin 15 000 aluskäyntiä. Ropax-alusten käyntimäärässä on selvästi havaittavissa Covid-19-pandemian matkustusrajoituksista johtunut lasku. Vuoden 2023 heikko taloustilanne on nähtävissä kaikkien aluslajien käyntimäärissä.



Kuvio 8. Suomen alusliikenne aluslajeittain 2010–2023 (Traficom, 2024)

Tämän tutkimuksen kohteena on erityisesti Suomen kauppalaivasto, joka muodostaa noin kolmasosan kaikista Suomen ulkomaan meriliikenteen aluskäynneistä. Suomen kauppalaivasto sisältää kokonaisuudessaan hieman alle 700 alusta, joista merkittävä osa on (pienehköjä) matkustaja-aluksia, hinaajia, jäämurtajia, työntöproomuja jne. Tässä tutkimuksessa käsitellyjen alustyyppien aluksia oli Suomen kauppalaivastossa yhteensä 202. Määrä on vaihdellut hieman 200 aluksen molemmin puolin riippuen yksittäisten varustamojen päätöksistä.

Taulukko 1. Suomen kauppalaivasto tämän tutkimuksen kohteena olevien alustyyppien osalta vuoden lopussa 2010–2023 (pituus ≥ 15 m) (Tilastokeskus 2024, Väylävirasto 2020)

Vuosi	Ro-ro-matkustaja-alukset	Ro-ro-lastialukset	Irtolastialukset	Muut kuivalastialukset	Säiliöalukset	Yhteensä
2010	39	39	2	72	15	167
2011	40	41	3	72	15	171
2012	47	44	5	79	15	190
2013	45	44	5	76	12	182
2014	48	42	4	73	12	179
2015	48	46	5	72	10	181
2016	50	47	8	84	10	199
2017	49	45	10	89	10	203
2018	54	44	11	94	10	213

Vuosi	Ro-ro-matkus-taja-alukset	Ro-ro-las-tialukset	Irtolasti-alukset	Muut	Säiliöalukset	Yhteensä
2019	55	42	10	94	10	211
2020	54	44	10	90	10	208
2021	54	42	10	87	9	202
2022	55	42	10	87	9	203
2023	55	40	10	87	10	202

2.4 Polttoaineiden hintakehitys

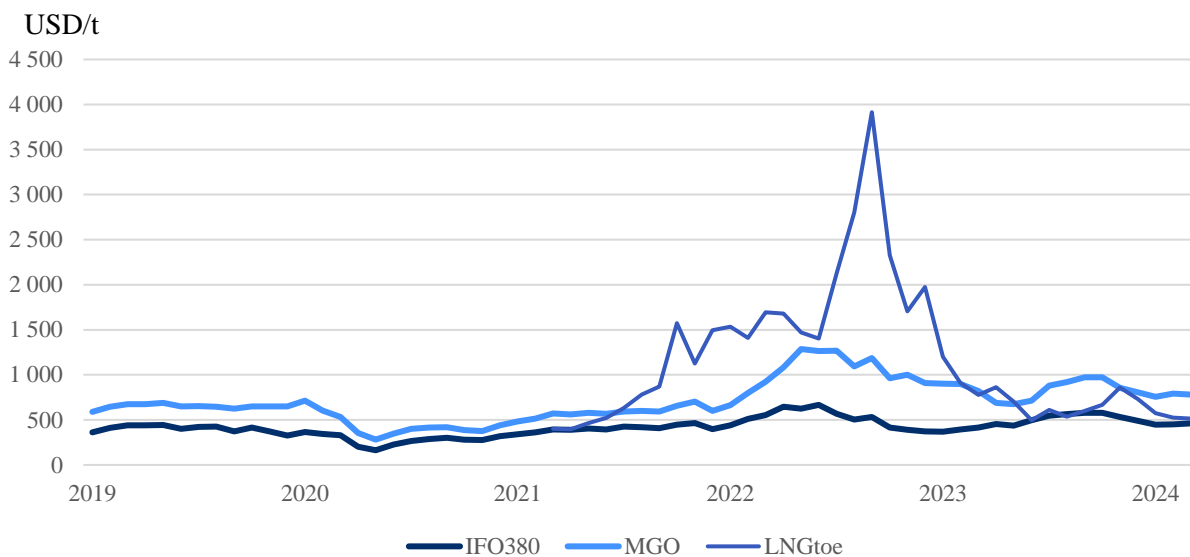
Laivojen polttoaineiden käytössä on viime aikoina tapahtunut merkittäviä muutoksia, ja ne tulevat todennäköisesti jatkumaan myös tulevaisuudessa. Jo toteutuneita muutoksia ovat kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n asettamat rajoitukset laivapolttoaineiden rikkipitoisuudelle, joka on globaalissa meriliikenteessä 0,5 % vuoden 2020 alusta saakka, sekä jo 2015 voimaan tullut 0,1 % rajoitus ns. SECA-alueille, joihin lukeutuvat mm. Itämeri ja Pohjanmeri. Tämän sääntelyn seurauksena merenkulun kysyntä on ohjautunut enenevässä määrin kohti matalarikkisiä polttoaineita kuten kaasuöljyä (Marine Gas Oil) tai meridieselä (Marine Diesel Oil).

Myös laivojen kasvihuonekaasupäästöihin kohdistuu jatkuvasti kiristyvää sääntelyä, jolla pyritään ohjaamaan toimialaa kohti päästövähennyksiä ja lopulta dekarbonisaatiota. Globaalia laivojen kasvihuonepäästöihin kohdistuvaa sääntelyä ovat mm. alusten energiatehokkuuteen vaikuttavat EEDI (Energy Efficiency Design Index) ja EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index). Lisäksi vuoden alusta voimaan on tullut myös IMO:n Carbon Intensity Indicator (CII), jolla pyritään vaikuttamaan merikuljetusten hiili-intensiteettiin, ts. siihen kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä syntyy suhteessa kuljetussuoritteeseen. EU-tasolla merenkulku on vuodesta 2024 osana EU:n päästökauppaneukanismia. Tämän lisäksi EU-merenkululle on asetettu ns. FuelEu Maritime, joka asettaa EU-tasolle asteittain tiukenevan vaatimuksen laivapolttoaineiden hiili-intensiteetin laskulle. Kiristyvän sääntelyn takia merenkulku on vähitellen siirtymässä kohti vähemmän saastuttavia polttoaineita. Tällä hetkellä merkittävin osuus on nesteytettyllä maakaasulla LNG:llä, jonka laskennalliset päästöt ovat nykyisillä laskentatavoilla 25–30-prosenttia alemmat kuin muilla polttoaineilla. (ks. esim. Lindstad et al. 2021). Mikäli LNG:n tuotannossa ja poltossa syntyvät metaanipäästöt huomioidaan, on laskennallinen päästövähennys kuitenkin merkittävästi pienempi, tai etu saatetaan tiettyissä oloissa menettää jopa kokonaan.

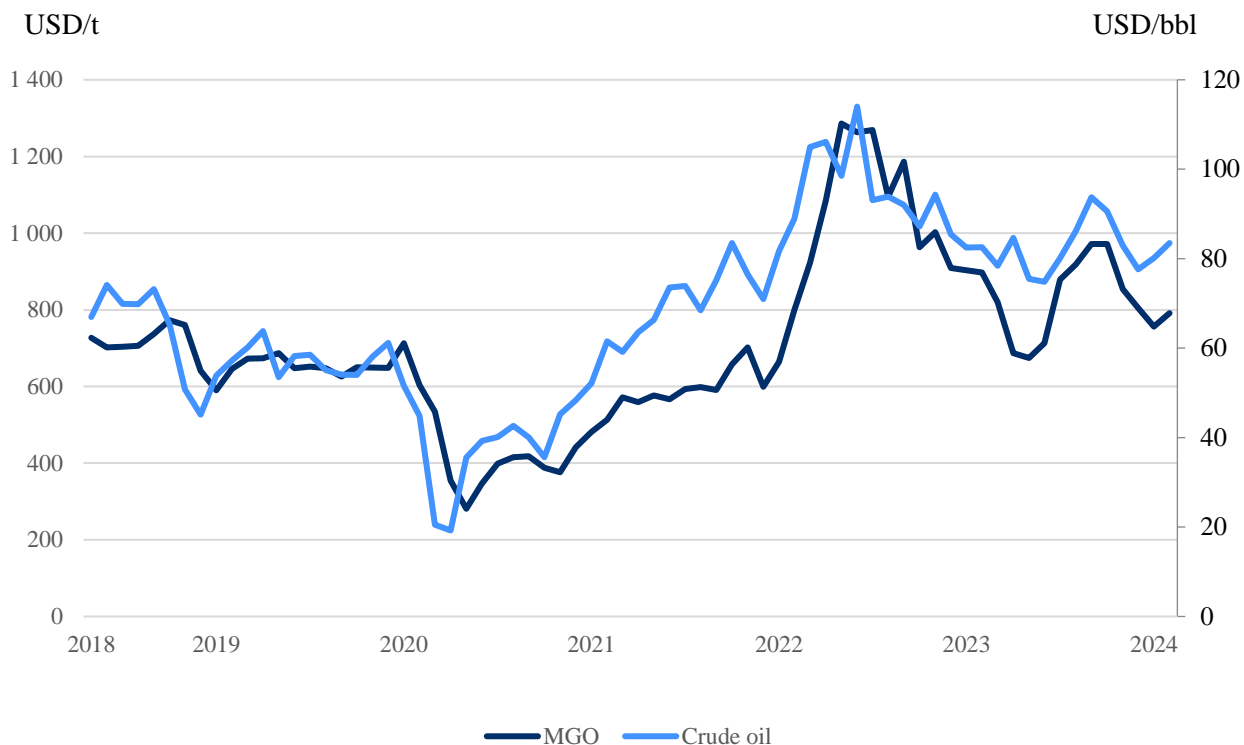
Aikaisempien tutkimusten tapaan tässäkin polttoaineiden hintoina käytetään Rotterdamin sataman hintatietoja. Kuvio 9 esittää laivapolttoaineiden hintatietoja Rotterdamin satamassa vuosina 2019–2024.

Kuviossa hinnat on suhteutettu siten, että LNG:n nestemäisistä polttoaineista poikkeavan energiasisällön vaikutus hintaan per energian yksikkö on huomioitu.

Kuten kuviosta nähdään, matalarikkiset polttoaineet (MGO) ovat säännönmukaisesti olleet kalliimpia kuin perinteiset polttoaineet (IFO380). Molempien hinta on voimakkaasti sidoksissa raakaöljyn hintakehitykseen (Kuvio 10), mutta lisäksi niiden väliseen hintakehitykseen vaikuttaa saatavilla oleva jalostuskapasiteetti, joka on MGO:n tapauksessa laajempi, mutta kilpailee enemmän muiden liikennepolttoaineiden kanssa. Nämä tekijät selittävät matalarikkisten ja tavanomaisten polttoaineiden hintaeron vaihtelua. LNG:n hintakehitykseen puolestaan vaikuttaa sen käyttö energian ja lämmön tuotannossa. Tämä on nähtävissä erityisesti vuoden 2022 hintapiikistä, joka aiheutui Venäjän Ukrainaan kohdistaman hyökkäyksen ja siitä aiheutuneen energiakriisin markkinavaikutuksista.



Kuvio 9. IFO380, MGO ja LNG-polttoaineiden hintakehitys 2019–2024 (Ship & Bunker, 2024). LNG:n hinnassa huomioitu sen poikkeava energiasisältö



Kuvio 10. MGO-polttoaineen (vasen akseli) ja Brent-raakaöljyn (oikea akseli) hintakehitys 2018–2024 (Ship & Bunker 2024, Federal Reserve Bank of St. Louis, 2024)

Tämän tutkimuksen aluskustannuslaskelmissa alusten on oletettu käyttävän polttoaineena MGO:ta sekä matka-ajossa että satamissa. Suomen ja ulkomaiden välisestä meriliikenteestä pääosa tapahtuu SECA-alueen sisällä. Yhteen polttoainelaatuun päädyttiin, koska aluksissa käytetään joko MGO/MDO:ta tai sitten raskaampaa polttoöljyä rikkipesurin kanssa, jolloin laskelmissa olisi pitänyt huomioida pesurin hankinta- ja käyttökustannukset, joita ei ole saatavilla ja jotka eivät ole samanlaiset eri valmistajien laitteilla ja eri aluksilla. Yksinkertaistamisen vuoksi oletetaan, että pesurin kustannukset vastaavat suurin piirtein raskaan polttoöljyn ja kaasuöljyn välistä hintaeroa. Polttoaineiden hintoina käytetään viiden vuoden (2019–2023) keskiarvohintaa, joka MGO-polttoaineella oli 653 € (710 \$) tonni.

Alustyypeistä ropax-alusten ja kaasusäiliöalusten vuosittaisista aluskäynneistä (Taulukko 2) yli 30 % osuus on aluksilla, joilla on tekninen valmius hyödyntää LNG:tä polttoaineena. Näiden alustyyppien osalta polttoainekustannukset on laskettu siten, että polttoaineen hinnan on oletettu muodostuvan em. osuuk-silla painotetulla keskiarvolla LNG:n ja MGO:n kesken. Näiden alusten polttoaineen kulutuksessa on otettu huomioon, että LNG:n energiasisältö per tonni on noin 16 % nestemäisiä polttoaineita (MGO, IFO) korkeampi.

Taulukko 2. Osuus käynneistä aluksilla, joilla tekninen valmius käyttää LNG:tä polttoaineena vuonna 2023 (Clarkson's Research Services Ltd., 2024)

Alustyyppi	% käynneistä, joilla LNG-valmius
Säiliöalus	4,4 %
Kuivabulk	7,0 %
Muu kuivalas- tialus	0,5 %
Konttialus	3,1 %
RoRo	0,0 %
Ropax	34,5 %
Kaasusäiliöalus	35,2 %

3 Laskentaperusteet ja -menetelmät

3.1 Tutkimuksessa huomioidut alustyyppit ja -koot

Tutkimuksessa selvitetään kahdeksan eri alustyyppin yksikkökustannukset. Kustannuksia tarkastellaan syväsluokittain, koska tulosten keskeinen hyödyntämisaalue, vesiväyläinvestointien hankearviointi- ja siihen liittyvä hyöty-kustannusanalyysi perustuvat vesiväylähankkeiden tapauksessa väylän syvyyden ja leveyden mahdollistaman aluskoon kasvun mittakaavaetuihin.

3.1.1 Konttialukset

Konttialukset ovat merikonttien kuljettamiseen suunniteltuja ja erikoistuneita aluksia. Tätä tarkoitusta varten konttialusten lastitilat on varustettu erityisillä konttijohtimilla, joita pitkin kontit lastataan ja puretaan. Tämän lisäksi konttialuksissa on tyypillisesti kontteja myös kansilastina paikalleen sidottuna. Suurimmassa osassa konttialuksia ei ole omaa lastinkäsittelylaitteistoa, vaan kontit lastataan ja puretaan satamien konttinostureilla. Tästä syystä valtaosa konttiliikenteestä on ns. linjaliikennettä konttien käsittelyyn erikoistuneiden konttisatamien välillä.

3.1.2 Irtolasti- eli kuivabulk-alukset

Irtolasti- eli kuivabulk-alukset on suunniteltu kuljettamaan irtonaisena, ts. ilman pakkausta tai kuljetusyksikköä lastiruumaan sijoitettavaa lastia. Keskeisiä kuivia irtolasteja kansainvälisissä merikuljetuksissa ovat mm. kivihiili, malmit ja viljat. Lastinkäsittelyn tehostamiseksi ja kuljetuskapasiteetin optimoimiseksi irtolastialuksissa ei tyypillisesti ole omia lastinkäsittelylaitteita, vaan lastinkäsittely tapahtuu satamien kuljettimilla ja nostureilla. Kuivabulk-alukset ovat tyypillisesti kooltaan suurempia, kuin samantyyppiseen kuljetustarpeeseen soveltuvat pienemmät kuivalastialukset.

3.1.3 Muut kuivalastialukset

Muut kuivalastialukset eli ns. konventionaaliset kuivalastialukset ovat aluksia, joiden lastitila on tyypillisesti jaettu useampaan ruumaan. Pääkannen lisäksi ruumissa on usein yksi tai kaksi välikannta helpottamaan ahtausta ja lisäämään aluksen lastikapasiteettia. Konventionaaliset kuivalastialukset soveltuvat sekä kuivien irtolastien, että kappaletavaran kuljettamiseen. Niiden lastinkäsittely tapahtuu joko aluksen

omilla, tai satamien nostolaitteilla. Ruumassa kuljetettavan lastin lisäksi aluksilla voidaan kuljettaa kansilastia. Konventionaalisisista kuivalastialuksista käytetään niiden lastaus- ja purkutapaan liittyvää nimitystä lo-lo-alukset (lift on -lift off).

3.1.4 Säiliöalukset

Säiliöaluksilla kuljetetaan nestemäisiä irtolasteja. Ne jaetaan kuljetettavan lastin mukaan neljään pääryhmään: raakaöljy-, öljytuote-, kemikaali- ja kaasusäiliöaluksiin. Lastaus toteutetaan maista pumppaamalla, ja purkaus vastaavasti aluksen omilla pumpuilla. Säiliöaluksista raakaöljyä kuljettavat ovat tyypillisesti suurempia, ja öljytuote- ja kemikaalisäiliöalukset pienempiä. Kaasusäiliöaluksilla on useita teknisiä erityispiirteitä, jotka erottavat ne muista säiliöaluksista. Osa kaasusäiliöaluksista on suunniteltu kuljetta-
maan nesteytettyjä kaasuja, esimerkiksi nesteytettyä maakaasua (LNG). Kaasun ominaisuuksiin kuuluvan höyrystymisen seurauksena LNG-alusten polttoainetehokkuus ja -kustannukset poikkeavat jossain määrin muista aluksista. Tässä tutkimuksessa kaasusäiliöaluksia käsitellään omana alustyyppinä.

3.1.5 Ro-ro-lastialukset

Ro-ro alusten (roll on – roll off) lastinkäsittely perustuu ns. ajomenetelmään, ts. siihen, että lastaus ja purku tapahtuvat siirtämällä lasti pyörillä varustetuilla siirtovälineillä (kuorma-autot, perävaunut jne.) alukseen ja aluksesta pois. Tyypillisesti lastaus tapahtuu aluksen perä- ja keularamppien kautta, mutta joissain aluksissa rampit saattavat sijaita myös aluksen kyljessä. Ro-ro-aluksissa on tyypillisesti useita lastikansia, joiden välillä lastin siirto tapahtuu joko hisseillä tai ajoliuskkoilla. Eräs, erityisesti metsäteollisuuden käyttämä ro-ro-alusten sovellus on sto-ro (stowable ro-ro), joissa lastin siirto alukseen ja aluksesta pois toteutetaan pyörillä liikkuvalla lastinkäsittelykalustolla, mutta lasti puretaan ruumassa siten, että lastinkäsittelykalusto ei ole mukana matkan aikana.

3.1.6 Ro-ro-matkustaja-alukset

Ro-ro-matkustaja-alukset (ropax-alus tai matkustaja-autolautta) ovat aluksia, jotka yhdistävät matkustajien ja rahdin kuljettamisen. Ne eroavat ro-ro-lastialuksista siten, että niiden matkustajakapasiteetti on merkittävästi suurempi kuin rahtialusten, joilla suurin sallittu matkustajamäärä on 12 henkilöä.

Ropax-alukset eroavat merkittävästi toisistaan sen perusteella, missä määrin ne on suunniteltu kuljetta-
maan rahtia ja matkustajia. Esimerkiksi Suomen ja ulkomaiden välisessä liikenteessä tähän alustyyppiin kuuluvien alusten eroja korostaa kaksi ropax-alusta, joista toisen matkustajakapasiteetti on 2 800 ja

lastikapasiteetti 1 000 kaistametriä, siinä missä toisen matkustajakapasiteetti on 500 ja lastikapasiteetti 4 200 kaistametriä. Tässä tutkimuksessa ropax-alukset ja matkustaja-autolautat on aluskustannusten laskennassa erotettu kahdeksi eri ryhmäksi.

3.2 Alustiedot

Tutkimuksen analyysissä hyödynnettiin Clarkson's Research Services Ltd. (2024) World Fleet Register - tietokannan alusteknisiä tietoja koko maailman kauppalaivaston osalta. Tutkimuksessa mukana olevien alustyyppien osalta teknisiä tietoja oli saatavilla 61 923 aluksesta. Nämä sisälsivät tiedot myös 1 406 aluksesta, jotka kävivät Suomessa vuonna 2023. Tutkimuksen kaikki analyysit on toteutettu siten, että tutkimusaineistona on käytetty koko käytettävissä olevaa alustietokantaa, ja lisäksi testattu, eroavatko Suomessa vuonna 2023 käyneet alukset tilastollisesti merkittävästi koko aluskannasta. Niiltä osin kuin tilastollisia eroja on tunnistettu, ne on huomioitu tulosten analyysissä ja raportoinnissa.

Taulukko 3. Analyysiin käytettyjen alusten lukumäärät alustyypeittäin

Alustyyppi	Alusten lukumäärä tietokannassa	Suomessa vuonna 2023 käyneet
Konttialukset	6 775	90
Muut kuivalastialukset	17 815	710
Irtolastialukset	16 149	191
Säiliöalukset	17 545	331
Ro-ro-lastialukset	848	32
Ro-ro-matkustaja-alukset	688	11
Kaasusäiliöalukset	2 103	41

3.3 Pääomakustannukset

Alusten pääomakustannusten laskennassa on käytetty samaa menetelmää kuin edellisessäkin selvityksessä, ts. pääomakustannukset on laskettu alusten hankintahintojen, sekä pitoajasta ja jäännösarvosta tehtyjen oletusten pohjalta. Tutkimuksessa on hyödynnetty World Fleet Register -tietokannasta saatuja alusten hankintahintoja. Hinnat on korjattu vastaamaan vuoden 2023 dollariperusteista hintatasoa. Niiltä osin kuin alusten hankintahinnat on ilmoitettu muissa valuutoissa kuin dollareissa, hankintahinnat on korjattu FED:n (2024) tilastoihin perustuvilla historiallisilla valuuttakursseilla. Alusten pitkän elinkaaren takia

myös inflaation vaikutus alusten hankintahintoihin on merkittävä. Alusten eri vuosien hankintahinnat on muunnettu vertailukelpoisiksi globaalien inflaatiotilastojen kautta. Tätä tutkimusta varten on ollut käytössä yhteensä 7 577 aluksen hintatiedot, joiden jakautuminen eri alustyypeille on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Alusten pääomakustannusten arvioinnissa käytetyt hankintahinnat alustyypeittäin

Alustyyppi	Alusten lukumäärä	Hintahaarukka (milj.€)
Konttialukset	2 005	1,8–229
Muut kuivalastialukset	394	3,6–129
Irtolastialukset	2 356	8–149
Säiliöalukset	2 114	3,5–344
Ro-ro-lastialukset	81	20–224
Ro-ro-matkustaja-alukset	22	33–342
Kaasusäiliöalukset	605	13–494

Alusten hankintahinnat on kohdistettu annuiteettimenetelmällä vuositasolle käyttäen korkotasona 5 prosenttia, mikä vastaa menetelmältään tie- ja rautatieliikenteen yksikkökustannusten analyysimenetelmää. Vuosikustannukset on kohdistettu edelleen vuorokautta kohti jakamalla vuorokausien (365) lukumäärällä.

Alusten pitoajaksi on oletettu 20 vuotta. Jäännösarvona on käytetty 10 prosenttia hankintahinnasta diskontattuna nykypäivään.

$\langle \text{pääomakustannukset} \rangle [\text{€}/\text{vrk}] = [\langle \text{hankintahinta} \rangle [\text{€}] - 10 \% [\text{jäännösarvo}] * \{1 / (1 + 5 \%)^{20}\} [\text{diskonttaus- tekijä}]] * \{[5 \% * (1 + 5 \%)^{20}] / [(1 + 5 \%)^{20} - 1]\} [\text{annuiteettitekijä}] / 365 [\text{vrk}].$

3.4 Polttoainekustannukset

Polttoainekustannukset on laskettu arvioimalla alusten polttoaineen kulutus ajossa, kerrottuna laivapolttoaineiden yksikköhinnoin. Polttoaineiden hinnoissa on viime vuosina tapahtunut eri syistä merkittäviä vaihteluita. Tästä syystä polttoaineiden hintoina on käytetty viiden vuoden keskiarvoa Rotterdamin satamasta. Rotterdamin sataman hintatietoja on käytetty siksi, että satama on Euroopan suurin laivapolttoaineiden jakelusatama, ja sen päivittäiset hintatiedot ovat laajasti saatavilla. Alusten polttoaineen kulutus koostuu sen pääkoneiden ja apukoneiden kulutuksesta. Perinteisissä aluksissa pääkoneita on käytetty aluksen propulsioon voimanlähteenä, ja apukoneita aluksen muiden toimintojen ylläpitoon. Tällä hetkellä osassa aluksista hyödynnetään sähkömoottoreita siten, että moottoreilla käytetään tuottamaan sähköä

generaattoreilla, joiden kautta välitetään voimaa sekä aluksen propulsioon, että muiden toimintojen ylläpitoon. Tällaisissa ratkaisuissa jako pääkoneiden ja apukoneiden ja niiden käytön välillä ei ole niin selkeä. Tämän tyyppisten alusten osuus kaikista aluksista on kuitenkin toistaiseksi varsin pieni (ks. esim. Solakivi et al. 2022).

Alusten pää- ja apukoneiden konetevoja arvioitiin lineaarisen regressioanalyysin avulla. Analyysissä selitettävänä muuttujana käytettiin aluksen konetehoa (pääkone tai apukone) ja selittävänä muuttujana aluksen kokoa, jonka mittarina käytettiin tässä tapauksessa aluksen kantavuutta (DWT). Lisäksi yhtälöön sisällytettiin muuttuja erottelemaan Suomessa vuonna 2023 käyneet alukset koko laivastosta, sen selvittämiseksi, eroavatko Suomessa vierailleet alukset muista aluksista. Regressioanalyysi tehtiin useilla eri tavoilla, jonka pohjalta valittiin selityksasteen (R^2) perusteella parhaiten kullekin alustyyppille sopiva malli. Analyysin tulokset alustyypeittäin on esitetty liitteessä 3.

Pääkoneiden polttoaineiden kulutusta on arvioitu seuraavalla kaavalla (ks. esim. Cullinane ja Khanna, 1999), jossa aluksen polttoaineen kulutus riippuu aluksen pääkoneiden maksimikonetehosta (kW), ominaiskulutuksesta (SFOC (Specific Fuel Oil Consumption), g/kWh) ja ns. moottorikuormasta, ts. siitä kuinka suuri osuus maksimikonetehosta on matka-ajasta käytössä. Tyypillisesti kauppa-alusten moottorikuorma ajossa on 70–80 % (Adland et al. 2020). Edellistä Alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimusta varten haastateltiin alan toimijoita, joiden mukaan tyypillinen moottorikuorma suunnittelunopeudessa on 70 %. Johdonmukaisuuden vuoksi tässä tutkimuksessa nojaututaan samaan olettamukseen.

$$\langle \text{kulutus} \rangle_{[t/vrk]} = [\text{SFOC [g/kWh]} * 0,7 * \langle \text{maksimikonetehe} \rangle_{[kW]} + 5 \% [\text{voiteluaineet}]] * 24 [h].$$

Alusten ominaiskulutuksia arvioitiin alustyypeittäin hyödyntämällä Clarkson's World Fleet Register -tietokannan alusteknisiä tietoja. Tieto ominaiskulutuksesta oli saatavilla yhteensä 22 810 aluksesta, joiden perusteella laskettiin keskimääräiset ominaiskulutukset pää- ja apukoneille tutkimuksessa mukana olevien alustyyppien mukaan (Taulukko 5).

Taulukko 5. Alusten pää- ja apukoneiden ominaiskulutus (SFOC) (g/kWh)

Alustyyppi	Alusten lukumäärä	Pääkoneiden ominaiskulutus (g/kWh)	Apukoneiden ominaiskulutus (g/kWh)
Konttialukset	3 570	171,5	252,3
Muut kuivalastialukset	1 925	179,5	187
Irtolastialukset	10 291	173,2	209,3
Säiliöalukset	6 093	174,2	211,3
Ro-ro-lastialukset	161	177	186,8
Ro-ro-matkustaja-alukset	15	190	200,2

Alustyyppi	Alusten lukumäärä	Pääkoneiden ominaiskulutus (g/kWh)	Apukoneiden ominaiskulutus (g/kWh)
Kaasusäiliöalukset	755	176,5	198,5

Satamavuorokausien polttoaineen kulutusta arvioitiin apukoneiden konetehon ja ominaiskulutuksen perusteella, olettaen 50 % moottorikuorma. Osalle aluksista on jo tällä hetkellä mahdollista käyttää sata-massaoloaikana apukoneiden sijaan maasähköä. Tämä mahdollisuus tulee lähivuosina laajenemaan AFIR-direktiivin edellyttäessä linjaliikenteen aluksille maasähkön käyttömahdollisuutta. Maasähkön käytön kustannuksia voidaan arvioida Väyläviraston (2024) Tie- ja ratahankeiden hankearviointiin antaman ohjeistuksen mukaisesti käyttämällä sähköenergian osalta pörssisähkön keskimääräistä hintaa vuosina 2019–2023 (71,182 €/MWh) (Nordpool n.d). Sähkön hinnan lisäksi hankearvioinneissa tulee huomioida myös alueelliselle verkkoyhtiölle maksettavan siirtomaksun vaikutus.

Eräs keskeinen alusten polttoaineen kulutukseen vaikuttava suure on aluksen nopeus. Aluksen nopeuden kasvaessa myös polttoaineen kulutus kasvaa, ja päinvastoin. Tämän lisäksi vastus, ja sen voittamiseksi tarvittava energia kasvaa nopeuden mukana, minkä seurauksena aluksen polttoaineen kulutus suhteessa nopeuteen ei ole vakio, vaan epälineaarinen. Tästä syystä aluksen nopeuden alentaminen (tai nostaminen) johtaa suhteessa suurempaan laskuun tai nousuun polttoaineen kulutuksessa. Tähän ilmiöön perustuu ns. slow steaming. Tyypillisesti alusten polttoaineen kulutuksen ja nopeuden välistä suhdetta on mallinnettu seuraavalla yhtälöllä (ks. esim. Adland et al. 2020), jossa FC_{as} viittaa aluksen polttoaineen kulutukseen todellisella nopeudella, FC_{ds} aluksen polttoaineen kulutukseen suunnittelunopeudella, as aluksen todelliseen nopeuteen ja ds aluksen suunnittelunopeuteen. α on parametri, joka vaihtelee esim. moottorityypeittäin. Laajempiin tilastoaineistoihin perustuvissa empiirisissä tutkimuksissa sen on havaittu olevan lastialuksilla ja dieselmoottoreilla noin 3.

$$FC_{as} = FC_{ds} \left(\frac{as}{ds} \right)^\alpha$$

Tässä tutkimuksessa alusten todellisia nopeuksia ja niiden suhdetta alusten suunnittelunopeuteen selvitettiin AIS-datan perusteella. Alusten polttoainekustannuksia (ks. esim. liite 2) on tässä tutkimuksessa arvioitu aluksen todellinen kulkunopeus huomioiden. Alusten todelliset keskinopeudet vuonna 2023 ja niiden suunnittelunopeudet alustyypeittäin on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Alusten keskinopeus (mpk/h) vuonna 2023 ja alusten suunnittelunopeus alustyypeittäin (Clarson's Research Services Ltd. 2024)

Alustyyppi	Koko maailman aluskanta			Suomessa vuonna 2023 vierailleet		
	Suunnittelunopeus	Todellinen nopeus	% suunnittelunopeudesta	Suunnittelunopeus	Todellinen nopeus	% suunnittelunopeudesta
Konttialukset	20,9	13,9	66,7 %	18,8	13,8	73,4 %
Muut kuivalastialukset	11,5	10,2	88,5 %	13,1	10,0	76,3 %
Irtolastialukset	14,1	11,1	79,4 %	13,9	11,3	81,4 %
Säiliöalukset	13,2	11,0	83,0 %	14,3	11,4	79,8 %
Ro-ro-lastialukset	16,9	13,8	81,6 %	18,8	14,8	78,7 %
Ro-ro-matkustaja-alukset	14,9	12,3	82,2 %	22,4	15,5	69,4 %

Alusten nopeuksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin huomioida, että niihin liittyy useita epätarkkuuksia. Alustyyppistä, reitistä ja markkinatilanteesta riippuen alusten nopeudet voivat vaihdella merkittävästi vuoden aikana, mikä tekee vuoden keskinopeudesta osin harhaisen mittarin. Esimerkiksi, Turun ja Tukholman välinen matkustaja-autolauttaliikenne kulkee suuren osan matkasta nopeusrajoitetuissa Turun ja Tukholman saaristoissa, mikä tarkoittaa, että todellisuudessa alusten nopeudet ovat suuren osan matkaa merkittävästi keskiarvon ylä- tai alapuolella. Riippuen alusten teknisistä ominaisuuksista (esim. moottorien määrä), niiden polttoaineen kulutus saattaa siten merkittävästi poiketa arvioidusta. Laivamoottorit on tyypillisesti optimoitu tietylle nopeudelle/ moottorikuormalle, ja siitä poikkeaminen vaikuttaa voimakkaasti polttoaineen kulutukseen. Ne alukset, jotka pystyvät säätämään nopeuttaan moottorikuorman sijaan toiminnassa olevien moottorien lukumäärää kasvattamalla/ vähentämällä pystyvät operoimaan moottoreita optimaalisesti, mikä tarkoittaa nopeuden muutoksen polttoaineen kulutukseen olevan pienempi kuin yhdellä moottorilla operoivilla aluksilla. Aluksen operoinnin lisäksi polttoaineen kulutukseen vaikuttaa myös monia muita tekijöitä, kuten sääolosuhteet (tuulen nopeus ja suunta, aallokon korkeus, jää), laivan rungon muoto, potkurin kunto ja tyyppi jne. Yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa keskimääräinen alus näiden muuttujien yksityiskohtaisen tarkastelun sijaan voidaan nähdä olevan riittävä.

3.5 Miehituskustannukset

Miehituskustannusten laskemisen lähtökohtana ovat suomalaiset ulkomaan- liikenteessä liikennöivät alukset. Laskelmat kustannustasosta perustuvat ammattiryhmäkohtaisista keskipalkoista luontoisetuineen, sekä eri alustyyppien ja -kokoluokkien miehitystodistusten perusteella arvioituista miehistön koko- ja rakennetiedoista. Näiden tietojen pohjalta on laskettu kunkin alustyyppin ja syväsluokan miehituskustannukset kuukaudessa. Lopuksi kuukausikustannus on jaettu päiväkohtaiseksi kustannukseksi jakamalla

kuukausikustannus kalenteripäivillä (30). Laskelmia varten tarvittiin tiedot keskikuukausipalkoista luontoisetuineen ammattiryhmittäin sekä miehitystodistuksia eri alustyypeistä ja syväysluokista. Palkka- ja miehitystietoja käyttämällä on laskettu kunkin alustyyppin ja syväysluokan miehityskustannukset kuukaudessa.

Merimieseläkekassalta saatiin keskikuukausipalkat luontoisetuineen vuonna 2022 kaikkien varustamojen osalta ja eri ammattikoodien mukaan. Keskikuukausipalkat luontoisetuineen kuvaavat kokonaispalkkoja, joiden mukaan työnantajat ovat maksaneet MEL-eläkevakuutusmaksun. Palkkasummat sisältävät veron, eläkemaksut, työttömyysvakuutusmaksut sekä MEPA-maksut.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomilta saatiin 223 miehitystodistusta eri tyyppi- ja kokoluokkien aluksista. Tämän tutkimuksen miehityskustannusten laskelmat perustuvat 108 eri aluksen miehistömääriin. Alusten miehistömääränä laskelmissa on käytetty alukselle ulkomaanliikenteessä asetettua vähimmäisvaatimusta.

Suomalaisilla aluksilla käytettävä laivahenkilöstön vuorottelujärjestelmä on huomioitu laskelmissa käyttämällä lastialuksilla kerrointa 2,10 ja ro-ro-matkustaja-aluksilla kerrointa 2,15. Kertoimet kattavat sairauslomapäivät, osittain vuosiloman sekä koulutuspäivät.

Konttialusten miehityskustannusten arvioinnissa haasteeksi muodostuu se, että Suomen rekisterissä ei ole riittävää määrää konttialuksia tilastollisen analyysin tekemiseksi. Tästä syystä tutkimuksessa on noudatettu jo aiemmista Alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimuksissa sovellettua ratkaisua, jonka mukaan konttialusten miehityskustannukset arvioidaan muiden kuivalastialusten miehityskustannusten perusteella.

Edellisessä alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimuksessa miehityskustannusten laskentatapaa muutettiin siten, että ne arvioitiin bruttokustannuksina nettokustannusten sijaan. Tässä tutkimuksessa käytetään johdonmukaisuuden vuoksi samaa laskentatapaa kuin edellisessä tutkimuksessa, ts. että yksikkökustannukset arvioidaan bruttokustannuksina nettokustannusten sijaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kustannuksista ei ole vähennetty ns. miehistötukea eli ennakonpidätyksiä ja sosiaaliturvamaksuja, jotka Suomessa käytössä olevan palautusmenettelyn mukaisesti valtio palauttaa varustamoille. Palkkakustannukset on kohdistettu aluksille Traficomilta saatujen miehitystodistusten perusteella. Toteutuneiden miehityskustannusten perusteella on regressioanalyysin avulla arvioitu miehityskustannusten kehitystä alustyyppien sisällä eri kokoluokissa.

Koska tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kaikkien eri lippujen alla purjehtivien Suomeen liikennöivien alusten keskimääräiset miehityskustannukset alustyypeittäin ja kokoluokittain, on miehityskustannusten suuruus määritetty painottamalla suomalaisen aluksen miehityskustannuksia arvioilla tärkeimpien lippumaitten kustannustasosta alustyypeittäin.

Ulkomaisten lippujen kustannustasoarviot perustuvat Drewryn (2024) esittämiin arvioihin eri alustyyppien, kokoluokkien ja miehitysjärjestelmien miehityskustannuksista. Suomen ja ulkomaiden välisen meriliikenteen miehityskustannuksia on arvioitu laskemalla aluskäyntien lukumäärään perustuva painotettu keskiarvo Suomen rekisterissä olevien alusten ja ulkomaisten alusten osalta.

Edellä mainittujen tietojen avulla miehityskustannukset lasketaan kaavalla

$$\langle \text{miehityskustannukset} \rangle [\text{€}/\text{vrk}] = \sum_i \langle \text{miehistömäärä ammattiryhmittäin} \rangle * \langle \text{keskimääräinen bruttopalkka lipun } i \text{ alla olevilla aluksilla ammattiryhmittäin} \rangle [\text{€}/\text{vrk}] * \langle \text{miehitysjärjestelmäkerroin (Suomella 2,10 tai 2,15)} \rangle$$

Tässä tutkimuksessa esitetään miehityskustannukset vuoden 2022 kustannustasossa. Valtakunnallisessa liikenne-ennusteessa (Traficom 2024a) käytetyn talousennusteen mukaan reaalisen tulotason keskimääräinen vuosimuutos 2022–2060 on 1,4 prosenttia, mistä syystä myös tulevissa hankearvioinneissa myös miehityskustannusten tulisi arvioida nousevan 1,4 % vuodessa.

3.6 Muut aluskustannukset

Muut aluskustannukset sisältävät korjaus- ja kunnossapitokustannukset, vakuutuskustannukset sekä yleiskustannukset. Korjaus- ja kunnossapitokustannusten suuruutena on edellisen tutkimuksen tapaan käytetty asiantuntija-arvioon perustuvaa 4 prosenttia aluksen hankintahinnasta vuodessa. Korjaus- ja kunnossapitokustannukset lasketaan siis kaavalla

$$\langle \text{korjaus- ja kunnossapitokustannukset} \rangle [\text{€}/\text{vrk}] = \langle \text{hankintahinta} \rangle [\text{€}] * 4 \% / 365 [\text{vrk}]$$

Kuten aikaisemmissa aluskustannuslaskelmissa on myös tällä kerralla käytetty vakuutuskustannusten laskennallisena suuruutena 1,25 prosenttia aluksen hankintahinnasta vuodessa. Lukuun sisältyvät pelkästään alukseen kohdistuvat vakuutukset (mm. kasko ja laivanomistajan vastuuvakuutus P&I). Vakuutuksia ei ole ongelmattomasti verrattavissa aluksen hankintahintaan, koska todellisuudessa esimerkiksi vastuuvakuutus vaihtelee suuresti eri syiden vuoksi alus- ja lastityypin mukaan. Vakuutusmaksut vaihtelevat eri varustamojen kesken ja lisäksi esimerkiksi mahdolliset tapahtuneet vahingot vaikuttavat hintoihin merkittävästi. Vakuutuskustannukset lasketaan kaavalla

$$\langle \text{vakuutuskustannukset} \rangle [\text{€}/\text{vrk}] = \langle \text{hankintahinta} \rangle [\text{€}] * 1,25 \% / 365 [\text{vrk}]$$

Yleiskustannukset on laskettu vakiintuneen tavan mukaan siten, että ne kattavat 8 prosenttia pääoma-, vakuutus-, miehitys-, kunnossapito- ja korjauskustannusten summasta

<yleiskustannukset>[€/vrk] = Σ [pääoma-, vakuutus-, miehitys-, korjaus- ja kunnossapitokustannukset]
[€/vrk] * 8 %

3.7 Alusliikenteen päästöjen yksikkökustannukset

Vesiliikenteen päästöt koostuvat pääosin pakokaasupäästöistä, joilla voidaan arvioida olevan sekä terveysvaikutuksia, että ympäristövaikutuksia. Näistä yhteiskunnalle koituvaa haittaa on eri tutkimuksissa pyritty arvioimaan ja mittaamaan rahamääräisenä. Em. tutkimukset ovat kuitenkin päätyneet eri päästöjen aiheuttamien kustannusten osalta varsin eri suuruisiin arvioihin. Nämä ns. ulkoisvaikutukset eivät kailta osin ole suoraan alusliikennettä harjoittavien yritysten kustannuksia. Samanaikaisesti niistä yhteiskunnalle koituvat kustannukset ovat tyypillisesti epäsuoria, jolloin linkki kustannuksen aiheuttajan ja haitan kärsijän välillä on vaikeampaa osoittaa. Päästökustannuksia ei ole tähän saakka sisällytetty Alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimuksen laskelmiin, eivätkä ne tässäkään tutkimuksessa ole mukana vuorokausikohtaisissa ajovuorokausien ja satamavuorokausien kustannuksissa. Ne otetaan kuitenkin huomioon hankearviointien yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa, jonka vuoksi taulukossa 7 on esitetty vesiliikenteen päästökomenttien yksikkökustannukset eräiden keskeisimpien päästöjen osalta (paitsi hiilidioksidi CO₂, joka käsitellään eri tavalla ja josta enemmän jäljempänä). Nämä luvut perustuvat vuoden 2018 Alusliikenteen yksikkökustannukset -raportissa esitettyihin, alun perin Gynther et al. (2012) vuonna 2012 julkaistussa Liikenteen päästökustannukset -raportissa julkaistuihin yksikköarvoihin. Tätä tutkimusta varten vuoden 2018 arvoja on korotettu 1,4 % vuodessa vastaamaan reaalisen tulo-/ arvoastustason muutoksen vaikutuksia.

Taulukko 7. Vesiliikenteen päästöjen yksikkökustannukset, euroa/tonni

Päästöt	Yksikkökustannukset, euroa/tonni
Hiukkaset ¹ : väylä	3 547 €
satama	7 426 €
SO ₂ ja sulfaatit	406 €
NO _x ja nitraatit	331 €
HC (ml. CH ₄) ²	35 €
CH ₄ ²	913 €
N ₂ O	13 490 €
¹ Kustannuksissa mukana vain kauppamerenkulku ² Metaanin (CH ₄) kokonaishaitta on 948 € / tonni, joka muodostuu ilmastonmuutoksen ja otsonin vaikutuksista	

Erityistä mielenkiintoa kohdistuu kasvihuonekaasupäästöihin, niistä tärkeimpänä CO₂. Vuoden 2024 alusta merenkulku liitetään asteittain mukaan Euroopan Unionin päästökauppamekanismi EU ETS:ään, mikä tarkoittaa, että kauppamerenkulun päästöille määritellään päästökauppamekanismin perusteella hinta. Näin ollen kasvihuonekaasupäästöt tulevat jatkossa nostamaan alusliikenteen kustannuksia. Vesiväylähankkeiden hankearvioinneissa investointien aiheuttaman hiilidioksidipäästövaikutuksen rahamääräinen arvo alusliikenteen toimijoille arvioidaan liitteen 1 mukaisten EU:n ennustamien päästöoikeushintojen pohjalta.

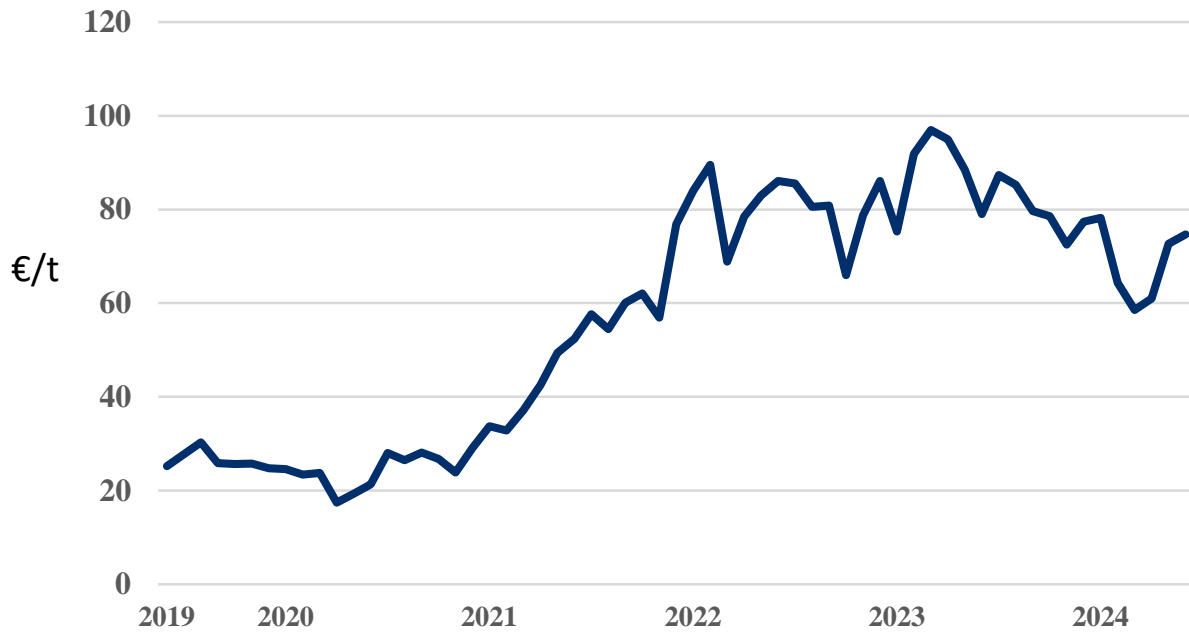
Päästökustannuksia tulee kuitenkin tarkastella myös niiden yhteiskunnalle aiheuttamien negatiivisten ulkoisvaikutusten kautta. Päästökaupan hintataso ei välttämättä kata hiilidioksidipäästöjen kaikkia kustannuksia yhteiskunnalle. Koska päästökustannus on siten vain osittain ns. sisäistetty kustannus, määritetään hiilidioksidin yksikköarvo Euroopan Investointipankin vuoteen 2050 (v. 2016 hintataso) asti määrittelemän hiilidioksidin varjohinnan mukaiseksi (Euroopan komissio, 2021). Hiilidioksidin varjohinta kuvaa Pariisin ilmastopimuksen päästövähennystavoitteiden vaatimien vähennystoimien aiheuttamia kustannuksia. Tätä yksikköarvoa ei koroteta edellä mainitulla 1,4 %:n korotuskertoimella.

Taulukossa 8 esitettävät yksikköarvot (EU:n varjohinnat) on muutettu vuoden 2022 hintatasoon kuluttajahintaindeksin (SVT 2024a) mukaisesti. Vuodesta 2050 eteenpäin hiilidioksiditonin arvo suurenee 1,5 prosenttia vuodessa Iso-Britannian arviointiohjeistuksessa (GOV.UK 2021) perustellun päättelyn mukaisesti. Taulukossa 8 esitettäviä hiilidioksidipäästöjen yksikkökustannusta käytetään sekä rakentamisen että liikenteen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen arvottamiseen.

Taulukko 8. Hiilidioksidipäästöjen kustannus (euroa/tonni) vuoden 2022 hintatasossa vuosina 2022, 2030, 2040, 2050 ja 2060.

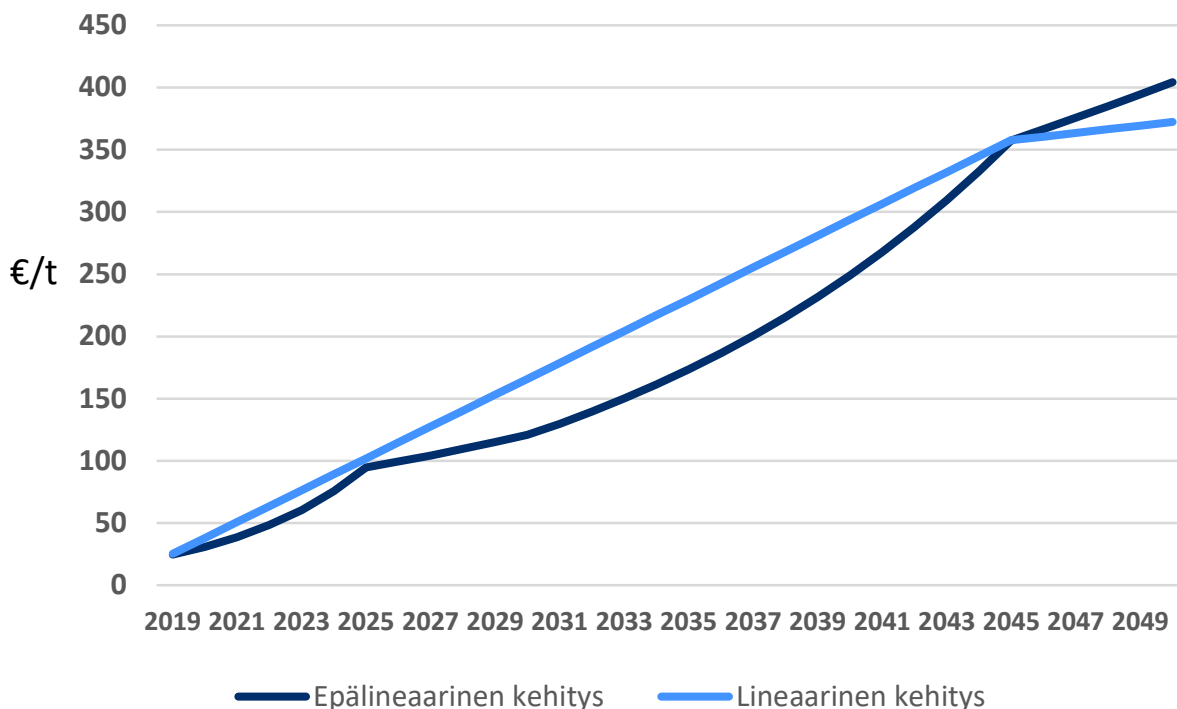
	2022	2030	2040	2050	2060
CO ₂ -päästö, euroa/tonni	128	280	590	900	1 050
Arvon muutos ajassa	19 eur/tonni/v	31 eur/tonni/v		15 eur/tonni/v	

Päästöoikeuden hinta on vaihdellut voimakkaasti viime vuosina (Kuvio 11). Hyötykustannuslaskelmissa varustamojen päästöoikeuksista maksamaa hintaa ei käsitellä positiivisena eränä julkiselle taloudelle, vaan sen katsotaan kattavan osan päästökustannuksesta.



Kuvio 11. Päästöoikeuden hintakehitys (€/tCO₂) Euroopan Unionin päästökauppaneکانismi EU ETS:ssä (EMBER, 2024)

On arvioitu, että Euroopan Unionin ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi päästöoikeuksien määrää joudutaan vähentämään, mikä tulee johtamaan päästöoikeuksien hintojen voimakkaaseen nousuun tulevaisuudessa. Kuvio 12 esittää, miten Euroopan komissio (2023) arvioi päästöoikeuksien hintojen nousevan tulevaisuudessa. Vaikka päästöoikeuksien määrä ja siten hintataso ovat poliittisia päätöksiä, voidaan niitä kuitenkin pitää EU:n arviona päästöjen yhteiskunnalle aiheuttamasta kustannustasosta. Näin ollen voidaan arvioida, että myös merenkulun aiheuttamien päästöjen yhteiskuntataloudellinen kustannus nousee voimakkaasti tulevaisuudessa. Kuvion 12 luvut vuosittain on esitetty liitteessä 1.



Kuvio 12. Ennuste päästöoikeuden hintakehityksestä (EUR/t) EU:n päästökauppaneuvanismi ETS:ssä (Euroopan komissio, 2023)

3.8 Analyysimenetelmät

Aluskustannuksiin liittyvät tilastolliset analyysit on toteutettu lineaarisen regression avulla. Polttoainekustannusten analyysiä varten analyysissä käytettiin selitettävänä muuttujana aluksen konetehoa (pääkone tai apukone) ja pääomakustannusten analyysiä varten aluksen hankintahintaa. Selittävänä muuttujana on käytetty aluksen kokoa, jonka mittarina käytettiin tässä tapauksessa aluksen kantavuutta (DWT). Lisäksi yhtälöön sisällytettiin muuttuja erottelemaan Suomessa vuonna 2023 käyneet alukset koko laivastosta, sen selvittämiseksi, eroavatko Suomessa vierailleet alukset muista aluksista.

Koska tämän tutkimuksen hyödynnettävyyden kannalta olennainen muuttuja on aluksen syväys, suoritettiin lisäksi analyysi aluksen kantavuuden ja syväyksen välillä alustyypeittäin.

Suurin osa analysoiduista riippuvuussuhteista oli luonteeltaan epälineaarisia, mikä tarkoittaa sitä, että mallin sopivuuden parantamiseksi aineistoon piti tehdä muunnoksia. Regressioanalyysi suoritettiin usein eri tavoin muunnellulla aineistolla, joiden pohjalta valittiin selitysasteen (R^2) perusteella parhaiten kullekin alustyyppille sopivat mallit. Analyysin tulokset alustyypeittäin on esitetty Liitteissä 3–5.

Edellisessä tutkimuksessa nostettiin esiin tutkimusaineiston keskittyminen tiettyihin kokoluokkiin, jonka on arvioitu aiheuttavan tilanteen, jossa tilastollisten mallien selitysaste on voinut nousta korkeaksi, mutta tästä huolimatta mallin ennustavuus suhteessa alkuperäiseen aineistoon on voinut jäädä hiekoksi. Tästä syystä tässä tutkimuksessa analysoitavan aineiston kokoa on kasvatettu. Tutkimuksen analyysissä hyödynnettiin Clarkson's World Fleet Register -tietokannan alusteknisiä tietoja koko maailman kauppalaivausosalta. Tutkimuksessa mukana olevien alustyyppien osalta teknisiä tietoja oli saatavilla 61 923 aluksesta. Nämä sisälsivät tiedot myös 1 406 aluksesta, jotka kävivät Suomessa vuonna 2023.

3.9 Verojen käsittely

Liikenneviraston vuonna 2020 julkaiseman liikenneväylien hankearvioinnin yleisohjeen mukaan ylijäämien muutokset kuvataan verollisin hinnoin. Hankearvioinneissa käsitellään eri kustannuseriä ilman arvonlisäveroa, mutta vähennyskelvottomat verot otetaan huomioon. Myös kansainvälisesti yleinen käytäntö on arvioida ylijäämien arvoa verollisin hinnoin ja esittää sitten verotulojen muutokset erimerkkisenä julkisen sektorin kohdalla.

Kansainvälisen vesiliikenteen polttoaineet ovat yleisesti valmiste- ja arvonlisäverottomia ja myös kotimaan kaupallisessa vesiliikenteessä käytetyt polttoaineet ovat verottomia ja huoltovarmuusmaksuttomia. Veroluonteista väylämaksua ei ole sisällytetty laskelmiin kuten ei myöskään luotsaus- ja satamamaksuja. Mahdollisia telakka- tai muita yritystukia ei oteta alusten hankintahinnoissa huomioon.

Miehityskustannukset sisältävät kaikki palkkoihin liittyvät verot ja muut lakisääteiset maksut suomalaisen merenkulkijoiden työehtosopimusten mukaisesti. Miehityskustannuslaskelmissa muiden lippumaiden kustannustasot perustuvat kansainvälisiin vertailuaineistoihin, jotka sisältävät myös palkkaan kuuluvat verot, sosiaaliturvamaksut jne. Lähdeaineistot eivät kuitenkaan ole niin yksityiskohtaisia, että esimerkiksi tiettyyn lippuun tai kansallisuuteen liittyviä maksuja olisi täysin läpinäkyvästi mahdollista selvittää. Tästä syystä luvut ovat keskimääräisiä, ja todennäköisesti vaihtelevat em. tekijöiden seurauksena.

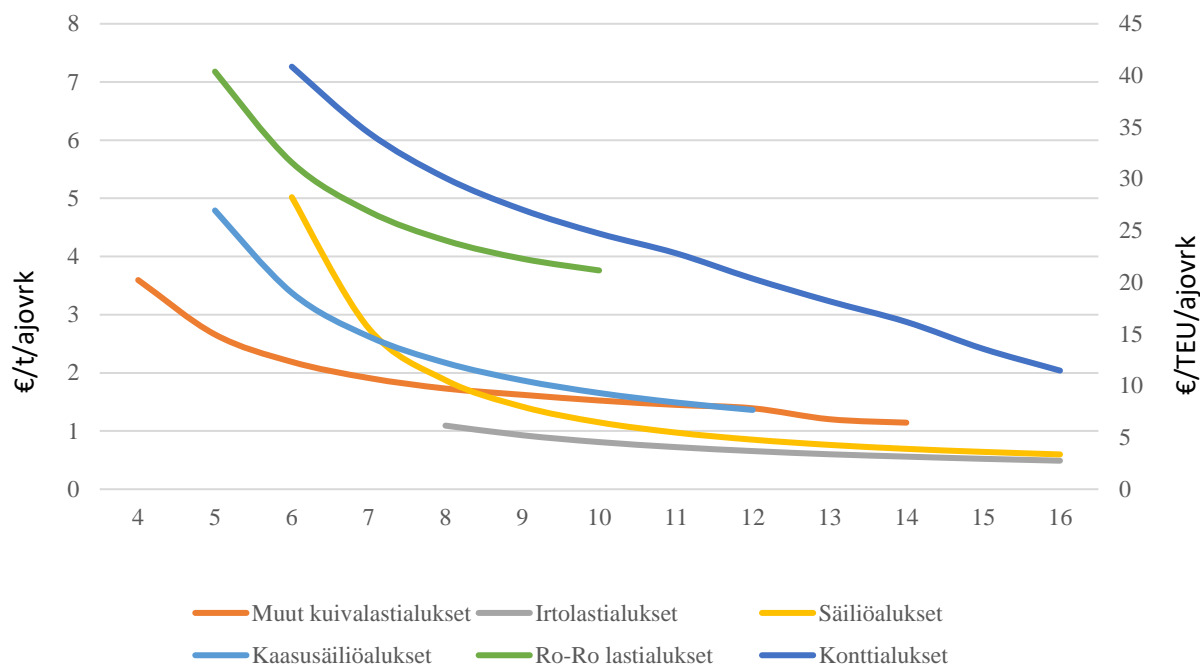
4 Alusliikenteen yksikkökustannukset

Tässä luvussa esitetään edellisissä luvuissa kuvattujen menetelmien perusteella lasketut aluskustannukset alustyypeittäin ja syväysluokittain. Tarkemmat eri alustyyppijä koskevat tulokset esitellään liitteessä 1. Tässä tutkimuksessa aluskustannukset on laskettu kaikille niille kuudella alustyyppille, jotka olivat mukana myös Alusliikenteen yksikkökustannukset 2018-raportissa. Niiden lisäksi tähän tutkimukseen on sisällytetty kaksi uutta alustyyppiä. Kasvaneen merkityksen ja alusten erityispiirteiden takia kaasusäiliöalukset on tässä tutkimuksessa otettu mukaan omana alustyyppinään. Tämän lisäksi matkustaja-autolautat on erotettu ro-ro-matkustaja-aluksista omaksi alustyyppikseen. Nämä kaksi alustyyppiä eroavat toisistaan siten, että matkustaja-autolautoilla matkustajien osuus aluksen kaupallisesta toiminnasta on suurempi, ja vastaavasti ro-ro-matkustaja-aluksilla pienempi. Tästä syystä matkustaja-autolautoilla on tyypillisesti merkittävästi enemmän matkustajille tarkoitettuja tiloja ja palveluita, ja ne ovat täten huomattavasti kalliimpia rakentaa kuin pääasiassa rahdin kuljettamiseen tarkoitettut alukset.

Kuten edellisissä luvuissa on kuvattu, tässä esitellyt kustannukset perustuvat alusten teknisten ominaisuuksien, kuten syväyksen, lastinkantokyvyn tai konetehon tilastolliseen analyysiin, sekä niistä tehtyihin, alan tutkimuskirjallisuuteen perustuviin oletuksiin. Tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä on kyetty tunnistamaan eri muuttujien välisiä yhteyksiä tilastollisilla todennäköisyyksillä. Osa tutkimuksessa käsitellyistä alustyypeistä on varsin geneerisiä, mikä tarkoittaa sitä, että niiden osalta tulokset ovat todennäköisemmin lähellä yksittäisen aluksen ominaisuuksia. Osassa alustyyppijä yksittäiset alukset on suunniteltu yksilöllisemmin, mikä tarkoittaa, että alusten välillä on suurempia eroja, ja tulokset täten kauempana yksittäisen aluksen ominaisuuksista. Tästä huolimatta tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä ja pääosin varsin korkeilla tilastollisilla selityksasteilla, mikä tarkoittaa sitä, että ne kuvaavat hyvin keskimääräistä alusta kyseisessä alustyyppissä ja kokoluokassa.

Alustyyppikohtaisten tulosten esittämisessä on tällä kertaa lisäksi huomioitu nopeuden vaikutus aluskustannuksiin. Tästä syystä kuvioihin 14–19 on sisällytetty kaksi kustannuksia kuvaavaa käyrää. Toinen kuvaa aluksen kustannuksia suunnittelunopeudella ja siihen perustuvilla oletuksilla. Toinen kuvaa aluksen kustannuksia sen tilastolliseen analyysiin perustuvalla todellisella keskinopeudella, perustuen oletukseen aluksen nopeuden ja polttoaineen kulutuksen välisestä ns. kuutiolakiin perustuvasta suhteesta. Ropax-alusten ja matkustaja-autolauttojen osalta kustannuksia ei ole esitetty suhteessa lastinkantokykyyn, koska näillä aluksilla matkustajien ja rahdin osuus aluksen kapasiteetista vaihtelee merkittävästi yksittäisten alusten välillä, eikä kustannus per tonni ole tällöin mielekäs tarkastelutapa.

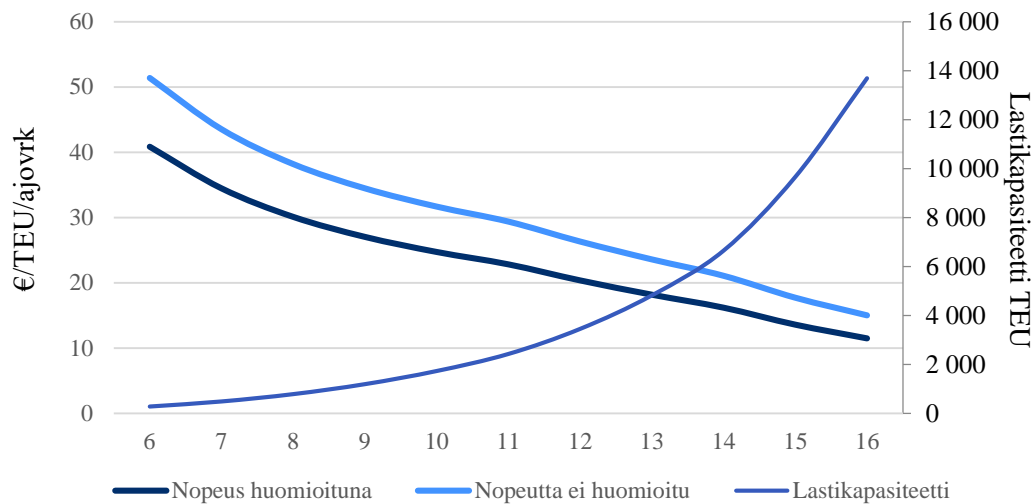
Kuviossa 13 on esitetty koottuna kuvaajat aluskustannuksista kuljetettua lastitonnia tai konttialusten osalta yhtä TEU-yksikköä kohti vuorokaudessa eri alustyypeittäin syväysluokkien mukaan. Ro-ro-matkustaja-alukset ja matkustaja-autolautat eivät ole tässä mukana, koska niiden kuljettamaa lastimäärää ei ole realistista laskea samalla tavalla kuin muiden alustyyppien.



Kuvio 13. Aluskustannukset ajossa [€/t tai €/TEU (konttialukset)/vrk] eri alustyypeittäin ja syväysluokittain

4.1 Konttialukset

Konttialusten kustannusrakenteessa korostuu suurempi polttoaineenkulutus verrattuna muihin kuivalastialuksiin. Konttialuksilla kuljetetaan yksikköhinnaltaan arvokkaampaa tavaraa, minkä vuoksi ne on suunniteltu kulkemaan nopeammin kuin muut kuivalastialukset. Suurempi nopeus puolestaan vaatii suurempaa konetehoa. Viime vuosina konttialusten nopeutta on kuitenkin laskettu jonkin verran polttoaineen säästämiseksi ja päästöjen vähentämiseksi. Tämän ns. "slow steamingin" lisäksi viime vuosina rakennettujen konttialusten suunnittelunopeudet ja tämän myötä koneteho ja polttoaineen kulutus ovat alhaisemmat vuorokautta kohti kuin vanhemmilla aluksilla. Konttialusten aluskustannuksia on esitetty tarkemmin kuviossa 14 ja taulukossa 9.



Kuvio 14. Konttialusten aluskustannukset ajossa ja lastikapasiteetti syväyksen mukaan

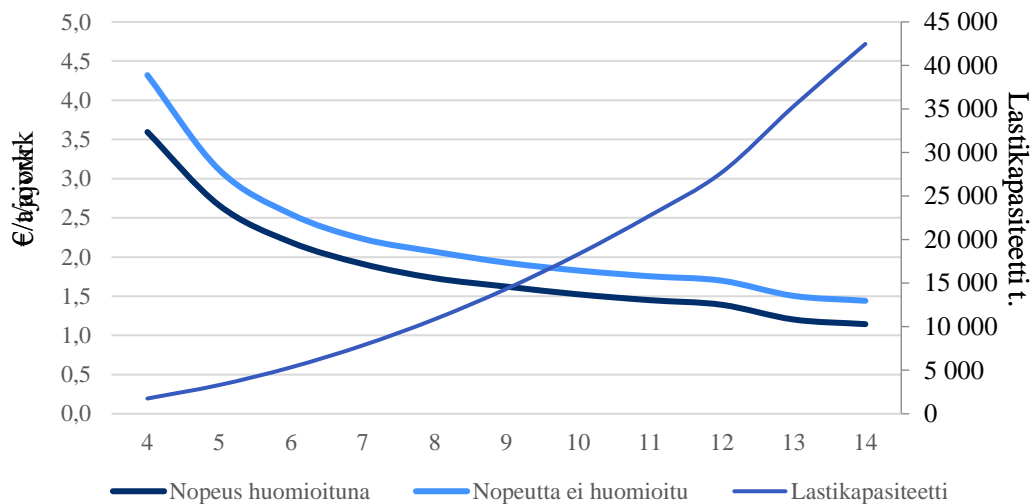
Taulukko 9. Konttialusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellisen kulkunopeuden mukaan arvioituna

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/TEU/ajovrk.	Aluskustannukset €/TEU/satamavrk.
6	11 580	8 031	40,9	28,3
7	16 903	10 938	34,5	22,3
8	23 768	14 587	30,1	18,5
9	32 359	19 046	27,0	15,9
10	42 860	24 385	24,7	14,1
11	55 451	30 670	22,8	12,6
12	70 312	37 965	20,4	11,0
13	87 623	46 335	18,2	9,6
14	107 560	55 843	16,2	8,4
15	131 096	67 343	13,6	7,0
16	156 964	79 457	11,5	5,8

4.2 Muut kuivalastialukset

Muut kuivalastialukset –alustyyppi sisältää erilaisia ja erikokoisia aluksia, joilla kuljetetaan mm. kappale-tavaraa ja kuivia irtolasteja. Alusten soveltuminen erilaisten tavaralajien kuljettamiseen on niille

ominaista. Suurin osa Suomen liikenteessä olevista alustyyppin aluksista on varsin pieniä. Muiden kuivalastialusten aluskustannukset syväysluokittain on esitetty kuviossa 15 ja taulukossa 10.



Kuvio 15. Muiden kuivalastialusten aluskustannukset ajossa ja lastikapaseetti syvyyksen mukaan

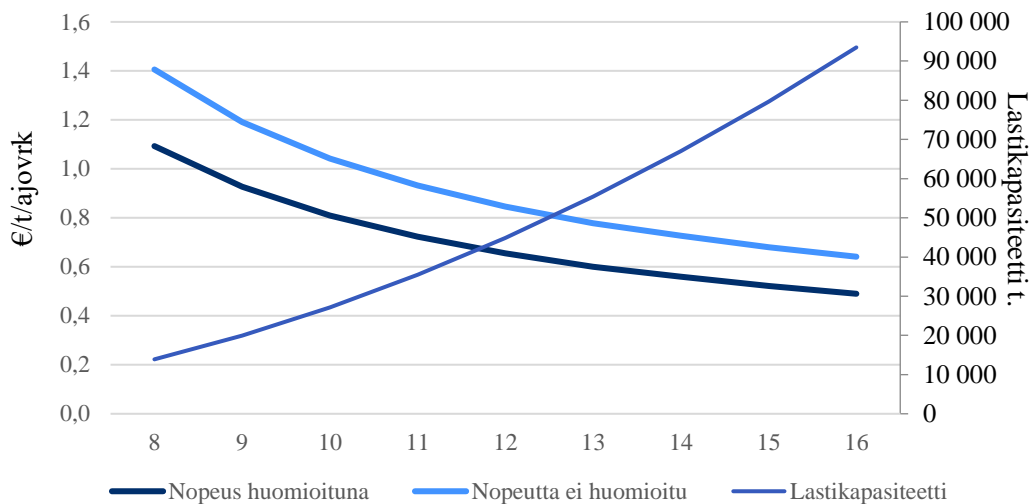
Taulukko 10. Muiden kuivalastialusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellisen kulkunopeuden mukaan arvioituna

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
4	6 313	5 779	3,59	3,29
5	8 782	7 330	2,66	2,22
6	11 680	9 177	2,19	1,72
7	15 011	11 323	1,91	1,44
8	18 779	13 769	1,73	1,27
9	23 267	16 795	1,62	1,17
10	27 915	19 840	1,52	1,08
11	33 004	23 182	1,45	1,02
12	38 536	26 821	1,39	0,97
13	42 464	27 876	1,20	0,79
14	48 568	31 678	1,14	0,75

4.3 Irtolastialukset

Irtolastialukset ovat nimensä mukaisesti alustyyppi, jolla kuljetetaan kuivia irtolasteja. Ne ovat tyypillisesti suurempia ja rakenteeltaan ja varustelultaan yksinkertaisempia kuin muut kuivalastialukset. Näin ollen irtolastialusten kustannukset kuljetettua tavarayksikköä kohti ovat alhaisemmat kuin muilla

kuivalastialuksilla. Irtolastialusten kustannukset ajovuorokautta kohti eri kokoluokissa on esitetty kuviossa 16 ja taulukossa 11.



Kuvio 16. Irtolastialusten aluskustannukset ajossa ja lastikapasiteetti syväysluokittain

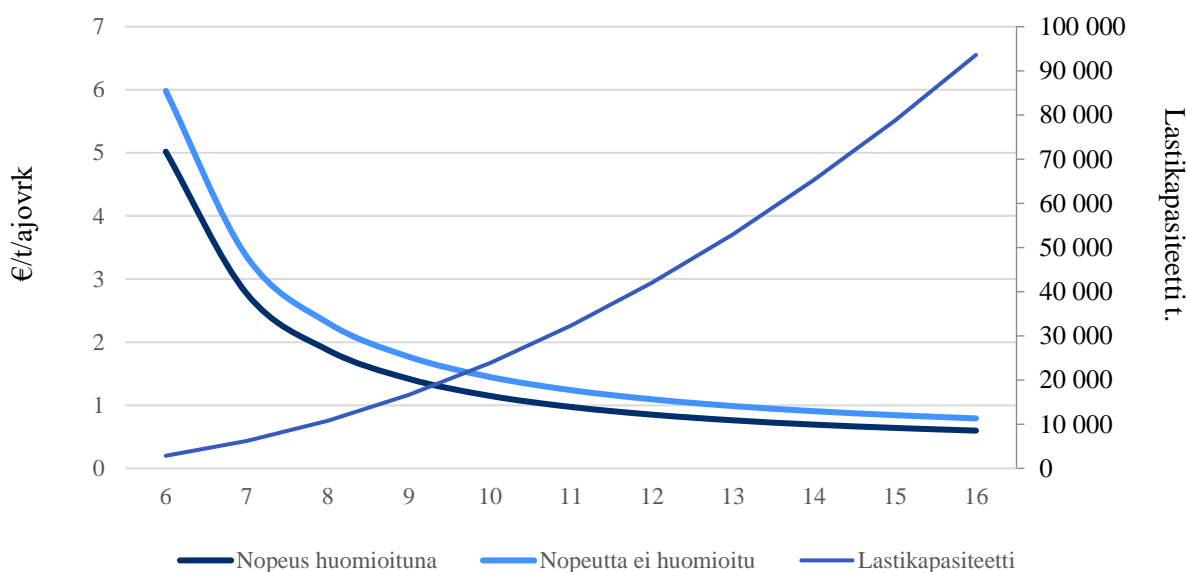
Taulukko 11. Irtolastialusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellisen kulkunopeuden mukaan arvioituna

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
8	16 817	11 695	1,21	0,84
9	20 481	14 093	1,02	0,71
10	24 289	16 529	0,89	0,61
11	28 281	19 046	0,80	0,54
12	32 372	21 563	0,72	0,48
13	36 586	24 105	0,66	0,44
14	41 188	26 939	0,62	0,40
15	45 673	29 560	0,57	0,37
16	50 288	32 218	0,54	0,34

4.4 Säiliöalukset

Säiliöalukset ovat irtolastialusten tapaan tarkoitettu kuljettamaan suuria määriä irtolastia. Säiliöalukset voidaan tyypillisesti jakaa vielä edelleen kooltaan tyypillisesti suurempiin raakaöljysäiliöaluksiin ja

pienempiin öljytuotteita ja muita nestemäisiä irtolasteja kuljettaviin tuotesäiliöaluksiin. Koon lisäksi säiliöaluksiin ja niiden kustannuksiin, esim. hankintahintaan vaikuttaa se, millaisten tuotteiden kuljettamiseen alus on suunniteltu. Esimerkiksi kemikaalien kuljettamiseen tarkoitetut alukset sisältävät monimutkaisempaa ja kalliimpaa teknologiaa ja materiaaleja, kuin öljysäiliöalukset, tai kuivalastialukset. Tästä syystä säiliöalusten kustannustaso on korkeampi kuin samankokoisten kuivalastialusten. Samasta syystä myös erot kustannuksissa alustyyppin sisällä ovat suuremmat. Näiden erojen takia tässä tutkimuksessa on myös aiemmasta poiketen erotettu kaasusäiliöalukset omaksi alustyyppikseen. Säiliöalusten kustannuksia on avattu tarkemmin kuviossa 17 ja taulukossa 12.



Kuvio 17. Säiliöalusten aluskustannukset ajovuorokaudessa ja lastikapasiteetti syväysluokittain

Taulukko 12. Säiliöalusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellisen kulkunopeuden mukaan arvioituna

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
6	15 563	12 684	5,46	4,45
7	18 764	14 726	3,03	2,38
8	22 305	16 950	2,07	1,57
9	26 178	19 348	1,57	1,16
10	30 375	21 913	1,27	0,92
11	34 890	24 639	1,08	0,76
12	39 717	27 520	0,95	0,66
13	44 852	30 553	0,85	0,58
14	50 292	33 732	0,77	0,52

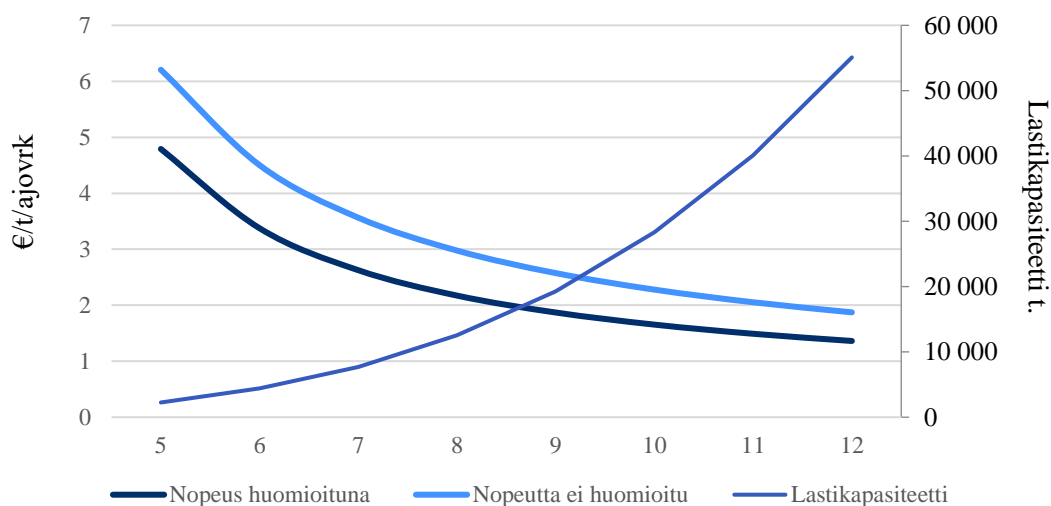
Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
15	56 123	37 147	0,71	0,47
16	62 160	40 610	0,66	0,43

4.5 Kaasusäiliöalukset

Tässä tutkimuksessa myös kaasusäiliöalukset on erotettu niiden operoinnin ja kustannusrakenteen takia omaksi ryhmäkseen. Kaasusäiliöalukset eroavat muista säiliöaluksista monesti monimutkaisemman ja sitä myöten kalliimman teknologian muodossa, mikä vaikuttaa niiden pääomakustannuksiin.

Tämän lisäksi kaasusäiliöalusten polttoainekustannukset ovat vaikeammin arvioitavissa kuin tavallisten säiliöalusten. Erityisesti LNG-aluksissa osa lastista höyrystyy (ns. boil-off) kuljetuksen aikana. Tämä osa kaasusta on poistettava kaasusäiliöistä niiden paineen pitämisenä vakaana. Nykyään monet kaasusäiliöalukset pystyvät hyödyntämään tämän joka tapauksessa höyrystyvän kaasun aluksen polttoaineena. Näin ollen alusten polttoainekustannus ei välttämättä korreloi täysin polttoaineen kulutuksen kanssa.

Tässä tutkimuksessa kaasusäiliöalusten polttoainekustannuksissa ei ole erikseen huomioitu boil-offin mahdollista vaikutusta kustannuksiin, vaan laskelmat perustuvat yksinkertaistettuun olettamukseen siitä, että alukset maksavat 100 % polttoaineestaan. Kaasusäiliöalusten kustannuksia syväysluokittain on esitelty tarkemmin kuviossa 18 ja taulukossa 13.



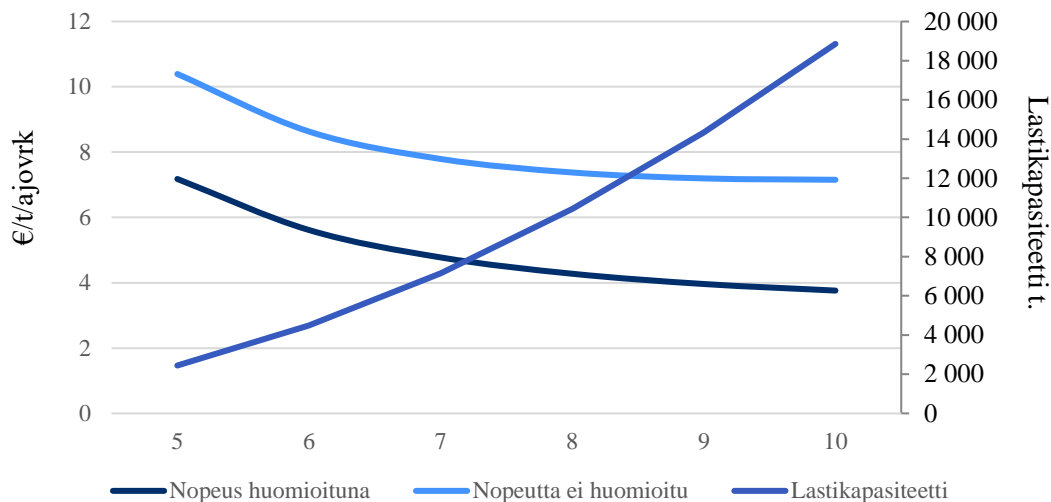
Kuvio 18. Kaasusäiliöalusten aluskustannukset ajovuorokaudessa ja lastikapasiteetti syväysluokittain

Taulukko 13. Kaasusäiliöalusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellisen kulkunopeuden mukaan arvioituna

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
5	11 809	9 887	5,2	4,4
6	16 529	13 176	3,8	3,0
7	22 885	17 664	3,0	2,3
8	31 090	23 521	2,5	1,9
9	41 353	30 914	2,1	1,6
10	53 876	40 009	1,9	1,4
11	68 858	50 969	1,7	1,3
12	86 495	63 953	1,6	1,2

4.6 Ro-ro-lastialukset

Ro-ro-lastialukset ovat aluksia, joissa lastinvaihto perustuu ajojärjestelmään, ts. lasti siirtyy joko omalla tai sataman pyörillä kulkevalla kalustolla alukseen ja aluksesta pois. Ro-ro-alukset toimivat tyypillisesti säännöllisessä, aikataulutetussa linjaliikenteessä lyhyillä kuljetusmatkoilla, joilla nopeuden merkitys on asiakkaiden toimitusketjujen näkökulmasta keskeinen. Tästä syystä ro-ro-aluksilla on suurempi koneteho kuin muilla aluksilla, mikä nostaa sekä niiden hankintahintaa ja siten pääomakustannuksia, mutta ennen kaikkea alusten polttoainekustannuksia. Kuviossa 19 ja taulukossa 14 on esitetty ro-ro-alusten kustannuksia ajovuorokautta ja satamavuorokautta kohti. Ro-ro-aluksilla ero kustannuksissa suunnittelunopeudella ja todellisella kulkunopeudella arvioituna näyttäisi olevan suurempi kuin muilla alustyypeillä.



Kuvio 19. Ro-ro-lastialusten aluskustannukset ajovuorokaudessa ja lastikapasiteetti syväysluokittain

Taulukko 14. Ro-ro-lastialusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellinen kulkunopeus huomioiden

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.	Aluskustannukset €/t/ajovrk.	Aluskustannukset €/t/satamavrk.
5	19 382	14 411	7,93	5,90
6	28 310	19 557	6,30	4,35
7	38 936	24 965	5,44	3,49
8	51 520	30 672	4,94	2,94
9	66 324	36 715	4,63	2,56
10	83 608	43 133	4,43	2,29

4.7 Ro-ro-matkustaja-alukset ja matkustaja-autolautat

Ro-ro-matkustaja-alukset ja matkustaja-autolautat ovat molemmat alustyyppiä, joilla lastaus- ja purkuoperaatiot tapahtuvat joko omilla tai sataman pyörillä kulkevilla laitteistoilla. Ne eroavat kuitenkin tavallisista ro-ro-aluksista siten, että niiden toiminnassa matkustajilla on suurempi rooli. Tässä tutkimuksessa ro-ro-matkustaja-alukset erotettiin vielä erikseen kahdeksi eri alustyyppiä perustuen siihen, että ro-ro-matkustaja-aluksilla pääasiainen toiminta on rahdin kuljettamista ja matkustajien määrä pienempi, kun taas vastaavasti matkustaja-autolautoilla pääosa liikevaihdosta tulee matkustajien kuljettamisesta ja pienempi osuus rahdista. Tästä syystä nämä alukset eroavat toisistaan esimerkiksi lastitilan

(ns. kaistametrit) ja matkustajille tarkoitettujen tilojen (hytit, ravintolat jne.) osalta, Siksi myös niiden kustannusrakenne on erilainen, esimerkiksi alusten hankintahintojen ja siten pääomakustannusten osalta.

Näiden alustyyppien osalta on myös olennaista huomioida, että tässä tutkimuksessa alusten miehityskustannukset sisältävät ainoastaan alusten liikkumiseen ja siten rahdin kuljettamisen osalta tarvittavan miehistön, ei matkustajien palvelemiseen tarkoitettua miehistöä, joka erityisesti matkustaja-autolauttojen osalta saattaa sisältää satoja työntekijöitä. Ro-ro-matkustaja-alusten ja matkustaja-autolauttojen kustannuksia on avattu tarkemmin taulukoissa 15 ja 16.

Taulukko 15. Ro-ro-matkustaja-alusten aluskustannukset syväysluokittain alusten todellinen kulkunopeus huomioiden

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.
4	24 458	13 600
5	44 972	26 986
6	67 444	40 527
7	92 000	54 235
8	118 751	68 118
9	147 801	82 184

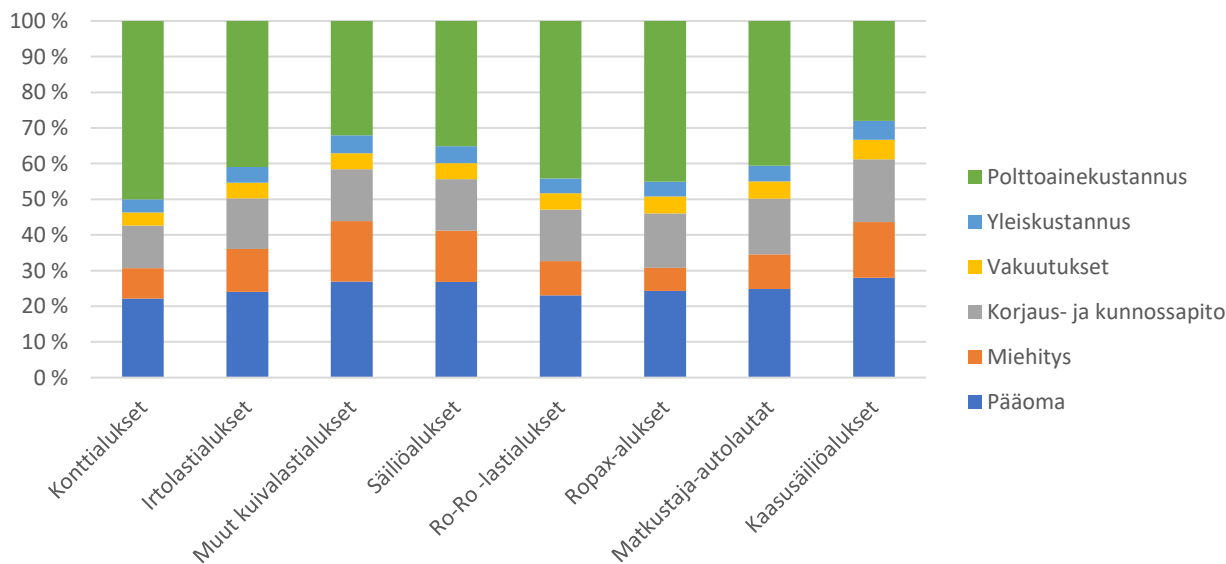
Taulukko 16. Matkustaja-autolauttojen aluskustannukset syväysluokittain alusten todellinen kulkunopeus huomioiden

Syväys	Aluskustannukset €/ajovrk.	Aluskustannukset €/satamavrk.
4	29 873	19 015
5	46 947	28 961
6	69 582	42 665
7	98 332	60 567
8	133 714	83 081
9	176 213	110 596

5 Kustannustekijöiden suhteellinen merkitys

Kustannustekijöiden suhteelliset osuudet vaihtelevat eri alustyypeillä ja kokoluokilla. Tässä esitettävät vertailut on tehty alustyypeittäin syväysluokkien keskiarvon mukaan. Kustannukset ajovuorokautta ja satamavuorokautta kohti, sekä alusten operointiprofiililla painotettu keskimääräinen kustannusrakenne on esitetty kuvioissa 20–22 sekä liitteessä 6. Useimmilla alustyypeillä polttoainekustannukset ovat suurin yksittäinen kustannuserä erityisesti silloin kun tarkastellaan ajovuorokauden kustannuksia. Korkein polttoainekustannusten osuus kustannuksista on (50 %) konttialuksilla ja ropax-aluksilla (45,1 %). Alhaisin polttoainekustannusten osuus (28 %) on kaasusäiliöaluksilla. Tämän tutkimuksen tulokset eroavat edellisestä Alusliikenteen yksikkökustannukset -tutkimuksesta siten, että tässä tutkimuksessa alusten polttoainekustannukset on arvioitu alustyyppin todellisen keskinopeuden, ei suunnittelunopeuden mukaan, mikä laskee polttoainekustannusten osuutta kaikilla alustyypeillä.

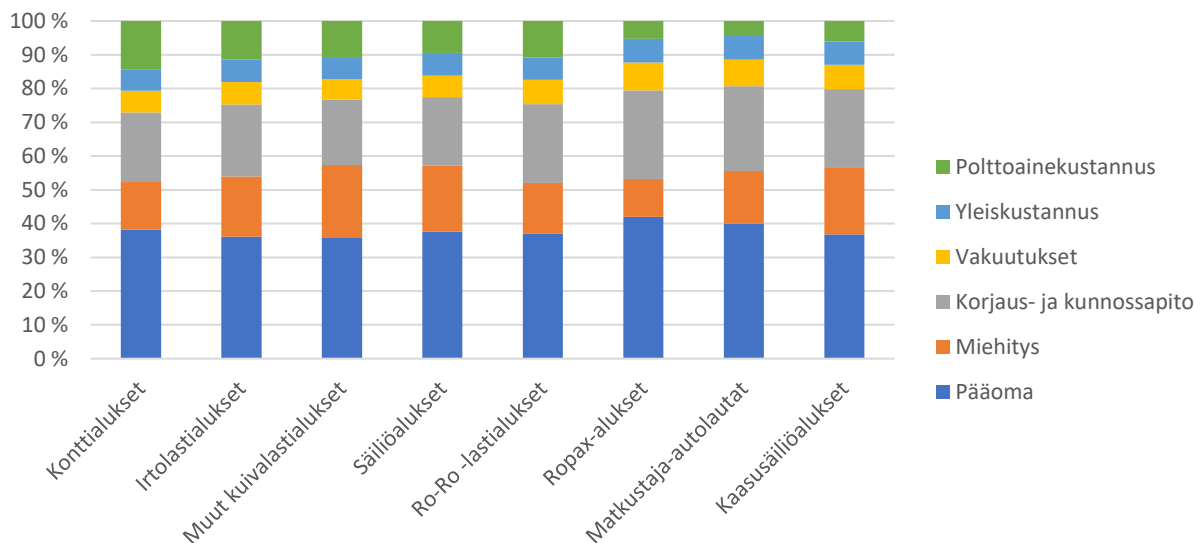
Pääomakustannukset ovat toiseksi suurin kustannuserä. Alhaisin pääomakustannusten osuus ajovuorokaudessa, 22,1 % on konttialuksilla. Muista kustannuseristä korjaus- ja kunnossapitokustannusten osuus vaihtelee kaasusäiliöalusten 17,5 % ja konttialusten 11,9 % välillä. Miehityskustannusten osuus on korkein muilla kuivalastialuksilla (17 %) ja alhaisin ropax -aluksilla (6,4 %). Vakuutuskustannusten osuus on alhaisin konttialuksilla (keskimäärin 3,7 %) ja korkein kaasusäiliöaluksilla (5,5 %). Vakuutuskustannusten osalta tulee kuitenkin muistaa, että tässä tutkimuksessa vakuutuskustannukset koskevat ainoastaan aluksen vakuuttamista, eikä niissä näin ollen ole huomioitu lastin vakuuttamisen kustannuksia.



Kuvio 20. Eri kustannustekijöiden osuudet kokonaiskustannuksista ajovuorokautta kohti alustyypeittäin

Kuvio 21 esittää yksikkökustannukset alustyypeittäin satamavuorokautta kohti. Kuvioista voidaan havaita muiden kustannuserien kohonnut osuus, polttoainekustannusten vähentyessä. Konttialuksilla myös

satamavuorokausina polttoainekustannukset ovat 14,3 % kaikista kustannuksista. Tämä selittynee sillä, että konttialuksilla on nykyään merkittävä määrä lämpösäädelyjä konttipaikkoja, joiden tarvitsema energiamäärä tuotetaan aluksen apukoneilla. Ropax-alusten ja matkustaja-autolauttojen osalta voidaan olettaa käytetyn laskentatavan tuottavan jossain määrin keinotekoisia alhaisia lukemia polttoaineen kulukselle, koska matkustajien palveluiden käyttämää energiaa ei niissä välttämättä tuoteta erillisillä apukoneilla. Toisaalta AFIR-direktiivin tullessa voimaan niiden satamassa tarvitsema energia tuotetaan tulevaisuudessa sähköntuotannolla, mikä edellyttäne jatkossa erilaista lähestymistapaa.



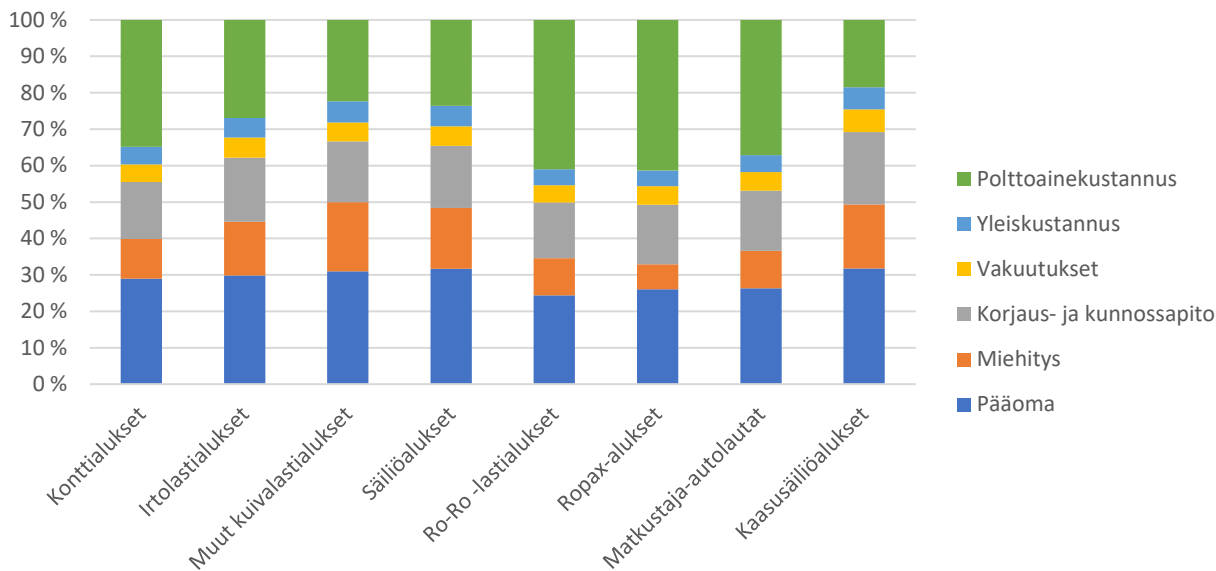
Kuvio 21. Eri kustannustekijöiden osuudet kokonaiskustannukset satamavuorokautta kohti alustyypeittäin

Kuviossa 22 on pyritty alustyyppille tyypillisen operointiprofiloinnin (ks. esim. Endresen et al. 2004) avulla arvioimaan, mikä on eri alustyyppille ominainen kustannusrakenne, kun lisäksi huomioidaan myös, kuinka suuri osa niiden vuosittaisesta toiminta-ajasta on ajovuorokausia ja kuinka suuri osa satamavuorokausia. Taulukko 16 esittää eri alustyyppien ja -kokoluokkien arvioidun ajovuorokausien osuuden vuosittaisesta toiminta-ajasta.

Taulukko 17. Alusten keskimääräiset ajovuorokaudet vuodessa (Endresen et al. 2004)

Aluksen koko, GT	Muut lastialukset	Kemikaalisäiliöalukset	Kaasusäiliöalukset	Öljysäiliöalukset	Kuiva-bulk -alukset	Konttialukset	Muut kuivalastialukset
< 9 999	199	202	193	-	187	216	180
10 000–24 999	196	202	208	197	182	213	186
25 000–49 999	205	217	220	205	204	202	180
50 000–99 999	219	-	267	219	228	200	-
> 100 000	240	-	296	238	231	-	-

Aluksen koko, GT	Muut lastialukset	Kemikaalisäiliöalukset	Kaasusäiliöalukset	Öljysäiliöalukset	Kuiva-bulk -alukset	Konttialukset	Muut kuivalastialukset
Alusten lukumäärä	3431	327	146	777	1049	394	223



Kuvio 22. Eri kustannustekijöiden osuudet kokonaiskustannuksista vuodessa alustyyppien operointiprofilin mukaan painotettuna

Erityisesti ro-ro- ja ropax-alukset sekä matkustaja-autolautat ovat suuren osan toiminta-ajastaan liikkeellä, mikä tarkoittaa sitä, että niiden vuositason kustannusrakenne on hyvin lähellä ajovuorokausien kustannusrakennetta. Muilla alustyypeillä sen sijaan muiden kustannuserien osuudet korostuvat verrattuna ajovuorokausien keskimääräiseen kustannusrakenteeseen.

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tulokset ovat hyvin samankaltaiset kuin edellisen, vuonna 2018 julkaistun *Alusliikenteen yksikkökustannukset* -raportin. Polttoainekustannukset ovat edelleen suurin yksittäinen kustannuserä useimmilla alustyypeillä. Tämän tutkimuksen tapa analysoida alusten polttoainekustannuksia eroaa edellisistä siten, että vakioidun moottorikuorman sijaan alusten polttoaineen kulutusta on pyritty arvioimaan aluksen suunnittelunopeuden ja todellisen nopeuden funktiona. Alustyyppistä riippuen ero näiden kahden suureen välillä vaihtelee niiden operointitavasta riippuen, mistä pääosin johtuvat myös mahdolliset erot ja poikkeamat suhteessa edellisen tutkimuksen tuloksiin. Alusten nopeuksien osalta on tarpeen huomioida markkinatilanteen ja muiden ulkoisten tekijöiden vaikutus alusten nopeuksiin. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu alusten nopeuden korreloivan positiivisesti rahtihintojen kanssa. Rahtihintojen ollessa riittävän korkeat, riittävät rahdista saatavat tulot kattamaan nopeuden kasvattamisesta koituvat kustannukset, mikä kannustaa varustamoja korkeampiin nopeuksiin. Linjaliikenteessä, erityisesti tiukkaan aikataulussa ro-ro- ja matkustaja-alusliikenteessä markkinatilanteen vaikutus on kuitenkin todennäköisesti vähäisempi, mikä tarkoittaa, että niiden osalta tämän tutkimuksen tulokset ovat tarkempia myös muissa markkinatilanteissa.

Toiseksi merkittävin kustannuserä on lähes kaikilla alustyypeillä aluksen pääomakustannukset. Edellisen tutkimuksen johtopäätöksissä nostettiin esiin tarve ajantasaisempaan ja laajempaan tietoon koskien alusten hankintahintoja. Tätä tutkimusta varten on ollut käytössä yli 7 000 aluksen hankintahintatiedot, joten useimmilla alustyypeillä tilastollinen analyysi alusten hankintahinnoista ja täten pääomakustannuksista perustuu aiempaa laajempaan ja kattavampaan aineistoon, mikä vähentää hankintahintoihin ja pääomakustannuksiin liittyviä epävarmuuksia.

Miehityskustannuksissa analyysi on toteutettu hyvin samaan tapaan kuin aiemmissä tutkimuksissa. Erona edellisiin on, että nyt miehityskustannusten analyysiä on ulkomaisten alusten osalta täydennetty myös muista tilastolähteistä saatavilla miehityskustannustiedoilla. Tämäkin analyysimenetelmä sisältää luonnollisesti epätarkkuuksia, koska em. tiedot perustuvat yhtä lailla yleistyksiin erilaisten miehitysratkaisujen koostumuksista ja vakioiduista kustannustasoista.

Korjaus- ja kunnossapitokustannukset, vakuutus- ja yleiskustannukset on tässäkin tutkimuksessa laskettu vakiokertomella suhteessa alusten hankintahintaan tai kokonaiskustannuksiin, mikä tarkoittaa niiden seuraavan hankintahinnoissa ja kokonaiskustannuksissa tapahtuvia muutoksia. Todennäköisesti em. kustannuserien absoluuttinen taso ja suhteellinen osuus kokonaiskustannuksista vaihtelevat eri alustyypeillä ja kokoluokille. Tulevissa tutkimuksissa olisi mahdollista analysoida tarkemmin näiden ja muiden tekijöiden vaikutusta kustannuksiin ja muodostaa vakiokertoimia tarkempi laskentatapa korjaus-, vakuutus ja yleiskustannusten tasolle.

Tässä tutkimuksessa aluskustannuksia arvioitiin ensimmäistä kertaa kahdelle uudelle alustyyppille. Kaa-susäiliöalukset erotettiin muista säiliöaluksista omaksi ryhmäkseen. Myös matkustaja-autolautat käsitel-tiin tässä tutkimuksessa omana, ro-ro-matkustaja-aluksista poikkeavana alustyyppinä. Tämä katsottiin tarpeelliseksi, koska tilastollisen analyysin perusteella nämä kaksi alustyyppiä erosivat mm. hankintahin-tojen osalta merkittävästi toisistaan.

Kustannustekijöistä mielenkiinto kohdistuu luonnollisesti suurimpiin eriin, polttoainekustannuksiin ja pää-omakustannuksiin. Näiden osalta tuleva kehitys tulee olemaan mielenkiintoinen. Merenkulun ympäristö-sääntely, erityisesti kasvihuonekaasusääntely tulee eri muodoissaan väistämättä nostamaan kustannuk-sia sekä suorasti että epäsuorasti. Polttoaineen hiilisisältöön kohdistuvat vaatimukset ja uusien vähähii-listen ja hiilineutraalien polttoaineiden käyttöönotto tulevat nostamaan polttoainekustannuksia. Samalla alusten energiatehokkuuteen kohdistuvat vaatimukset tulevat todennäköisesti nostamaan uudisraken-nusten ja alusten päivittämisen hintoja – toki kulloinenkin markkinatilanne huomioiden. Tämän tutkimuk-sen aikaan pääosa niin Suomeen suuntautuvasta, kuin globaalista meriliikenteestä operoi vielä tavan-omaisilla, perinteisiä laivapolttoaineita käyttävillä moottoreilla. Uusien, ainakin tällä hetkellä nykyistä kalliimpien moottoritekniologioiden jne. yleistyessä myös alusliikenteen kustannusrakenne ja -taso tulee todennäköisesti muuttumaan.

Lähdeluettelo

Adland, R., Cariou, P., Wolff, F.-C. (2020) Optimal ship speed and the cubic law revisited: Empirical evidence from an oil tanker fleet, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*,

Clarkson's Research Services Ltd. (2024) *World Fleet Register*

Cullinane, K.P.B., Khanna, M. (1999) Economics of Scale in Large Container Ships, *Transport Economics and Policy*, Vol. 22, pp. 185-207.

Drewry (2024) *Ship Operating Costs, Annual Review and Forecast, Annual Report 2023/24*

EMBER (2024) Carbon Price Tracker, The latest data on EU ETS carbon prices, www.ember-climate.org

Endresen, Ø, Sørgård, E., Bakke, J., Isaksen, I.S.A. (2004) Substantiation of a lower estimate for the bunker inventory: Collent on "Updated emissions from ocean shipping" by James J. Corbett and Horst W. Koehler, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109

Euroopan Komissio (2021). *Economic Appraisal. General Principles and Sector Applications. Vademecum 2021–2027*. European Commission. Directorate-General for Regional and Urban Policy.

Federal Reserve Bank of St. Louis (2024) *Crude Oil Prices: Brent – Europe, FRED Economic Data*

Gynther, L. ym. (2012) *Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012*.

Ilikkanen, P. (2018). *Alusten satamatoimintoihin kuluvan ajan arviointi. Ohjeavot vesiväylien hankearvioinnin varten, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 19/2018*.

IMO (2020). *Fourth IMO GHG Study 2020, Safe, secure and efficient shipping on clean oceans*, International Maritime Organisation.

Lindstad, E., Lagemann, B., Rialland, A., Gamlem, G.M., Valland, A. (2021) Reduction of maritime GHG emissions and the potential role of E-fuels, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 101.

Merimieseläkekassa (2023) *Merihenkilöstön keskikuukausipalkkatilasto 2023*.

Solakivi, T., Ojala, L., Holm, P., Tyynilä, J., Paimander, A. (2022) Merenkulun markkinaselvitys 2021, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 6/2022.

SVT (2024). Suomen virallinen tilasto (SVT). Kuluttajahintaindeksi [verkkajulkaisu]. Tilastokeskus. Saantitapa: <https://stat.fi/tilasto/khi> [haettu 30.4.2024].

Tilastokeskus (2024a) Ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain, Ulkomaan Meriliikenne, Tilastokeskus 2024

Tilastokeskus (2024b) Ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain, Ulkomaan Meriliikenne, Tilastokeskus 2024

Tilastokeskus (2024c) Matkustajaliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä satamittain ja maittain, Ulkomaan Meriliikenne, Tilastokeskus 2024

Tilastokeskus (2024d) Satamien ulkomaan alusliikenne, Ulkomaan Meriliikenne, Tilastokeskus 2024

Tilastokeskus (2024e) Kauppa-alusluetteloön merkityt alukset 2019–2023, Kauppalaivasto, Tilastokeskus 2024

Trafikverket (2024). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn. ASEK 8.0 (2024-04-02).

Traficom (2024) Aluskäyntitilasto

Traficom (2024) Miehitystodistukset

Ship & Bunker (2024) World Bunker Prices, Rotterxam, www.shipandbunker.com

Väylävirasto (2020) Alusliikenteen yksikkökustannukset 2018, Väyläviraston julkaisuja 49/2020.

Liite 1. Hiilidioksidin päästöoikeuden ennustettu hintakehitys EU-ETS:ssä 2024–2050

Taulukko 1. Hiilidioksidin päästöoikeuden ennustettu hintakehitys EU-ETS:ssä 2024–2050

Hiilidioksidin päästöoikeuden hinta (€/t) EU-ETS:ssä (epälineaarinen)				Hiilidioksidin päästöoikeuden hinta (€/t) EU-ETS:ssä (lineaarinen)			
Vuosi	€/t	Vuosi	€/t	Vuosi	€/t	Vuosi	€/t
2019	24,8	2035	173,4	2019	25,3	2035	229,8
2020	31,0	2036	186,4	2020	38,1	2036	242,6
2021	38,8	2037	200,4	2021	50,8	2037	255,4
2022	48,5	2038	215,5	2022	63,6	2038	268,1
2023	60,6	2039	231,6	2023	76,4	2039	280,9
2024	75,7	2040	249,0	2024	89,2	2040	293,7
2025	94,7	2041	267,7	2025	102,0	2041	306,5
2026	99,4	2042	287,7	2026	114,8	2042	319,3
2027	104,4	2043	309,3	2027	127,5	2043	332,0
2028	109,6	2044	332,5	2028	140,3	2044	344,8
2029	115,1	2045	357,5	2029	153,1	2045	357,6
2030	120,8	2046	366,4	2030	165,9	2046	360,6
2031	129,9	2047	375,6	2031	178,7	2047	363,5
2032	139,6	2048	384,9	2032	191,4	2048	366,5
2033	150,1	2049	394,6	2033	204,2	2049	369,4
2034	161,3	2050	404,4	2034	217,0	2050	372,4

Liite 2. Aluskustannukset alustyyppiluokittain vuoden 2022 hintatasolla

Sarakkeissa X ja Y olevien polttoaineen kulutustietojen pohjalta voidaan arvioida hiilidioksidipäästöjen määriä seuraavan taulukon päästökertoimien avulla.

Taulukko 1. Päästökertoimet. (IMO 2020)

Fuel type	Carbon Content	<i>EFf</i> (g CO ₂ /g fuel)
HFO	0.8493	3.114
MDO	0.8744	3.206
LNG	0.7500	2.750
Methanol	0.3750	1.375
LSHFO 1.0%	0.8493	3.114

Taulukko 2. Konttialukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti TEU	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
6	2 022	7 978	283	12 491 988	927 797	2 542
7	3 094	10 821	490	18 656 368	1 385 633	3 796
8	4 393	14 678	790	26 407 188	1 961 297	5 373
9	5 919	19 908	1 197	35 877 404	2 664 663	7 300
10	7 672	27 002	1 734	47 193 480	3 505 123	9 603
11	9 652	36 624	2 430	60 476 378	4 491 661	12 306
12	11 860	49 675	3 454	75 842 320	5 632 910	15 433
13	14 294	67 376	4 823	93 403 384	6 937 194	19 006
14	16 955	91 385	6 650	113 267 980	8 412 564	23 048
15	17 762	123 949	9 659	135 541 243	10 335 020	28 315
16	19 628	168 118	13 689	160 325 352	12 224 808	33 493

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/sata- mavrk
A	H	I	J	K	L	M
6	2 018	1 369	428	509	4 715	1 166
7	2 233	2 045	639	697	7 493	1 528
8	2 472	2 894	904	931	11 193	2 011
9	2 736	3 932	1 229	1 216	15 946	2 633

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/sata-mavrk
10	3 028	5 172	1 616	1 554	21 887	3 412
11	3 352	6 628	2 071	1 949	29 146	4 365
12	3 710	8 311	2 597	2 404	37 856	5 510
13	4 106	10 236	3 199	2 924	48 152	6 864
14	4 545	12 413	3 879	3 511	60 164	8 447
15	5 030	14 854	4 642	4 227	74 027	10 275
16	5 568	17 570	5 491	4 970	89 873	12 367

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/TEU/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/TEU/satamavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
6	11 580	8 031	6 865	40,9	28,3	122,9
7	16 903	10 938	9 410	34,5	22,3	137,8
8	23 768	14 587	12 575	30,1	18,5	154,4
9	32 359	19 046	16 413	27,0	15,9	173,1
10	42 860	24 385	20 973	24,7	14,1	194,1
11	55 451	30 670	26 305	22,8	12,6	217,6
12	70 312	37 965	32 455	20,4	11,0	243,9
13	87 623	46 335	39 471	18,2	9,6	273,5
14	107 560	55 843	47 396	16,2	8,4	306,6
15	131 096	67 343	57 068	13,6	7,0	343,7

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/TEU/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/TEU/satamavrk (O/D)	Pituus m
16	156 964	79 457	67 091	11,5	5,8	385,3

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/satamavrk
A	T	U	V	W	X	Y
6	19,7	3 187	12,4	23,0	7	2
7	21,6	5 077	12,7	23,5	11	4
8	23,7	7 599	13,0	24,0	16	6
9	26,1	10 845	13,2	24,5	22	8
10	28,6	14 908	13,5	25,0	31	11
11	31,4	19 880	13,8	25,5	41	15
12	34,5	25 855	14,1	26,0	53	20
13	37,8	32 925	14,3	26,5	68	25
14	41,5	41 184	14,6	27,0	85	31
15	45,6	50 724	14,9	27,6	104	38
16	50,1	61 640	15,1	28,0	126	46

Taulukko 3. Muut kuivalastialukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
4	728	1 868	1 756	6 725 799	499 534	1 369
5	1 302	3 514	3 303	10 357 735	769 283	2 108
6	2 040	5 676	5 336	14 739 424	1 094 717	2 999
7	2 944	8 354	7 853	19 861 980	1 475 176	4 042
8	4 013	11 547	10 854	25 717 986	1 910 109	5 233
9	5 247	15 256	14 341	32 301 083	2 399 044	6 573
10	6 646	19 481	18 313	39 605 713	2 941 569	8 059
11	8 211	24 222	22 769	47 626 940	3 537 316	9 691
12	9 940	29 479	27 710	56 360 332	4 185 957	11 468
13	11 568	37 560	35 306	65 801 867	4 194 869	11 493
14	13 358	45 177	42 466	75 947 867	4 841 677	13 265

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoaine- kustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
4	2 305	737	230	371	1 300	767
5	2 373	1 135	355	478	2 335	883
6	2 427	1 615	505	604	3 530	1 028
7	2 472	2 177	680	750	4 891	1 203

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrak
8	2 512	2 818	881	916	6 419	1 409
9	2 808	3 540	1 106	1 122	8 118	1 646
10	2 841	4 340	1 356	1 328	9 990	1 915
11	2 871	5 219	1 631	1 553	12 039	2 216
12	2 899	6 176	1 930	1 798	14 265	2 550
13	2 925	7 211	2 253	1 911	16 671	2 083
14	2 949	8 323	2 601	2 171	19 259	2 369

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/satamavrak (G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/satamavrak (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
4	6 313	5 779	5 013	3,6	3,3	75,6
5	8 782	7 330	6 448	2,7	2,2	90,0
6	11 680	9 177	8 150	2,2	1,7	102,7
7	15 011	11 323	10 120	1,9	1,4	114,2
8	18 779	13 769	12 360	1,7	1,3	124,8
9	23 267	16 795	15 149	1,6	1,2	134,8
10	27 915	19 840	17 924	1,5	1,1	144,1
11	33 004	23 182	20 966	1,4	1,0	153,0
12	38 536	26 821	24 272	1,4	1,0	161,5
13	42 464	27 876	25 793	1,2	0,8	172,6

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/sata-mavrk (O/D)	Pituus m
14	48 568	31 678	29 309	1,1	0,7	181,6

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/satamavrk
A	T	U	V	W	X	Y
4	12,1	958	9,1	16,9	2	0,4
5	14,3	1 540	9,5	17,6	3	0,9
6	16,1	2 271	9,9	18,3	5	1,5
7	17,8	3 152	10,3	19,0	7	2,1
8	19,4	4 188	10,7	19,7	9	2,6
9	20,9	5 381	11,0	20,4	11	3,2
10	22,2	6 734	11,4	21,2	14	3,7
11	23,5	8 248	11,8	21,9	17	4,3
12	24,7	9 925	12,2	22,6	20	4,9
13	26,3	11 768	12,6	23,3	23	5,4
14	27,6	13 779	13,0	24,0	27	6,0

Taulukko 4. Irtolastialukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
8	5 100	14 940	13 894	19 542 000	1 325 104	3 630
9	7 273	21 487	19 983	25 420 000	1 723 680	4 722
10	9 830	29 219	27 174	31 298 000	2 122 256	5 814
11	12 773	38 139	35 469	37 176 000	2 520 831	6 906
12	16 100	48 244	44 867	43 054 000	2 919 407	7 998
13	19 811	59 536	55 368	48 932 000	3 317 982	9 090
14	23 907	72 013	66 972	54 810 000	3 716 558	10 182
15	28 388	85 677	79 680	60 688 000	4 115 134	11 274
16	33 254	100 528	93 491	66 566 000	4 513 709	12 366

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoaine- kustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
8	3 010	2 142	669	756	6 609	1 488
9	3 106	2 786	871	919	8 078	1 690
10	3 218	3 430	1 072	1 083	9 671	1 911
11	3 390	4 074	1 273	1 251	11 386	2 152
12	3 543	4 718	1 474	1 419	13 219	2 411
13	3 702	5 362	1 676	1 586	15 169	2 688

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrk
14	4 114	6 007	1 877	1 774	17 234	2 984
15	4 313	6 651	2 078	1 945	19 411	3 298
16	4 530	7 295	2 280	2 118	21 699	3 629

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/satamavrk (G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/satamavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
8	16 817	11 695	10 208	1,21	0,84	134,4
9	20 481	14 093	12 403	1,02	0,71	149,8
10	24 289	16 529	14 617	0,89	0,61	177
11	28 281	19 046	16 895	0,80	0,54	184,7
12	32 372	21 563	19 152	0,72	0,48	187,3
13	36 586	24 105	21 416	0,66	0,44	189,8
14	41 188	26 939	23 955	0,62	0,40	228,8
15	45 673	29 560	26 262	0,57	0,37	222,2
16	50 288	32 218	28 589	0,54	0,34	253

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/satamavrk
A	T	U	V	W	X	Y
8	19,3	3786	10,9	20,1	9,3	2,5

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sa- tamavrk
9	20,9	4694	10,9	20,2	11,4	2,9
10	27,1	5688	11,0	20,3	13,6	3,4
11	28,1	6768	11,0	20,5	16,0	3,9
12	29,7	7932	11,1	20,6	18,6	4,3
13	31,4	9179	11,2	20,7	21,3	4,8
14	33,5	10508	11,2	20,8	24,2	5,4
15	34,4	11917	11,3	20,9	27,3	5,9
16	38,9	13406	11,4	21,0	30,5	6,4

Taulukko 5. Säiliöalukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomamennot €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
6	949	3033	2851	18 416 263	1 367 800	3 747
7	1989	6580	6185	23 368 687	1 735 623	4 755
8	3 409	11 485	10 796	28 723 137	2 133 306	5 845
9	5 210	17 747	16 682	34 455 814	2 559 079	7 011
10	7 392	25 367	23 845	40 546 917	3 011 473	8 251
11	9 953	34 343	32 283	46 979 624	3 489 239	9 560
12	12 895	44 677	41 996	53 739 406	3 991 297	10 935
13	16 218	56 368	52 986	60 813 544	4 516 703	12 375
14	19 921	69 416	65 251	68 190 779	5 064 620	13 876
15	24 055	83 821	78 792	75 861 046	5 634 301	15 436
16	28 468	99 584	93 609	83 815 281	6 225 072	17 055

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
6	4 309	2 018	631	856	4 001	1 123
7	4 314	2 561	800	994	5 339	1 301
8	4 321	3 148	984	1 144	6 864	1 509
9	4 331	3 776	1 180	1 304	8 576	1 746

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrk
10	4 342	4 443	1 389	1 474	10 476	2 014
11	4 355	5 148	1 609	1 654	12 564	2 313
12	4 370	5 889	1 840	1 843	14 839	2 642
13	4 388	6 664	2 083	2 041	17 302	3 003
14	4 407	7 473	2 335	2 247	19 953	3 394
15	4 513	8 314	2 598	2 469	22 793	3 817
16	4 536	9 185	2 870	2 692	25 821	4 271

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/satamavrk (G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/satamavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
6	15 563	12 684	11 562	5,5	4,4	103,0
7	18 764	14 726	13 425	3,0	2,4	112,6
8	22 305	16 950	15 441	2,1	1,6	124,3
9	26 178	19 348	17 602	1,6	1,2	142,1
10	30 375	21 913	19 899	1,3	0,9	154,1
11	34 890	24 639	22 326	1,1	0,8	178,5
12	39 717	27 520	24 878	0,9	0,7	184,0
13	44 852	30 553	27 550	0,8	0,6	187,9
14	50 292	33 732	30 338	0,8	0,5	216,7
15	56 123	37 147	33 330	0,7	0,5	239,6

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/sata-mavrk (O/D)	Pituus m
16	62 160	40 610	36 339	0,7	0,4	258,9

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sata-mavrk
A	T	U	V	W	X	Y
6	15,5	2099	11,0	20,3	5,6	2,1
7	17,0	2891	11,1	20,5	7,5	2,6
8	17,1	3816	11,1	20,6	9,7	3,2
9	22,3	4874	11,2	20,8	12,1	3,8
10	24,4	6067	11,3	21,0	14,7	4,4
11	27,5	7395	11,4	21,1	17,7	5,1
12	28,7	8861	11,5	21,3	20,9	5,8
13	31,9	10465	11,6	21,5	24,3	6,5
14	32,8	12207	11,7	21,6	28,1	7,3
15	39,3	14089	11,8	21,8	32,1	8,1
16	42,7	16111	11,8	21,9	36,3	8,9

Taulukko 6. Kaasusäiliöalukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
5		2 402	2 258	13 086 377	834 257	2 286
6		4 672	4 391	22 119 853	1 410 141	3 863
7		8 199	7 707	34 476 410	2 197 871	6 022
8		13 347	12 546	50 638 502	3 228 205	8 844
9		20 514	19 283	71 080 253	4 531 366	12 415
10		30 131	28 323	96 268 627	6 137 125	16 814
11		42 663	40 103	126 664 327	8 074 851	22 123
12		58 606	55 090	162 722 492	10 373 559	28 421

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoaine- kustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
5	4 309	1 434	448	576	2 654	732
6	4 314	2 424	758	806	4 261	908
7	4 321	3 778	1 181	1 121	6 359	1 138
8	4 331	5 549	1 734	1 583	8 995	1 425
9	4 342	7 790	2 434	2 165	12 214	1 775
10	4 355	10 550	3 297	2 819	16 058	2 192
11	4 370	13 881	4 338	3 580	20 569	2 680

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrk
12	4 388	17 833	5 573	4 498	25 785	3 242

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/satamavrk (G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/satamavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
5	11 809	9 887	9 155	5,2	4,4	103,0
6	16 529	13 176	12 268	3,8	3,0	112,6
7	22 885	17 664	16 526	3,0	2,3	124,3
8	31 090	23 521	22 095	2,5	1,9	142,1
9	41 353	30 914	29 139	2,1	1,6	154,1
10	53 876	40 009	37 817	1,9	1,4	178,5
11	68 858	50 969	48 289	1,7	1,3	184,0
12	86 495	63 953	60 711	1,6	1,2	187,9

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/satamavrk
A	T	U	V	W	X	Y
5	15,5	2099	10,9	20,1	3,7	1,6
6	17,0	2891	11,0	20,3	6,0	2,7
7	17,1	3816	11,1	20,5	8,9	4,0
8	22,3	4874	11,1	20,6	12,6	5,6

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sa- tamavrk
9	24,4	6067	11,2	20,8	17,2	7,7
10	27,5	7395	11,3	21,0	22,6	10,1
11	28,7	8861	11,4	21,1	28,9	13,0
12	31,9	10465	11,5	21,3	36,3	16,4

Taulukko 7. Ro-ro-lastialukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
5	2 688	2 842	2 444	28 187 000	1 796 921	4 923
6	4 010	5 222	4 491	41 145 000	2 622 994	7 186
7	5 595	8 321	7 156	54 103 000	3 449 066	9 449
8	7 444	12 138	10 439	67 061 000	4 275 139	11 713
9	9 556	16 674	14 339	80 019 000	5 101 211	13 976
10	11 932	21 928	18 858	92 977 000	5 927 284	16 239

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoaine- kustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
5	3 317	3 089	965	984	6 104	1 133
6	3 460	4 509	1 409	1 325	10 420	1 667
7	3 648	5 929	1 853	1 670	16 386	2 415
8	3 879	7 349	2 297	2 019	24 264	3 416
9	4 153	8 769	2 740	2 371	34 315	4 706
10	4 471	10 189	3 184	2 727	46 798	6 323

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/sata-mavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
5	19 382	14 411	13 277	7,9	5,9	109
6	28 310	19 557	17 890	6,3	4,4	117,1
7	38 936	24 965	22 550	5,4	3,5	168
8	51 520	30 672	27 256	4,9	2,9	167
9	66 324	36 715	32 010	4,6	2,6	188,9
10	83 608	43 133	36 810	4,4	2,3	217,2

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sata-mavrk
A	T	U	V	W	X	Y
5	20,5	5139	13,0	24,1	8,6	2,7
6	19,7	8978	14,0	25,8	14,7	4,5
7	24,3	14389	14,9	27,6	23,0	6,8
8	25,6	21652	15,9	29,4	34,1	9,8
9	26	31047	16,8	31,2	48,3	13,5
10	30	42858	17,8	32,9	65,8	18,0

Taulukko 8. Ropax-alukset

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomame- not €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
4	1 594	1 802		25 749 000	1 641 499	4 497
5	6 120	3 268		63 122 000	4 024 028	11 025
6	13 579	5 316		100 495 000	6 406 556	17 552
7	23 973	8 020		137 868 000	8 789 085	24 080
8	37 301	11 452		175 241 000	11 171 614	30 607
9	53 563	15 681		212 614 000	13 554 143	37 135

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoaine- kustannus €/ajovrk	Polttoaine- kustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
4	3 409	2 822	882	929	11 920	1 062
5	3 552	6 917	2 162	1 892	19 424	1 438
6	3 752	11 013	3 442	2 861	28 825	1 908
7	4 016	15 109	4 722	3 834	40 239	2 475
8	4 351	19 204	6 001	4 813	53 773	3 140
9	4 765	23 300	7 281	5 798	69 522	3 905

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/sata-mavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
4	24 458	13 600	12 538			87,1
5	44 972	26 986	25 548			126,7
6	67 444	40 527	38 620			184,4
7	92 000	54 235	51 760			199,7
8	118 751	68 118	64 978			245,5
9	147 801	82 184	78 279			285,2

Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sata-mavrk
A	T	U	V	W	X	Y
4	18,9	4 538	12,2	22,7	16,8	1,5
5	22,8	7 632	14,1	26,1	27,3	2,7
6	28,1	11 669	15,9	29,4	40,5	4,5
7	28,6	16 709	17,7	32,8	56,6	6,8
8	34,5	22 804	19,5	36,2	75,6	9,8
9	38,3	30 002	21,4	39,5	97,8	13,5

Taulukko 9. Matkustaja-autolautat

Syväys m	NT	DWT	Lasti Tonnia	Hinta €	Annuiteetti €/vuosi	Pääomamennot €/vrk (F/365)
A	B	C	D	E	F	G
4	1 594	1 005		34 106 852	2 174 312	5 957
5	6 120	1 811		61 171 911	3 899 709	10 684
6	13 579	2 930		98 593 561	6 285 340	17 220
7	23 973	4 400		147 609 819	9 410 126	25 781
8	37 301	6 258		209 381 432	13 348 066	36 570
9	53 563	8 538		285 006 962	18 169 194	49 779

Syväys m	Miehityskustannus €/vrk	Korjaus+kunnossapito €/vrk (4%*E/365)	Vakuutukset €/vrk (1,25%*E/365)	Yleiskustannus €/vrk (8%*(G+H+I+J))	Polttoainekustannus €/ajovrk	Polttoainekustannus €/satamavrk
A	H	I	J	K	L	M
4	5 761	3 738	1 168	1 330	11 920	1 062
5	6 002	6 704	2 095	2 039	19 424	1 438
6	6 337	10 805	3 376	3 019	28 825	1 908
7	6 777	16 176	5 055	4 303	40 239	2 475
8	7 333	22 946	7 171	5 922	53 773	3 140
9	8 015	31 234	9 761	7 903	69 522	3 905

Syväys m	Aluskustannukset €/ajovrk (G+H+I+J+K+L)	Aluskustannukset €/sata-mavrk(G+H+I+J+K+M)	Kiinteät kustannukset €/vrk (G+H+I+J+K)	Aluskustannukset €/t/ajovrk (N/D)	Aluskustannukset €/t/sata-mavrk (O/D)	Pituus m
A	N	O	P	Q	R	S
4	29 873	19 015	17 953			87,1
5	46 947	28 961	27 523			126,7
6	69 582	42 665	40 757			184,4
7	98 332	60 567	58 092			199,7
8	133 714	83 081	79 941			245,5
9	176 213	110 596	106 691			285,2

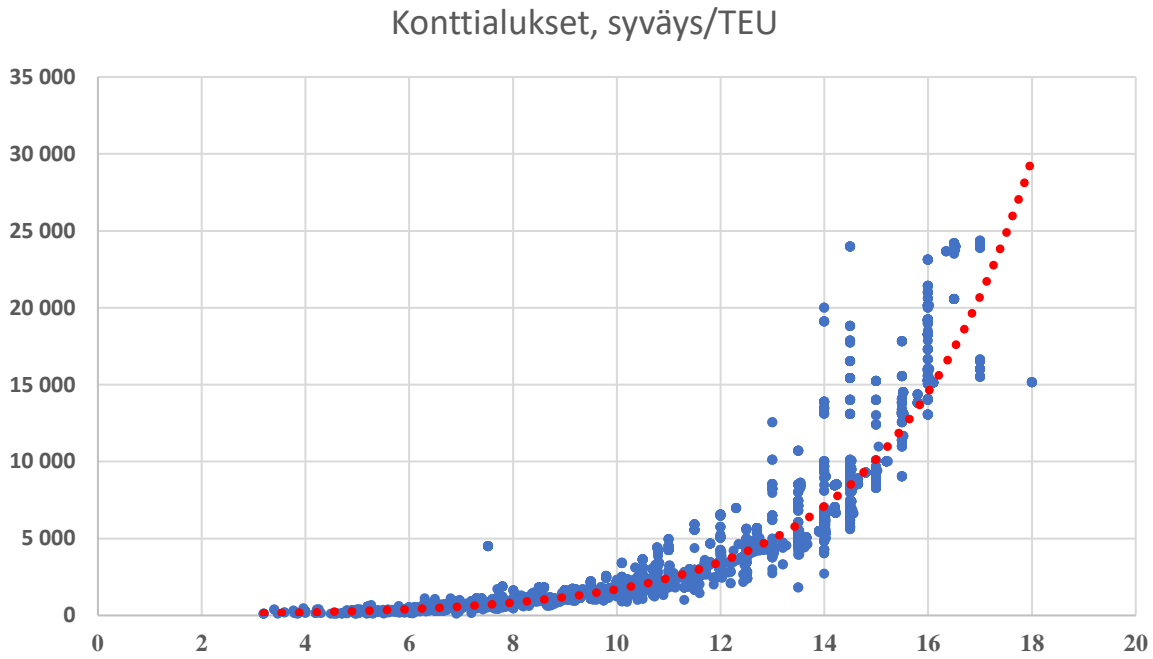
Syväys m	Leveys m	Koneteho kW	Nopeus solmua	Nopeus km/h	Polttoaineen kulutus t/ajovrk	Polttoaineen kulutus t/sata-mavrk
A	T	U	V	W	X	Y
4	18,9	4 538	12,5	23,2	16,8	3,9
5	22,8	7 632	14,2	26,2	27,3	5,8
6	28,1	11 669	15,8	29,3	40,5	7,6
7	28,6	16 709	17,5	32,3	56,6	9,4
8	34,5	22 804	19,1	35,4	75,6	11,2
9	38,3	30 002	20,7	38,4	97,8	13,0

Liite 3. Aluskustannusten laskemiseen käytettyjen parametrien estimoinnin pohjana olevat regressioyhtälöt ja -kertoimet

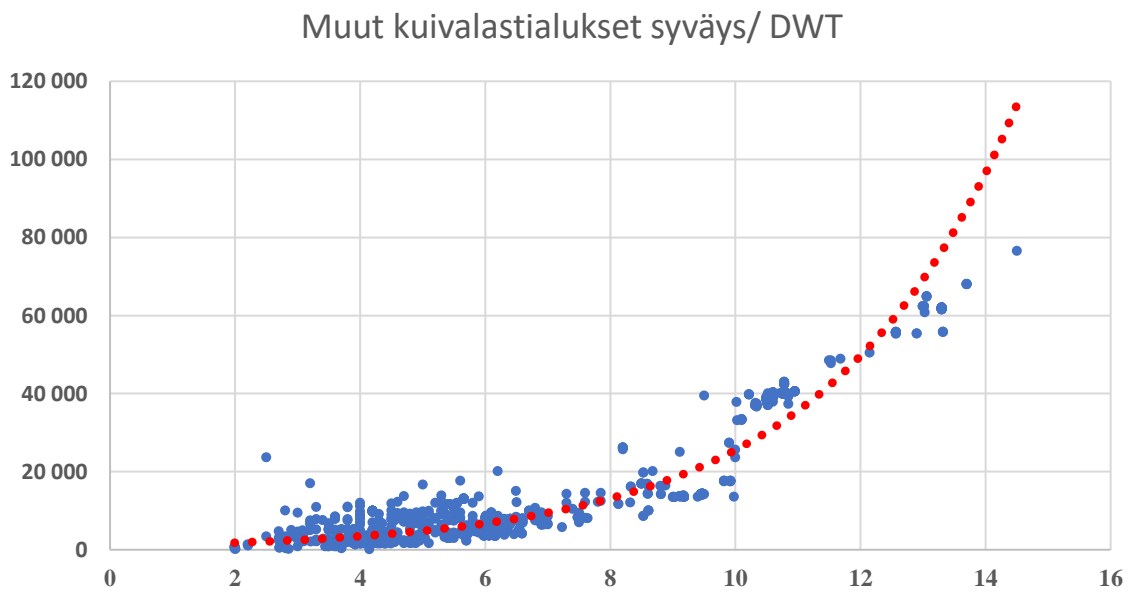
Taulukko 1. Aluskustannusten laskemiseen käytettyjen parametrien estimoinnin pohjana olevat regressioyhtälöt ja -kertoimet

Pääkoneen teho = f(syväys)		R ²	β ₀	β ₁
Kuivabulk-alukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,915	85,305	1,824
Kaasusäiliöalukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,949	31,11	2,573
Säiliöalukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,943	50,693	2,078
Konttialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,858	14,237	3,02
Muut kuivalastialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,769	50,147	2,128
Ro-ro-lastialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,661	37,328	3,06
Ropax-alukset ja matkustaja-autolautat	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,789	179,768	2,329
Apukoneen teho = f(syväys)		R ²	β ₀	β ₁
Kuivabulk-alukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,455	57,698	1,368
Kaasusäiliöalukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,791	10,051	2,627
Säiliöalukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,679	55,808	1,493
Konttialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,837	3,922	2,98
Muut kuivalastialukset	$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$	0,515	-844,642	251,53
Ro-ro-lastialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,838	13,938	2,713
Ropax-alukset ja matkustaja-autolautat	$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$	0,842	-1329,69	727,094
Hankintahinta = f(syväys)		R ²	β ₀	β ₁
Kuivabulk-alukset	$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$	0,465	-27,482	5,878
Kaasusäiliöalukset	$Y = \beta_0 e^{\beta_1 x} + \epsilon$	0,694	-2,062	2,879
Säiliöalukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,726	1,156	1,545
Konttialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,758	0,118	2,602
Muut kuivalastialukset	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,677	0,46	1,935
Ro-ro-lastialukset	$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$	0,566	-60,599	17,226
Ropax-alukset	$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$	0,407	-123,743	37,373
Matkustaja-autolautat	$Y = \beta_0 x^{\beta_1} + \epsilon$	0,668	0,905	2,618

Liite 4. Aluksen syvyyksen ja lastikapasiteetin välinen regressioanalyysi

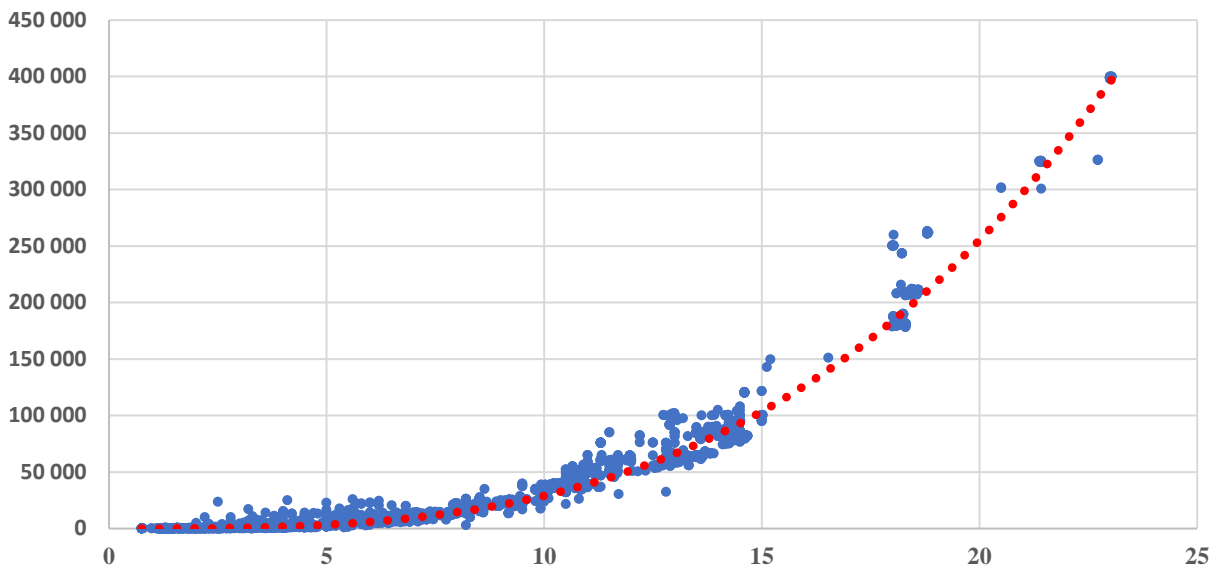


Kuva 1. Konttialukset, syväys/TEU



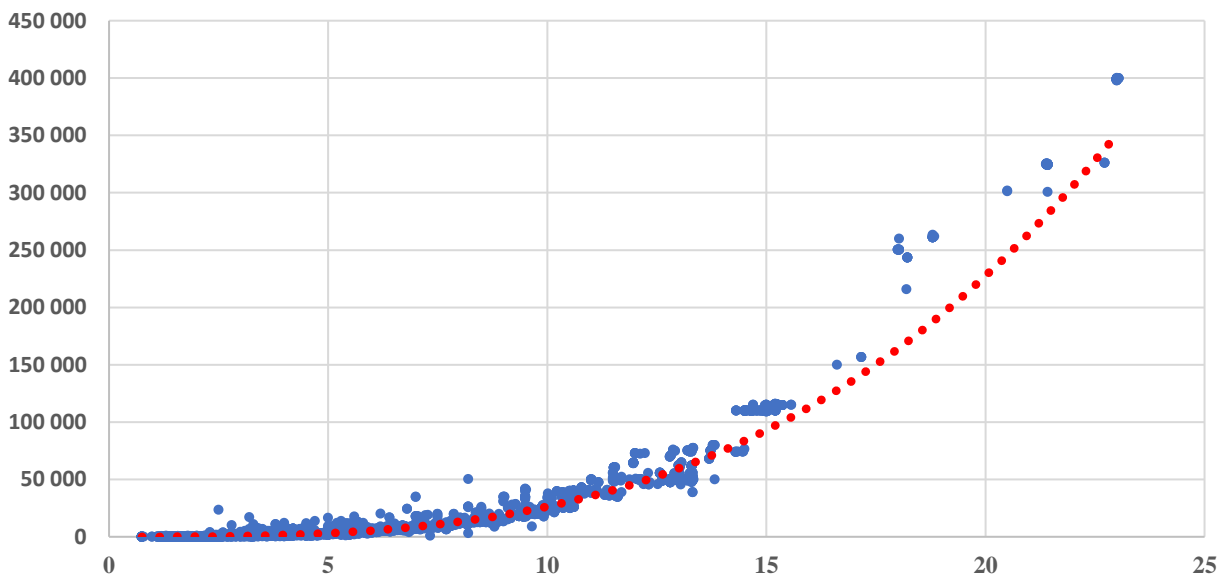
Kuva 2. Muut kuivalastialukset syväys/DWT

Kuivalastialukset, syväys/DWT



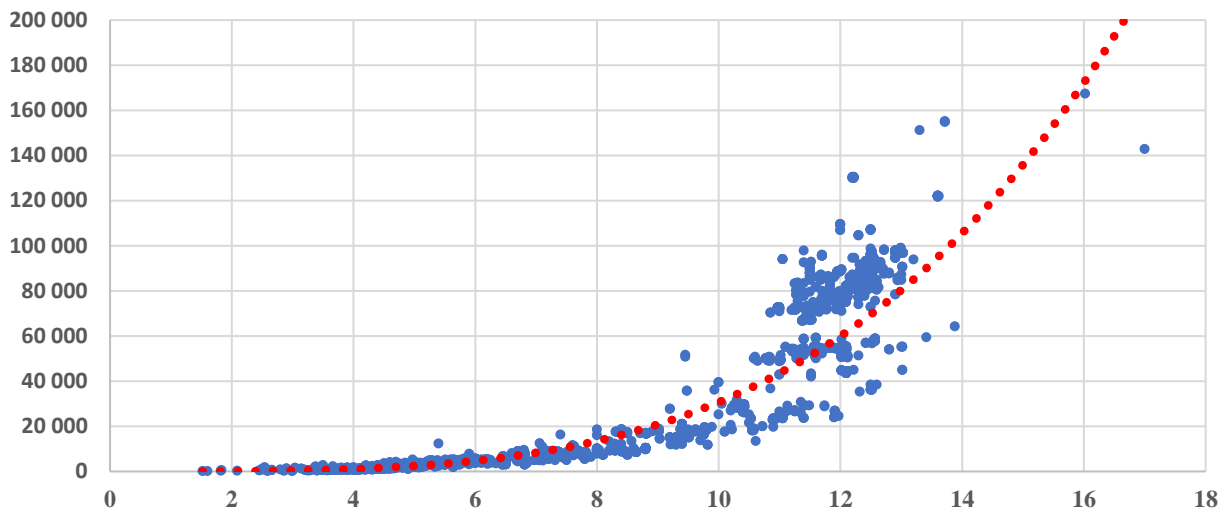
Kuva 3. Kuivalastialukset, syväys/DWT

Säiliöalukset, syväys/DWT



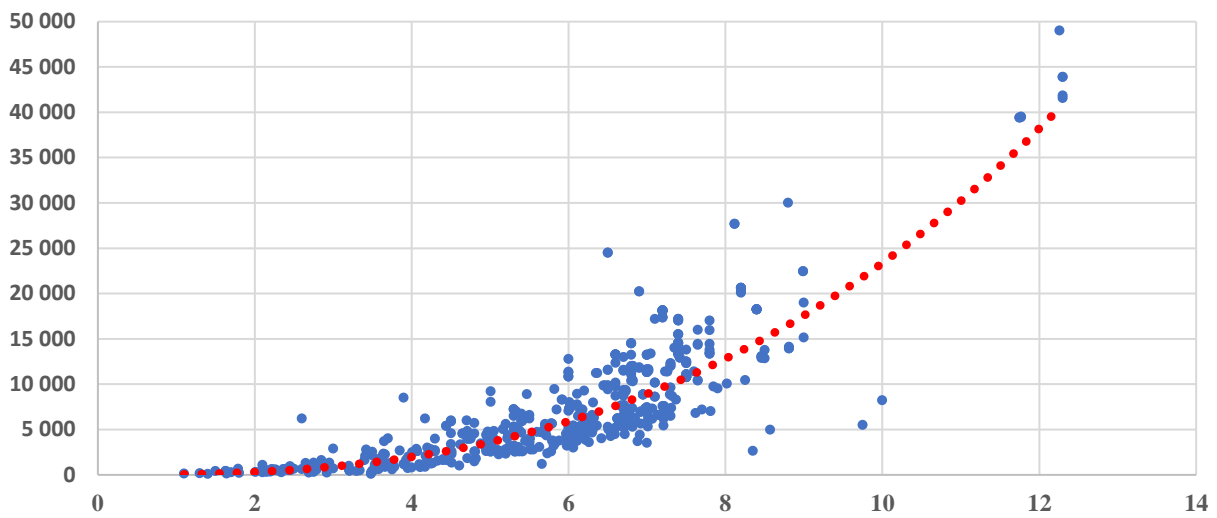
Kuva 4. Säiliöalukset, syväys/DWT

Kaasusäiliöalukset, syväys/DWT



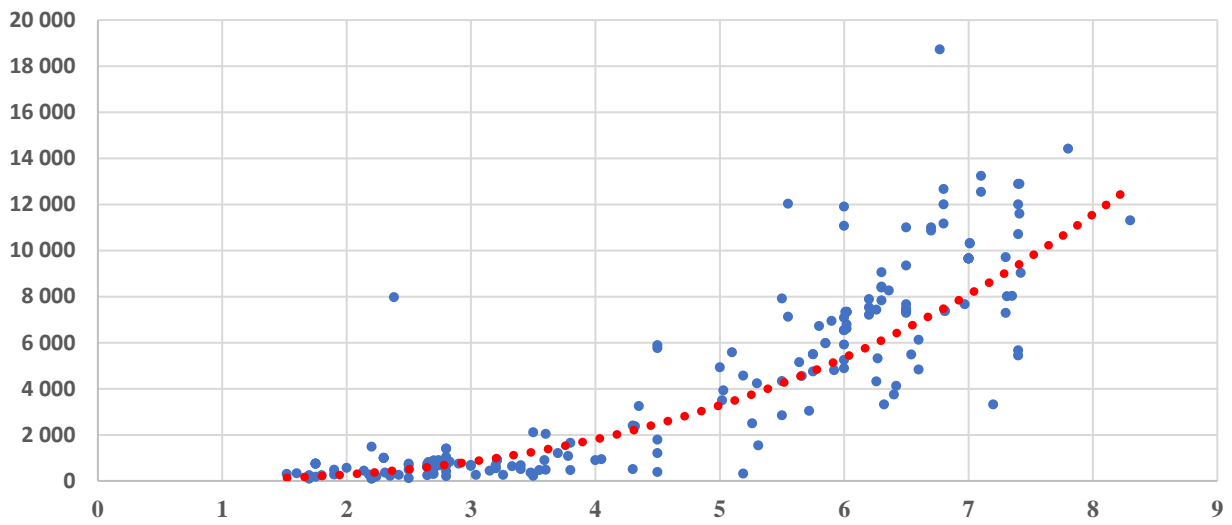
Kuva 5. Kaasusäiliöalukset, syväys/DWT

Ro-Ro lastialukset, syväys/DWT



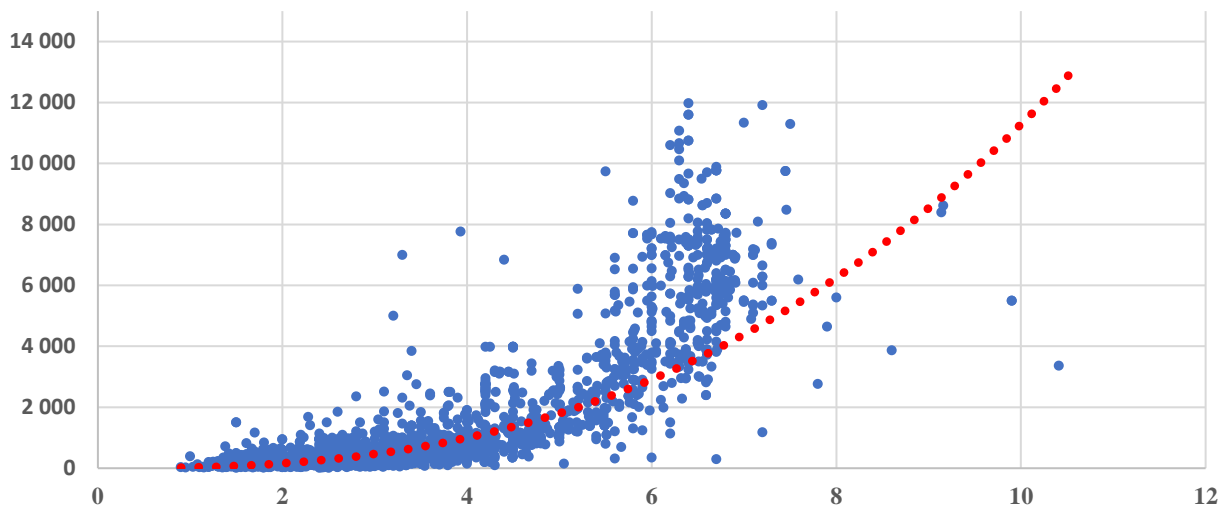
Kuva 6. Ro-ro-lastialukset, syväys/DWT

Ropax-alukset, syväys/DWT



Kuva 7. Ropax-alukset, syväys/DWT

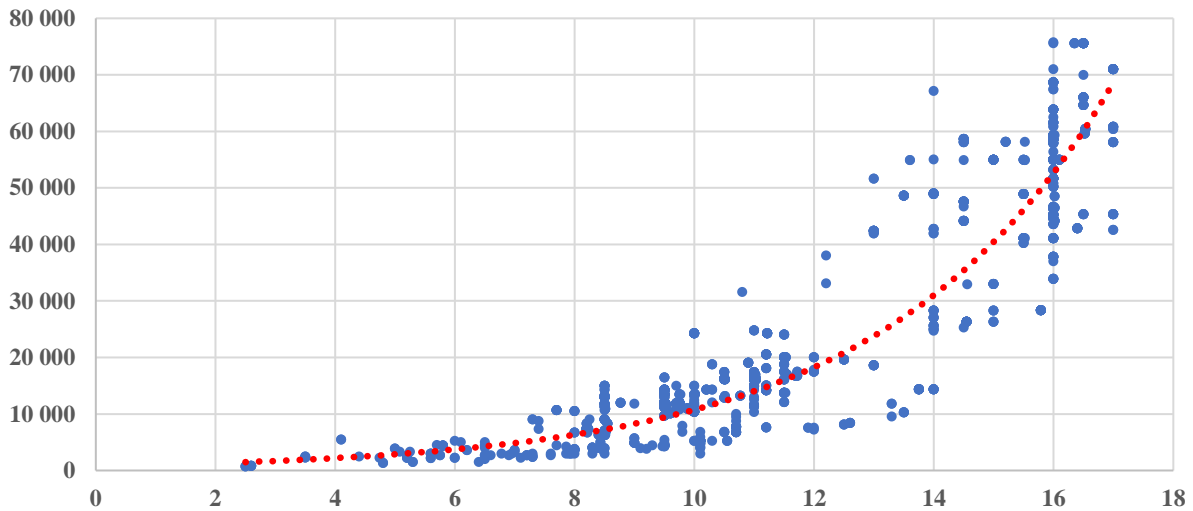
Matkustaja-autolautat, syväys/DWT



Kuva 8. Matkustaja-autolautat, syväys/DWT

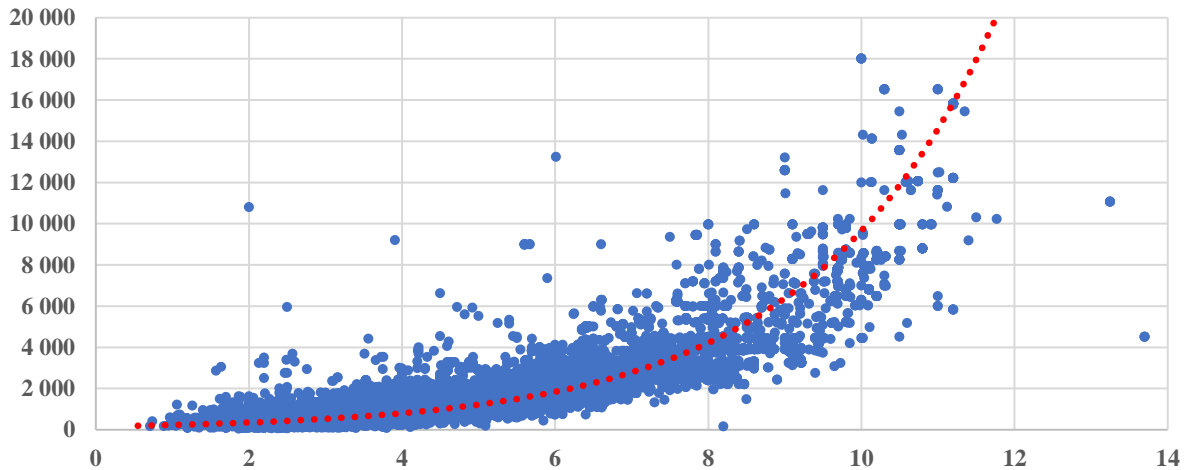
Liite 5. Alusten syväyksen ja konetehton väliset regressioanalyysit

Konttialukset syväys/koneteho (kW)



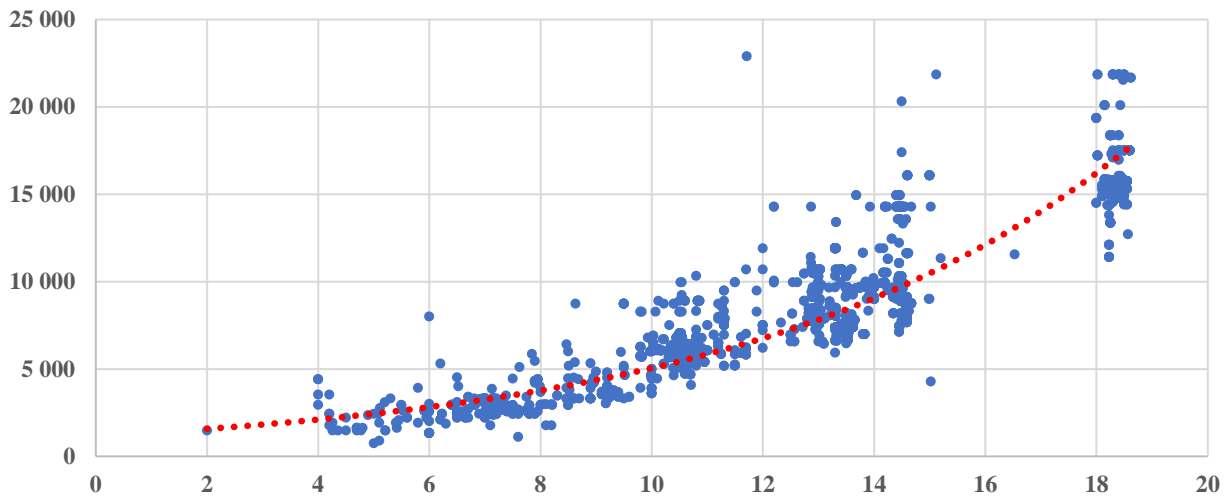
Kuva 1. Konttialukset syväys/koneteho (kW)

Muut kuivalastialukset syväys/koneteho (kW)



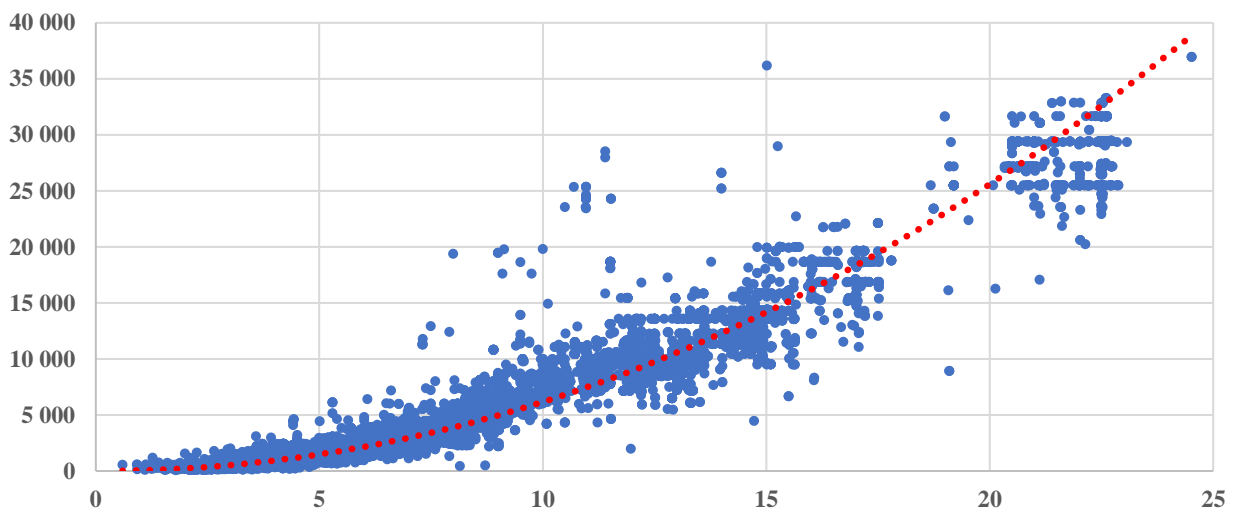
Kuva 2. Muut kuivalastialukset syväys/koneteho (kW)

Kuivabulk-alkuset, syväys/konetehto (kW)



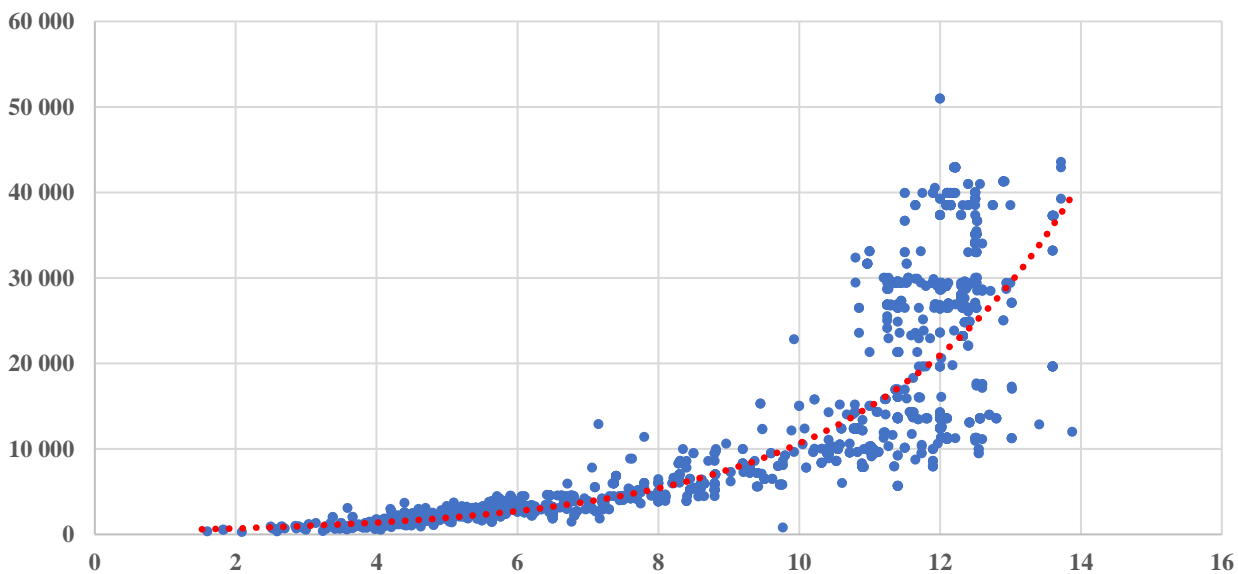
Kuva 3. Kuivabulk-alkuset, syväys/konetehto (kW)

Säiliöalkuset syväys/konetehto (kW)



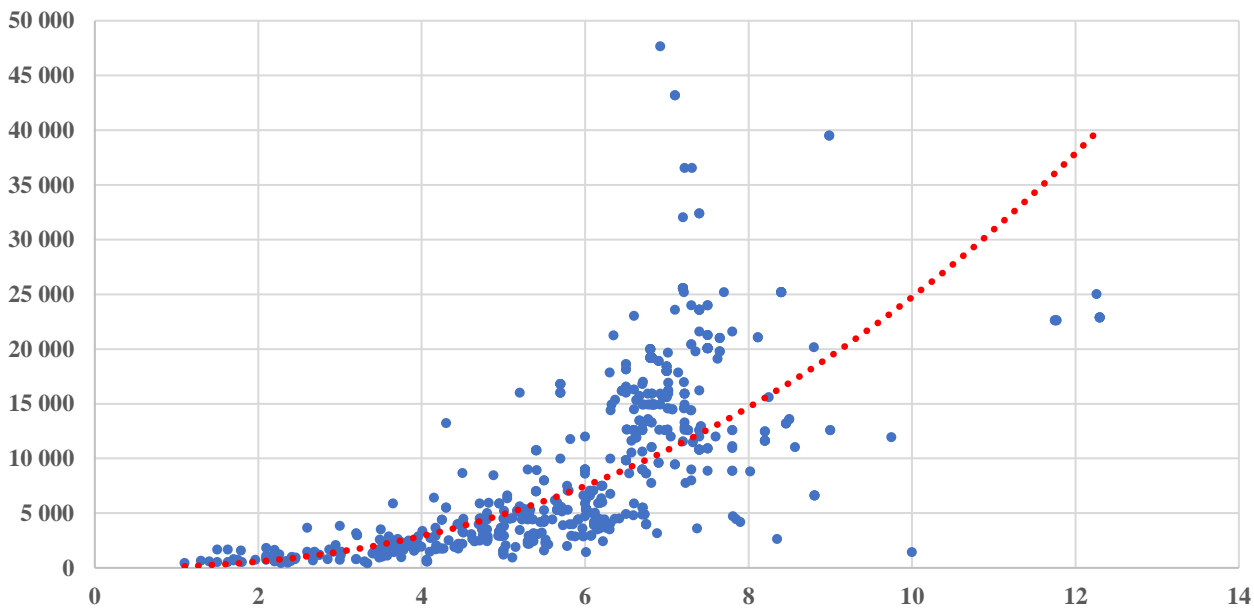
Kuva 4. Säiliöalkuset syväys/konetehto (kW)

Kaasusäiliöalukset syväys/koneteho (kW)



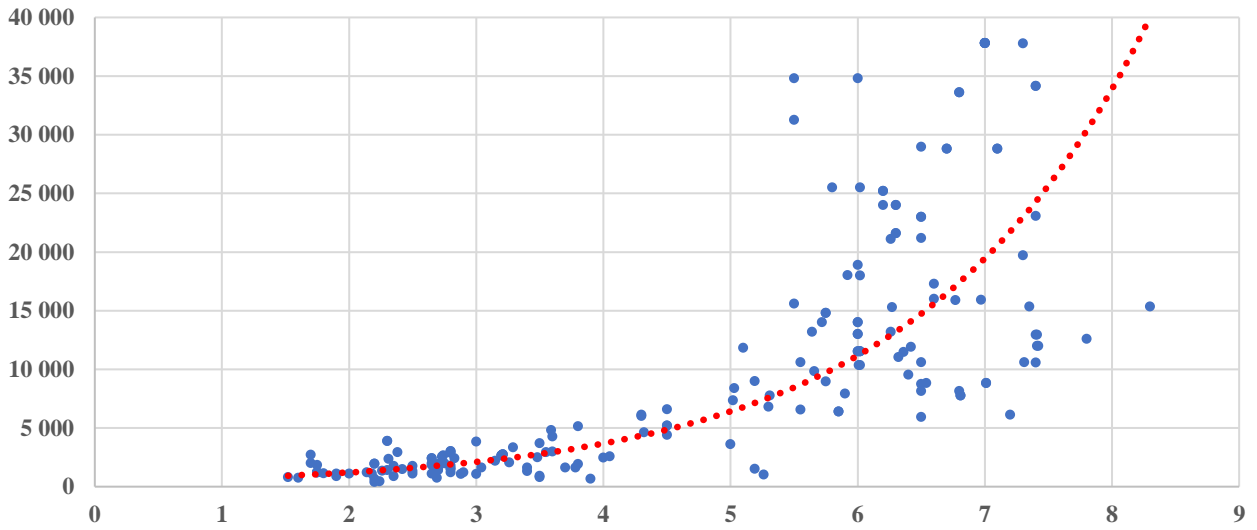
Kuva 5. Kaasusäiliöalukset syväys/koneteho (kW)

Ro-Ro lastialukset, syväys/ koneteho (kW)



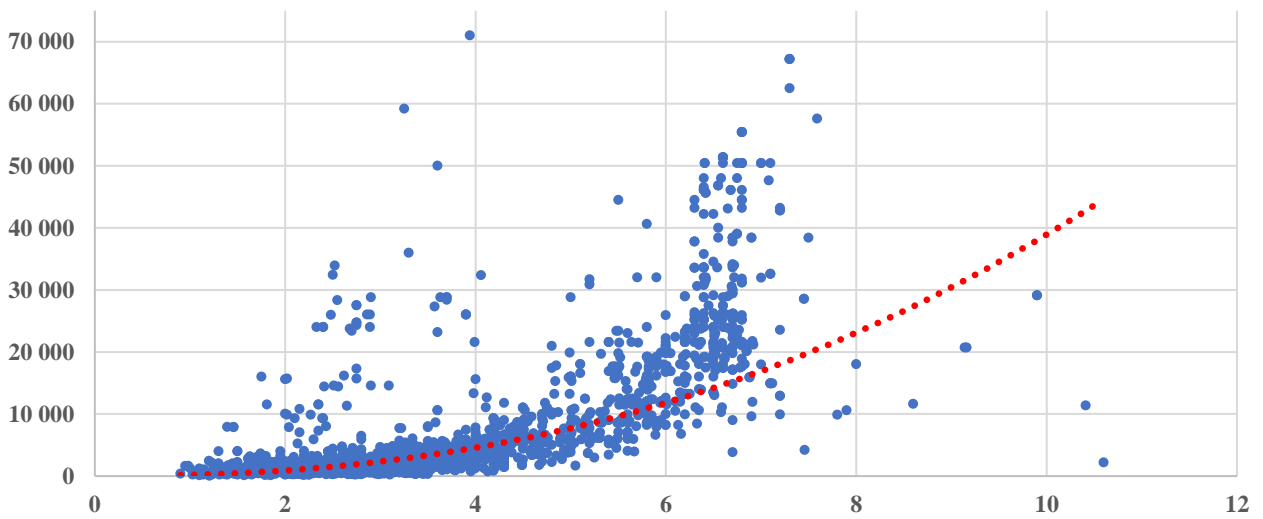
Kuva 6. Ro-ro-lastialukset, syväys/koneteho (kW)

Ropax-alukset, syväys/ konetehto (kW)



Kuva 7. Ropax-alukset, syväys/konetehto (kW)

Matkustaja-autolautat, syväys/ konetehto (kW)



Kuva 8. Matkustaja-autolautat, syväys/konetehto (kW)

Liite 6. Eri alustyyppien kustannusrakenne ajovuorokaudessa ja satamavuorokaudessa, sekä alustyyppikohtaiseen operointiprofiiliin perustuva arvio keskimääräisestä kustannusrakenteesta

Taulukko 1. Eri alustyyppien kustannusrakenne ajovuorokaudessa ja satamavuorokaudessa

	Pääoma	Miehitys	Korjaus- ja kunnossapito	Vakuutukset	Yleiskustannus	Polttoainekustannus	
Konttialukset	22,1 %	8,5 %	11,9 %	3,7 %	3,7 %	50,0 %	100,0 %
Irtolastialukset	24,1 %	12,0 %	14,2 %	4,4 %	4,4 %	41,0 %	100,0 %
Muut kuivalastialukset	26,9 %	17,0 %	14,5 %	4,5 %	5,0 %	32,0 %	100,0 %
Säiliöalukset	26,8 %	14,4 %	14,4 %	4,5 %	4,8 %	35,1 %	100,0 %
Ro-ro-lastialukset	23,0 %	9,6 %	14,5 %	4,5 %	4,1 %	44,2 %	100,0 %
Ropax-alukset	24,3 %	6,4 %	15,3 %	4,8 %	4,1 %	45,1 %	100,0 %
Matkustaja-autolautat	24,9 %	9,7 %	15,6 %	4,9 %	4,4 %	40,5 %	100,0 %
Kaasusäiliöalukset	28,0 %	15,7 %	17,5 %	5,5 %	5,3 %	28,0 %	100,0 %

Taulukko 2. Eri alustyyppien kustannusrakenne satamavuorokaudessa

	Pääoma	Miehitys	Korjaus- ja kunnossapito	Vakuutukset	Yleiskustannus	Polttoainekustannus	
Konttialukset	38,2 %	14,1 %	20,6 %	6,4 %	6,3 %	14,3 %	100,0 %
Irtolastialukset	36,1 %	17,9 %	21,3 %	6,7 %	6,6 %	11,5 %	100,0 %
Muut kuivalastialukset	35,9 %	21,4 %	19,3 %	6,0 %	6,6 %	10,7 %	100,0 %
Säiliöalukset	37,6 %	19,6 %	20,3 %	6,3 %	6,7 %	9,5 %	100,0 %
Ro-ro-lastialukset	37,1 %	14,9 %	23,3 %	7,3 %	6,6 %	10,8 %	100,0 %
Ropax-alukset	42,0 %	11,2 %	26,3 %	8,2 %	7,0 %	5,3 %	100,0 %
Matkustaja-autolautat	40,0 %	15,5 %	25,1 %	7,8 %	7,1 %	4,4 %	100,0 %
Kaasusäiliöalukset	36,8 %	19,9 %	23,1 %	7,2 %	7,0 %	6,0 %	100,0 %

Taulukko 3. Alusten operointiprofiililla painotettu kustannusrakenne

	Pääoma	Miehitys	Korjaus- ja kunnossapito	Vakuutukset	Yleiskustannus	Polttoainekustannus	
Konttialukset	29,0 %	10,9 %	15,6 %	4,9 %	4,8 %	34,8 %	100,0 %
Irtolastialukset	29,8 %	14,8 %	17,6 %	5,5 %	5,4 %	26,9 %	100,0 %
Muut kuivalastialukset	31,0 %	19,0 %	16,7 %	5,2 %	5,8 %	22,4 %	100,0 %
Säiliöalukset	31,7 %	16,7 %	17,0 %	5,3 %	5,7 %	23,6 %	100,0 %
Ro-ro-lastialukset	24,4 %	10,1 %	15,3 %	4,8 %	4,4 %	41,0 %	100,0 %
Ropax-alukset	26,0 %	6,9 %	16,3 %	5,1 %	4,3 %	41,3 %	100,0 %
Matkustaja-autolautat	26,3 %	10,2 %	16,5 %	5,2 %	4,7 %	37,1 %	100,0 %
Kaasusäiliöalukset	31,8 %	17,5 %	19,9 %	6,2 %	6,0 %	18,5 %	100,0 %



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-405-233-7
www.vayla.fi