

Petri Vainio

# VUOSAAREN SATAMAN EDISTYMINEN TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Logistiikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Petri Vainio
Työn nimi	Vuosaaren sataman edistyminen työkoneiden päästöjen vähentämisessä
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Xamk
Vuosi	2024
Sivut	67 sivua, liitteitä 4 sivua
Työn ohjaaja(t)	Suvi Johansson

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aihe liittyy ilmastonmuutoksen hidastamiseen, missä kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidipäästöjen, vähentäminen on merkittävä keino. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, kuinka Helsingin Satama Oy:n (Satama) Vuosaaren satamassa on edistytty työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä.

Satama on asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali vuonna 2025 omien päästöjensä osalta. Lisäksi tavoitteena on pienentää satamassa toimivien työkoneiden hiilidioksidipäästöjä 60 prosentilla vuodesta 2015 vuoteen 2030 mennessä. Satamaoperaattoreiden käytössä olevien dieselkonttilukkiin operointi aiheuttaa suurimman osan Vuosaaren sataman työkonepäästöistä. Tästä syystä tutkimusongelmaksi on valittu sen selvittäminen, miten Vuosaaren satama on edistynyt työkoneiden, erityisesti konttilukkiin, hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä.

Tämä opinnäytetyö on tyypiltään laadullinen tutkimus, joka muodostuu teoria- ja tutkimusosuudesta. Aineistona on käytetty aikaisempia tutkimuksia ja selvityksiä sekä Sataman vuosikertomuksia. Suurin osa em. aineistosta on ollut saatavissa internetistä WWW- ja PDF-julkaisuina. Lisäksi tutkimuksessa on käytetty kirjallisia lähteitä ja sähköpostikyselyjä.

Tutkimuksen tuloksena on, ettei Satama ole edistynyt hyvin työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä, vaan päästöt ovat kasvaneet 30,3 prosenttia vuoden 2023 loppuun mennessä. Työkoneiden päästöjä pitäisi vielä vähentää vuoden 2030 loppuun mennessä noin vähintään 4 500 CO<sub>2</sub>-tonnilla, mikä on yli 60 prosenttia vuoden 2023 työkoneiden päästöjen määrästä. Markkinoilla Suomessa olevien konttilukkiin diesel- ja hybridimallien päästöjen vertailu osoittautui vaikeaksi. Aiemman tutkimuksen tietojen perusteella tehtyjen laskelmien mukaan dieselkonttilukkiin vaihdolla hybridimalliin ei pystytä saavuttamaan päästötavoitetta. Myös vaihdolla täyssähköisiin konttilukkeihin tavoitteen saavuttaminen on haasteellista, ja lisäksi niiden lataaminen häiritsee työskentelyä. Tutkimuksen lopussa onkin jouduttu toteamaan, että Satamassa on odotettava vetyteknologien kehitystä ja sen tulosten ottamista käytäntöön.

**Asiasanat:** satama, työkone, konttilukki, hiilidioksidipäästöt

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Petri Vainio
Thesis title	Progress in reducing heavy machinery emissions at the Vuosaari Harbour
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences, Xamk
Time	2024
Pages	67 pages, 4 pages of appendices
Supervisor	Suvi Johansson

## ABSTRACT

The thesis focuses on a topic closely related to mitigating climate change by reducing greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide. The objective of the study was to examine the progress made by Port of Helsinki Ltd in reducing carbon dioxide emissions produced by machinery at the Vuosaari Harbour.

The port of Helsinki has set a target to achieve carbon neutrality by 2025 concerning its own emissions. Furthermore, by 2030 it aims to cut carbon dioxide emissions caused by machinery by 60 percent compared to 2015 levels. Diesel-driven straddle carriers are the primary source of these emissions at Vuosaari Harbour. Therefore, the examination concentrated on evaluating and analyzing this particular aspect of operation.

This thesis is a qualitative study that includes theoretical and discussion components. In addition to literature review, the Port of Helsinki's annual reports were studied and an email survey was conducted among Port of Helsinki and Vuosaari Harbour's operators.

The materials used comprise previous studies and reports, as well as the port's annual reports, most of which are accessible online as web and PDF publications. The study also utilizes written sources and email surveys.

The findings revealed that the harbour has not made significant progress in reducing emissions produced by machinery; instead, emissions had increased by 30.3 percent by the end of 2023. In order to meet the 2030 targets, emissions must be reduced by the equivalent of 4 500 tons of CO<sub>2</sub>, which is over 60 percent of the 2023 levels. Comparing the emissions generated by diesel and hybrid models of straddle carriers available in the Finnish market proved challenging. Based on previous studies, calculations indicated that switching from diesel to hybrid straddle carriers would not be sufficient to meet the emission targets. Trying to achieve the targets by switching to fully electric straddle carriers also present challenges, including operational disruptions due to charging requirements. Therefore, the study concludes that the Vuosaari Harbour must wait for the advancement and practical implementation of hydrogen technologies.

**Keywords:** port, heavy machinery, straddle carrier, carbon dioxide

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Opinnäytetyön taustaa .....	6
1.2	Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset .....	7
1.3	Tutkimusmenetelmät .....	7
1.4	Opinnäytetyön rakenne ja rajaukset .....	9
1.5	Käsitteitä .....	11
2	SUOMEN ILMASTOPOLITIIKKA JA VÄHENNYSTAVOITTEET .....	14
2.1	Ilmastolakiin perustuvat tavoitteet ja toteutummat.....	14
2.2	Liikenteen merkitys ilmaston muutoksen torjunnassa .....	16
3	HELSINGIN JA SEN SATAMAN ILMASTOTAVOITTEET .....	18
3.1	Helsingin kaupungin päästövähennysohjelma .....	18
3.2	Helsingin sataman hiilidioksidipäästöt ja niiden vähentäminen .....	19
4	VUOSAAREN SATAMA JA SEN TOIMINTAMALLI .....	20
4.1	Tietoja Helsingin Sataman historiasta ja nykyiset toimipisteet .....	20
4.2	Helsingin sataman merkitys tavarakuljetuksissa Suomessa .....	21
4.3	Vuosaaren sataman toimintamalli .....	22
4.4	Työkoneet Vuosaaren satamassa .....	23
5	TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN .....	25
5.1	Työkoneiden päästöt .....	25
5.2	Työkoneiden päästöjen vähentämiskeinoja.....	27
5.3	Green deal -sopimukset ja HENRY:n hanke.....	31
5.4	Työkoneiden sähköistämisvaihtoehdot.....	34
5.5	Esimerkkejä markkinoilla olevista hybridi- ja sähkökonttilukeista .....	35
6	SATAMAN TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖTAVOITE JA PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISKEINOT .....	38
6.1	Vuosaaren sataman työkoneiden päästötavoite.....	38
6.2	VTT:n selvityksen keskeiset havainnot.....	38

6.3	VTT:n selvityksessä ehdotetut keinot hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi.....	41
6.4	Tiekartassa ehdotetut toimenpiteet ja aikataulu .....	44
7	SATAMAN EDISTYMINEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ .....	46
7.1	Edistyminen vuodesta 2019 vuoden 2023 loppuun mennessä .....	46
7.2	Sataman edistyminen vuodesta 2015 vuoteen 2023.....	48
7.3	Kysely Helsingin sataman päällikölle.....	50
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI .....	51
8.1	Yhteenveto tutkimustuloksista .....	51
8.2	Johtopäätökset.....	54
8.3	Ehdotuksia jatkotoimista.....	58
8.4	Tutkimuksen luotettavuuden ja uskottavuuden arviointi .....	59
	LÄHTEET .....	60

Liitteet	Liite 1. Kyselylomake sataman edustajille	
	Liite 2. Kyselylomake satamaoperaattoreille	
	Liite 3. Sataman työkoneiden päästöjen ja käyttökustannusten vertailu eri käyttövoimilla	
	Liite 4 Tiekartan aikataulu työkonepäästöjen vähentämiseksi	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön taustaa

Lähes päivittäin kuulemme uutisissa ilmaston lämpenemisestä ja sen vaikutuksista omaan arkielämäämme. Ajankohtaisohjelmissa käsitellään ilmastonmuutosta ja Suomen edistymistä kohti ilmastotavoitteitaan. Voimme myös itse halutessamme laskea oman hiilijalanjälkemme internetissä tarjolla olevilla laszureilla ja ryhtyä ilmastodieetille (Laske oma hiilijalanjälki s.a.). Yritykset raportoivat nykyisin vuosikertomuksissaan toimintansa vaikutuksista myös ympäristöön.

Viime kuukausina on uutisoitu mm. Suomen liikenteen päästöistä ja hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamismahdollisuuksista. Sähköautojen osuus oli viime vuoden syksyllä 33,3 prosenttia uusista rekisteröidyistä henkilöautoista. Sähköautojen osuus oli silti vain 2,6 prosenttia kaikista henkilöautoista. (Häkälä 2024.) Suomen ilmastotavoitteiden kannalta autojen sähköistymisellä on suuri merkitys. Liikenne- ja viestintäministeri Lulu Ranne on lehtiartikkelin (Mäenpää 2024) mukaan todennut huhtikuussa 2024: ”Meillä tulee olemaan polttomootori forever.”

Työharjoittelujaksojeni aikana tutustuin Vuosaaren sataman toimintaan. Opinnäytetyön idean ja aiheen löytäminen oli vaikeaa. Vuosaaren satamassa työskentelyni aikaiselta esihenkilöltä sain vihjeen siitä, että satamalla olisi tarvetta selvittää tulevaisuudessa sataman työkoneiden, erityisesti konttilukkien, hiilidioksidipäästöjen vähentämistä sähköistämisen avulla. Alustavassa aihetta koskevassa etsinnässä löysin Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n raportin (Söderena ym. 2021).

Konttilukkien sähköistämismahdollisuuksien selvittäminen kuulosti sekä ajankohtaiselta että mielenkiintoiselta. Valitsin opinnäytetyöni aiheeksi VTT:n em. tutkimuksen (Söderena ym. 2021) perusteella lopulta sen selvittämisen, mitä toimenpiteitä satamassa on tehty raportin tiekartan eli suunnitelman toteuttamiseksi käytännössä ja kuinka pitkälle on edistytty työkoneiden, erityisesti konttilukkien, hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä em. aiemman tutkimuksen jälkeen. Minulla ei ole tutkimukselleni sataman toimeksiantoa.

## 1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Tutkimusongelmana on: Miten Vuosaaren satama on edistynyt työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä? Vuosaaren satama on yksi Helsingin Satama Oy:n (myöhemmin Helsingin Satama tai Satama) satamista. Satama puolestaan on Helsingin kaupungin kokonaan omistama tytäryhtiö, ja se toimii Helsingin kaupungin tavoitteiden mukaisesti.

Tutkimusongelmaan etsitään vastausta seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

- 1 Mitkä ovat Suomen ilmastotavoitteet ja mikä on liikenteen merkitys tavoitteiden saavuttamisessa?
- 2 Mitkä ovat Helsingin ja sen sataman ilmastotavoitteet?
- 3 Mikä on Vuosaaren satama ja miten se toimii?
- 4 Mistä työkoneiden päästöt syntyvät ja millä keinoilla päästöjä voitaisiin vähentää?
- 5 Mikä on Vuosaaren sataman työkoneiden päästötavoite ja millä keinoilla päästöjä voitaisiin vähentää?
- 6 Miten Vuosaaren satama on edistynyt työkoneiden, erityisesti konttilukkien, päästöjen vähentämisessä VTT:n selvityksen jälkeen?

## 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä opinnäytetyö on tutkimusmenetelmältään laadullinen eli kvalitatiivinen. Laadullisessa tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää, mistä tutkimuksen kohdeilmiossa on kyse, ja tulkita ilmiötä tarkemmin kirja- ja internetlähteiden sekä haastatteluiden avulla. (Kananen 2019, 75.) Tutkimus on myös teoreettinen, koska tutkimuskohdetta ei havainnoida välittömästi, vaan se pyritään hahmottamaan aiemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta (Jyväskylän yliopisto).

Tutkimuksen teoriaosan aineisto muodostuu jo olemassa olevista lähteistä, joten se on hankittu sekundäärisellä aineiston keruumenetelmällä (Kananen 2017, 82). Opinnäytetyössä on sovellettu laadullisen aineiston käsittelyn perusmenetelmänä sisältöanalyysiä. Laadullinen tutkimusmenetelmä sopii hyvin tähän työhön, jonka teoriaosuus sisältää aiemmissa tutkimuksissa aiheesta

esitettyjen asioiden selvittämistä sekä niiden analysointia ja karsimista sekä lopulta uudelleen jäsentelyä siten, että niistä syntyy uusi yhtenäinen ja loogisesti etenevä kokonaisuus. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 75.)

Opinnäytetyö koskee yhtä yritystä ja tarkemmin sen yhtä toimipaikkaa eli Helsingin Sataman Vuosaaren satamaa. Tutkimusta voisi luonnehtia myös tapautkimukseksi, koska työssä tutkitaan yhtä kohdetta syvällisesti. (Jyväskylän yliopisto.)

Aineistona on käytetty jo olemassa olevia tutkimuksia ja alan kirjallisuutta, joista on valittu sisällöltään parhaiten tutkimuksen kohdetta koskevat luotettavat julkaisut. Suurin osa tutkimuksista ja tiedoista on saatavissa tänä päivänä internetin välityksellä WWW- tai PDF-julkaisuina. Työn keskeisimmät lähteet ovat VTT:n tilaustyönä valtion organisaatioille tekemien selvitysten ja tutkimusten raportteja. VTT on laatinut myös em. Vuosaaren sataman työkoneiden päästöjä koskevan selvityksen (Söderena ym. 2021), jonka tilaajana on ollut Helsingin kaupunki. Lähdeaineistona on käytetty myös konttilukkien valmistajan myyntipäällikön puhelinhaastattelua ja häneltä lisäkysymyksiin sähköpostilla saatuja vastauksia (Kalmarin myyntipäällikkö 2024).

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Sataman edistymisen työkoneiden päästöjen vähentämisessä em. VTT:n selvityksen (Söderena ym. 2021) jälkeen. VTT:n selvitys on laadittu vuoden 2019 tilanteen perusteella, ja sataman päästövähennystavoitteiden laskennassa käytetään vertailuvuotena vuotta 2015. Tästä syystä lähdeaineistoon sisältyy myös Sataman eri vuosien vuosikertomukset vuoteen 2023 asti.

Tutkimuksen aikana tehtävällä sähköpostikyselyllä oli tarkoitus hankkia empiristä aineistoa nykyisin satamassa käytössä olevista lukeista, tähänastisista toimenpiteistä konttilukkien päästöjen vähentämiseksi sekä näkemyksiä tai ehdotuksia päästöjen vähentämiseksi tulevaisuudessa. Kysymykset oli laadittu VTT:n tutkimuksen (Söderena ym. 2021) perusteella. Vastausten käsittely oli suunniteltu tapahtuvaksi niin, että vastaajat jaetaan kahteen ryhmään eli Sataman päälliköt ja satamaoperaattoreiden edustajat. Sen jälkeen vastaukset ryhmitellään eri teemoihin sisältönsä perusteella ja analysoidaan. Vastauksista jätetään pois asiaan kuulumattomat seikat.



Kyselyä varten on laadittu sähköpostiviestiin liitettävä Word-lomake, jossa on kerrottu kyselyn taustatietoina VTT:n tutkimuksesta (Söderena ym. 2021). Kummallekin vastaajaryhmälle eli Sataman päälliköille ja satamaoperaattoreiden edustajille oli laadittu omat kysymykset (liite 1 ja 2). Kyselyyn oli mahdollista vastata kirjoittamalla vastaukset joko Word-lomakkeelle tai sähköpostiviestiin.

Kyselytutkimuksen huonona puolena on se, että kysymykset on laadittu huonosti eikä vastaajia saada riittävästi. Jos vastaajia on vähän, se vaikuttaa vastausten luotettavuuteen. Kyselyn hyvänä puolena on se, että kyselyllä voidaan saada sellaista käytännön tietoa, jota ei ole mahdollista saada kirjallisista lähteistä. (Jyväskylän yliopisto.)

Kyselyyn saatiin sähköpostilla vastauksia yhdeltä sataman päälliköltä (Sataman päällikkö 2024). Sataman toiselta päälliköltä puhelinkeskustelussa saatujen tietojen mukaan vain kahdella suurimmalla satamaoperaattorilla on nykyisin käytössään konttilukkeja Vuosaaren satamassa (Sataman päällikkö 2024). Satamaoperaattoreiden edustajat eivät halunneet vastata kyselyyn yrityksensä liikesalaisuuksien suojaamiseksi.

#### **1.4 Opinnäytetyön rakenne ja rajaukset**

Teoriaosan alussa eli luvussa 2 selvitetään ensin Vuosaaren sataman päästötavoitteiden perustana olevia tekijöitä. Ylimmällä tasolla on Suomen ilmasto- ja energiapolitiikka ja sen tavoitteet. Ne muodostavat perustan Helsingin Sataman hiilineutraalisuustavoitteille ja liittyvät tämän opinnäytetyön tutkimusongelman osaksi nykyhetken maailmanlaajuisista ilmaston lämpenemistä. Lisäksi luvussa selvitetään liikenteen päästöjen osuutta ja merkitystä Suomen kokonaispäästöistä, koska työkoneiden päästöt luetaan liikenteen päästöihin.

Luvussa 3 esitetään Helsingin kaupungin ja Sataman ilmastotavoitteet ja eri osa-alueille asetetut vähentämistavoitteet aikatauluineen. Helsingin kaupunki tähtää hiilineutraaliksi kaupungiksi. Satama toteuttaa kaupungin tytäryhtiönä myös kaupungin strategian perusteella omaa Hiilineutraali Helsingin Satama -manifestiaan.

Luvussa 4 esitetään tietoja Helsingin sataman historiasta ja sen nykyisestä merkityksestä Suomen ulkomaankaupan satamana. Lisäksi esitetään lyhyesti Sataman toimintamalli ja siellä käytettävät työkoneet.

Luvussa 5 selvitetään työkoneiden päästöjä ja erilaisia toimenpiteitä niiden vähentämiseksi. Luvussa esitetään myös työkoneiden päästöjen vähentämiseen liittyviä hankkeita ja tarkastellaan työkoneiden sähköistämisvaihtoehtoja. Luvussa vertaillaan myös markkinoilla olevia hybridi- ja sähkökonttilukkeja dieselkäyttöisiin.

Luvussa 6 selvitetään VTT:n tutkimuksen (Söderena ym. 2021) perusteella Vuosaaren sataman työkoneiden päästötavoitetta ja VTT:n esittämiä keskeisiä havaintoja. Luvussa esitetään VTT:n selvityksessä (Söderena ym. 2021) ehdotettuja keinoja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Vielä esitellään tiekartassa eli suunnitelmassa ehdotettuja toimenpiteitä ja niiden aikataulua.

Luvussa 7 luvussa selvitetään Vuosaaren sataman edistymistä työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. VTT:n selvitys (Söderena ym. 2021) on laadittu vuoden 2019 tilanteen perusteella. Ensin selvitetään vuoden 2023 vuosikertomuksen perusteella, miten Satama on edistynyt työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä vuodesta 2019 vuoden 2023 loppuun mennessä. Sen jälkeen selvitetään, paljonko työkoneiden päästöjä on saatu vähennettyä päästövähennystavoitteiden vertailuvuotena olevasta vuodesta 2015 alkaen vuoteen 2023. Vielä selvitetään, paljonko päästöjä pitää vielä vähentää vuoden 2023 päästöjen määrästä tavoitteena nykyisin olevaan vuoteen 2030 mennessä.

Lisäksi tarkoituksena on selvittää kyselyllä, mitä toimenpiteitä Satama ja sataoperaattorit ovat tehneet tähän mennessä Vuosaaren sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ja millä keinoilla päästöjä voitaisiin vähentää tulevaisuudessa. Kyselyyn saatiin Sataman päällikön vastaus, jonka sisältöä on analysoitu (Sataman päällikkö 2024).

Luvussa 8 esitetään yhteenveto Sataman edistymisestä Vuosaaren sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Mukaan on otettu vertailun

vuoksi tiedot Sataman edistymisestä satama-alueiden hiilidioksidikokonaispäästöjen ja muiden toimintojen päästöjen vähentämisessä. Tulosten lisäksi luvussa esitetään johtopäätökset tutkimustuloksista ja arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja uskottavuutta sekä esitetään näkemyksiä jatkotoimille ja jatkotutkimuksille.

Opinnäytetyössä Sataman kasvihuonekaasupäästöjen käsittely rajataan hiilidioksidipäästöihin, koska niiden määrä on asetettu satamien vähähiilisyden mittariksi Sataman Hiilineutraali Helsingin satama -manifestissa. VTT:n selvityksen (Söderena ym. 2021) mukaan keskeisintä Vuosaaren sataman työkooneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on vähähiilisten käyttövoimien käyttöönoton edistäminen ensisijaisesti lukeissa. Tästä syystä opinnäytetyössä selvitetään vain konttilukkien vaihtoehtoisia käyttövoimia. Työn ulkopuolelle rajataan muiden työkooneiden, mm. terminaalitraktoreiden, vaihtoehtoisten käyttövoimien selvittäminen sekä niissä käytettävien polttoaineiden, mm. maa- tai biokaasun, selvittäminen.

Opinnäytetyön ulkopuolelle rajataan lisäksi eri mallisten konttilukkien hankintakustannusten ja käyttökustannusten sekä kannattavuuden selvittäminen kooneiden käyttöikäinä. Työn ulkopuolelle rajataan myös nykyisin saatavilla olevien polttoaineiden ominaisuuksien selvittäminen sekä niiden hintojen ja käyttökustannusten vertailu.

## **1.5 Käsitteitä**

### CO<sub>2</sub> eli hiilidioksidi

CO<sub>2</sub> eli hiilidioksidi on hiilestä ja hapesta koostuva kemiallinen yhdiste. Hiilidioksidin mittayksikkönä käytetään hiilidioksidiekvivalenttia, joka lyhennetään CO<sub>2</sub>-ekv. tai CO<sub>2</sub>e. Mittayksikkönä käytetään painomittoja, kuten kilogrammaa (kg) ja tonnia (tn). (OPENCO<sub>2</sub>NET s.a.)

Ihmisten toiminta aiheuttaa nykyisin paljon hiilidioksidipäästöjä. Merkittäviin päästölähteisiin kuuluvat mm. fossiilisten polttoaineiden käyttö. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua

ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Ilmastovaikutuksella tarkoitetaan kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua globaalia ilmastopakotetta eli ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Merkittäviin päästölähteisiin kuuluvat mm. fossiilisten polttoainneiden käyttö. (OPENCO2NET s.a.)

### Hiilineutraali

Hiilineutraaliksi nimitetään yritystä, tuotetta tai palvelua, joka ei kuormita ilmastoa. Hiilineutraali yritys ym. tuottaa päästöjä enintään sen verran kuin se pystyy niitä myös sitomaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ensin määritetään esim. tuotteen hiilijalanjälki ja sitten sitä pienennetään käyttökelpoisilla keinoilla. Sellaiset päästöt, joita ei onnistuta omin toimin vähentämään, kompensoidaan osallistumalla päästöjä vähentäviin projekteihin muualla tai ostamalla päästövähennyksiköitä markkinoilta. (OPENCO2NET s.a.)

### Dieselöljy

Dieselöljy eli lyhyemmin diesel on yhä paljon käytetty autojen polttoaine. Dieselöljyä käytetään paljon työkoneissa sekä autoissa, joilla ajetaan paljon eli kuorma-, linja- ja pakettiautoissa. Dieselmoottorin hyötysuhde on parempi kuin bensiinimoottorin, joten moottori kuluttaa vähemmän polttoainetta. Dieselauton hiilidioksidipäästöt ovat 15–20 prosenttia vastaavankokoista bensiiniautoa alemmat. (Motiva s.a; a; Autoalan tiedotuskeskus 2019, 6–7.)

### Uusiutuva diesel ja biodiesel

Dieselautojen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää tehokkaasti käyttämällä biopolttoaineita. Sekoitusraja on dieselissä perinteisille esterityyppisille (FAME, Fatty Acid Methyl Ester) biokomponenteille korkeintaan seitsemän tilavuusprosenttia. Happea sisältäviä FAME-komponentteja valmistetaan esimerkiksi rypsiöljystä. (Autoalan tiedotuskeskus 2019, 6.)

Uusiutuva diesel on hapeton biologista alkuperää oleva parafiininen diesel-polttoneste. Uusiutuvalla dieselillä ei ole sekoitusrajaa kuten FAME:lla, vaan sitä voidaan useimmiten käyttää sellaisenaan dieselmoottorin polttoaineena. (Autoalan tiedotuskeskus 2019, 6.)

XTL-komponenteilla tarkoitetaan parafiinista dieseliä, jota voidaan valmistaa sekä fossiilisista (esim. maakaasu) että uusiutuvista raaka-aineista. XTL-dieselille on useita nimikkeitä, joissa valmistusprosessi ja raaka-aineet ovat erilaisia, mm. HVO-, BTL- ja GTL-diesel. Esimerkiksi Nesteen MY uusiutuva diesel on vetykäsiteltyä HVO-dieseliä, jota valmistetaan kasviöljyistä, eläinrasvoista tai muista eloperäisistä rasvoista. (Autoalan tiedotuskeskus 2019, 6.)

### Polttoöljy tai moottoripolttoöljy

Polttoöljy on dieselöljyä, mutta se on kevyemmin verotettua kuin diesel. Sen käyttö on sallittua mm. moottorityökoneissa ja alustalle rakennetuissa työkooneissa. Tästä syystä sitä nimitetään myös moottoripolttoöljyksi. Polttoöljyyn lisätään merkkiainetta, jottei polttoöljyä käytettäisi dieselin sijasta liikenteessä, esim. henkilöautoissa. Polttoöljyn lainvastaisesta käytöstä määrätään polttoainemaksu. (Traficom s.a. Polttoainemaksun määrääminen.)

### TEU

Meriliikenteessä tavaroiden kuljetukseen käytetään kontteja. Käsiteltyjen konttien määrän mittana käytetään konttien kappalemäärää. Peruskontista eli tavallisesta kontista käytetään lyhennettä TEU (twenty foot equivalent unit eli 20 jalan kokoinen yksikkö). Yhden TEU-kontin mitat ovat 20 x 8 x 8,5 jalkaa, ja kontin sisätilavuus on 32 kuutiometriä ja kokonaistilavuus 38 kuutiometriä. Konttiliikenteen määrä ilmoitetaan käsiteltyjen konttien määränä eli esim. TEU 50 000 tarkoittaa 50 000 kontin käsittelyä. (Tapaninen 2018, 80.)

### Stage IV ja V

Työkoneiden pakokaasupäästöjä koskee Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU 2016/1628). Asetuksessa on annettu Stage-luokituksia koskevat määräykset. Uusimmat luokitukset ovat Stage V ja Stage IV.

Stage-luokituksella säädellään hään eli hiilimonoksidin (CO), hiilivetyjen (HC), typen oksidien (NOx) ja pienhiukkasten eli partikkelien (PM) päästöjä sekä pienhiukkasten määrää. Myös armoniakkipäästöt kuuluvat sääntelyn piiriin. (Stage s.a.)

Stage V:n vaatimukset koskevat kaikkia yli 56 kW:n työkonemoottoreita mukaan lukien kaasumoottorit. Stage V koskee alle 56 kW:n moottoreista vain dieselmoottoreita. Stage IV koskee työkoneita, joiden moottoriteho on 56–560 kW. Jos typen oksidit saavuttavat raja-arvot, tulee moottoreihin asentaa pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmä. (Stage s.a.)

l/hm

Lyhenteellä tarkoitetaan sitä, kuinka monta litraa moottori kuluttaa polttoainetta yhden käynnissäolotunnin aikana.

## **2 SUOMEN ILMASTOPOLITIikka JA VÄHENNYSTAVOITTEET**

### **2.1 Ilmastolakiin perustuvat tavoitteet ja toteutumat**

Ilmaston muutokseksi kutsutaan maapallon lämpenemistä, joka aiheutuu kasvihuonekaasujen päästöistä ilmakehään. Ilmastonmuutos tulee aiheuttamaan ihmisille ja elinympäristöllemme suuria muutoksia, ellei sitä saada pysäytettyä. (Tapaninen 2018, 124.)

Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavat eniten hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) ja fluorikaasu (F) (Euroopan komissio s.a.). Kolme neljäsosaa ilmastonmuutosta kiihdyttävistä kasvihuonekaasupäästöistä on peräisin fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn, kivihiilen ja maakaasun poltosta (WWW s.a.).

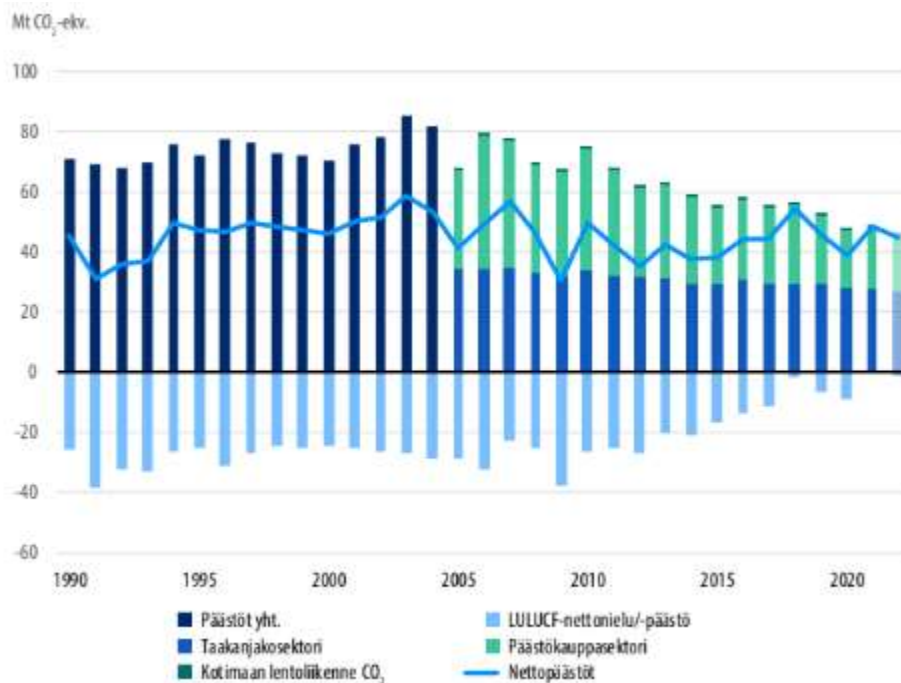
Maapallomme jokaisen valtion tulee vähentää ilmastomuutoksen hidastamiseksi kasvihuonekaasupäästöjään. Suomi pyrkii muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa hidastamaan ilmastonmuutosta. Suomi on velvollinen noudattamaan Euroopan Unionin jäsenmaana sen ilmastopolitiikkaa. EU-alueella pyritään torjumaan ilmastonmuutosta sekä EU-alueen yhteisillä toimilla että jäsenmaiden omilla toimilla. EU:n ilmastopolitiikan perustana on YK:n ilmastopöytäkirja ja sitä täydentävä Kioton pöytäkirja sekä Pariisin ilmastopöytäkirja. (Ympäristöministeriö s.a. Euroopan unionin ilmastopolitiikka.)

EU on sitoutunut vähentämään nettokasvihuonekaasupäästöjään vähintään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Niin kutsutun taakanjakosektorin eli päästökaupan ja maankäyttösektorin ulkopuolelle jäävien alojen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon. EU:n tavoitteena on lisäksi ilmasto-neutraaliuden saavuttaminen eli päästöjen ja poistumien tasapaino vuoteen 2050 mennessä. (Ympäristöministeriö s.a. Euroopan unionin ilmastopolitiikka.)

Suomen tavoitteet kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseksi ovat Euroopan unionin tavoitteita kunnianhimoisemmat. Suomen ilmastopolitiikkaa koskee ilmastolaki (Ilmastolaki 423/2022). Suomen tulee ilmastolain 2 §:n mukaan saavuttaa viimeistään vuonna 2025 hiilineutraalius. Hiilineutraalisuudella tarkoitetaan sitä, että kasvihuonekaasujen päästöt ja hiilinielujen aikaansaamat poistumat ovat yhtä suuret. (Ympäristöministeriö s.a. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka.)

Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 60 prosentilla vuoteen 2030 mennessä ja 80 prosentilla vuoteen 2040 mennessä. Vuoden 2050 tavoitteeksi on säädetty 90 prosentin, ja pyrkimyksenä on jopa 95 prosentin päästövähennys. Vertailuvuotena em. vähennysten laskennassa käytetään ilmastolain 2 §:n mukaan vuoden 1990 tasoa. (Ympäristöministeriö s.a. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka.) Ilmastolain 16 §:n mukaan valtioneuvoston tulee seurata tavoitteiden toteutumista. Lisäksi valtioneuvoston tulee ilmastolain 18 §:n mukaan julkaista kalenterivuositain ilmastovuosikertomus, jonka eduskunta käsittelee.

Kuvassa 1 on esitetty Suomen kokonaispäästöjen kehitys. Kokonaispäästöt ilman maankäyttösektoria (LULUCF) ovat olleet vuonna 2022 pikaennakkotietojen mukaan 45,8 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja päästöt ovat vähentyneet edellisvuodesta 2,0 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Kokonaispäästöt ovat vähentyneet 24,0 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. eli 34 prosenttia vuodesta 2005 vuoteen 2022. Maankäyttösektori on ollut Suomessa merkittävä nettonielu. Vuonna 2021 maankäyttösektori muuttui ensimmäisen kerran nettopäästöiseksi. (Ympäristöministeriö 2023a, 19.)



Kuva 1. Suomen hiilidioksidipäästöt ja -nielut 1990–2022 (Mt CO<sub>2</sub>-ekv.) (Ympäristöministeriö 2023a, 19)

Suomen kasvihuonekaasupäästöt vähenivät päästökauppasektorilla ja taakanjakosektorilla vuonna 2022 yhteensä noin neljä prosenttia. Taakanjakosektoriin kuuluu mm. liikenne, maatalous, rakennusten erillislämmitys, jätehuolto ja työkoneet. Taakanjakosektorin päästöt vähenivät em. vuonna yhteensä kolme prosenttia, mutta liikenteen ja maatalouden päästöt pysyivät lähes edellisen vuoden tasolla. Edellä mainitut käsitteet, esim. taakanjakosektori, on selitetty lyhyesti Ilmastovuosikertomuksen 2023 tiivistelmässä. (Ympäristöministeriö 2023b, 11.)

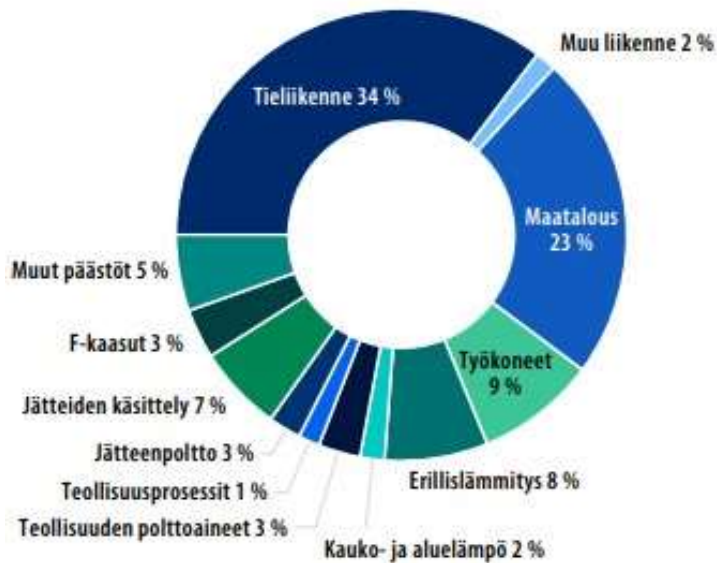
## 2.2 Liikenteen merkitys ilmaston muutoksen torjunnassa

Suomen kasvihuonekaasupäästöistä yli 70 prosenttia tulee energiasektorilta. Energiasektorin päästöistä suurin osa tulee energiateollisuudesta eli sähkön ja kaukolämmön tuotannosta sekä polttoaineiden jalostuksesta ja niiden poltosta. (Ympäristöministeriö s.a. Ilmaston muutoksen hillintä.)

Liikenteen osuus energiasektorin päästöistä on noin 30 prosenttia. Liikenne aiheuttaa noin viidesosan kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenteen päästöistä 95 prosenttia aiheutuu tieliikenteestä ja näistä hieman yli puolet henkilöautoista. (Ilmasto-opas s.a. Ilmastopolitiikan seuranta.)



Taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöjen jakautuminen eri sektoreille vuonna 2021 on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Taakanjakosektorin päästölähteet vuonna 2021 (Ympäristöministeriö 2023a, 21)

Suomen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ilman lentoliikennettä olivat vuonna 2022 yhteensä noin 9,8 Mt CO<sub>2</sub>-ekv eli noin 37 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä ja noin 21 prosenttia kokonaispäästöistä (Ympäristöministeriö 2023a, 5, 11).

Suomi on sitoutunut puolittamaan kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta ja saavuttamaan nollapäästöisen liikenteen vuoteen 2045 mennessä. Noin kolme neljäsosaa hiilidioksidipäästöistä on peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Päästöjä voidaan pienentää vähentämällä energiankulutusta sekä siirtymällä uusiutuviin ja vähähiilisiin energiamuotoihin. Päästöt ovat laskeneet viime vuosina henkilöautoliikennesuoritteiden kasvun hidastumisen ja autojen energiatehokkuuden kasvun sekä jakeluvaiheesta aiheutuvan biopolttoaineiden osuuden kasvun ansiosta. (Ympäristöministeriö 2023a, 10.)

### 3 HELSINGIN JA SEN SATAMAN ILMASTOTAVOITTEET

#### 3.1 Helsingin kaupungin päästövähennysohjelma

Helsingin kaupunginhallitus on hyväksynyt vuonna 2022 Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelman. Ohjelmaa on päivitetty 1.2.2024. Helsingin kaupunki on tällöin asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali vuonna 2030 ja nolata päästönsä vuoteen 2040 mennessä. Hiilineutraalisuustavoite tarkoittaa sitä, että kaupungin pitää vähentää suorista hiilidioksidipäästöistä vähintään 80 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja loput (enintään 20 prosenttia) voidaan kompensoida. Tavoitteet on asetettu siten, että vertailuvuotena on vuosi 1990. (Helsingin kaupunki 2024, 3.)

Helsingin kaupungin suorien päästöjen merkittävimmät päästölähteet ovat lämmitys, liikenne ja sähkö. Kohti hiilineutraaliutta päästäänkin etenkin rakennuksissa tehtävillä energiatehokkuustoimenpiteillä, vähäpäästöisillä liikennetkaisuilla ja lisäämällä uusiutuvan energian osuutta lämmön- ja sähköntuotannossa. (Helsingin kaupunki 2024, 3.)

Vuonna 2022 Helsingin suorat kokonaispäästöt olivat 2 637 kt CO<sub>2</sub>-ekv. Päästöt olivat vähentyneet 25 prosentilla vertailuvuodesta 1990, jolloin ne olivat 3 514 kt CO<sub>2</sub>-ekv (Helsingin kaupunginhallituksen päätös 26.2.2024, esittelijän perustelut). Helsingin oli vähennettävä päästöjään vielä 1935 kt CO<sub>2</sub>-ekv. päästäkseen hiilineutraalisuustavoitteeseensa vuoteen 2030 mennessä. Em. määrästä voidaan kompensoida enintään 703 kt CO<sub>2</sub>-ekv. (Helsingin kaupunki 2024, 3.)

Helsingin kaupunki seuraa poistovähennysohjelmansa toteutumista vuosittain, jotta voidaan määritellä riittävät lisätoimet ja ohjelmaan voidaan sisällyttää uusimpaan tietoon perustuvia toimenpiteitä (Helsingin kaupunki. Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma ja sen seuranta). Helsingin kaupungin omistajastrategioiden mukaan suurin osa kaupungin tytäryhtiöistä on laatinut tai on laatimassa omat hiilineutraalisuussuunnitelmansa, joilla ne omalta osaltaan toteuttavat kaupungin hiilineutraalisuustavoitetta (Helsingin kaupunki 2024, 10.)

### 3.2 Helsingin sataman hiilidioksidipäästöt ja niiden vähentäminen

Helsingin kaupungin päästövähennysohjelmassa on mainittu, että satamatoiminnan päästöjä vähennetään (Helsingin kaupunkistrategia 2021–2025 s.a.). Lisäksi on mainittu, että Helsingin kaupungin tytäryhtiöillä, mm. Helsingin Satama Oy:llä, on omat päästövähennysohjelmansa (Helsingin kaupunki 2024, 10).

Satama on luonut vuonna 2019 Hiilineutraali Helsingin Satama 2035 -toimenpideohjelman. Satama on asettanut tavoitteeksi vähentää hiilidioksidipäästöjä vuoden 2015 tasosta 32 prosenttia vuoteen 2035 mennessä. Toimenpideohjelman keskeiset tavoitteet ovat, että Sataman oma toiminta on hiilineutraalia vuonna 2035. Lisäksi tavoitteina on, että kumipyöräliikenteen päästöt vähenevät 60 prosenttia ja alusliikenteen päästöt 25 prosenttia vuoden 2015 tasosta eli lähes 20 000 CO<sub>2</sub> tonnia vuoteen 2035 mennessä. (Helsingin Satama 2020. 6. Kestävä kehitys.)

Satama on kiristänyt Hiilineutraali Satama -manifestia päivittäessään hiilidioksidipäästötavoitteiden saavuttamisaikataulua. Vuonna 2022 on päätetty, että Satama tähtää hiilineutraalisuuteen omassa toiminnassaan jo vuoteen 2025 mennessä. Aluspäästöjen vähennystavoite on 25 ja raskaan liikenteen päästöjen 60 prosenttia. Em. tavoitteiden aikataulua on kiristetty niin, että ne tulee saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Vähennemisen laskennassa vertailuvuotena on vuosi 2015. (Helsingin Satama 2023. 5. Vastuullinen satama.)

Helsingin satama-alueiden hiilidioksidipäästöt muodostuvat alus- ja työkonepäästöistä, kumipyöräliikenteen päästöistä sekä Sataman oman toiminnan päästöistä. Alusliikenteen aiheuttamat päästöt sataman hallinnoimilla suljetuilla satama-alueilla ja vesialueilla lasketaan Sataman päästöiksi. Mukaan lasketaan laivojen satamaan tulo, laiturissa olo ja satamasta lähtö. Maaliikenteen osalta mukaan lasketaan päästöt, jotka syntyvät suljetulla satama-alueella. (Helsingin Satama 2023. 5. Vastuullinen satama.) Työkoneiden päästöt lasketaan Satamalta saadun tiedon mukaan siten, että satamaoperaattorit ilmoittavat kuluttamansa polttoaineet ja Satama laskee niistä syntyneet päästöt (Sataman päällikkö 2024).

Sataman oman toiminnan hiilidioksidipäästöt ovat vain pieni osa satama-alueen hiili-dioksidipäästöistä, esimerkiksi vuonna 2021 ne olivat vain 2,4 prosenttia satama-alueiden päästöistä (Helsingin Satama 2022. 5. Vastuullinen satama). Satama voi itse vaikuttaa oman toimintansa päästöihin energiakulutustaan vähentämällä ja hankkimalla energiaa hiilivapaista lähteistä. Energiankulutusta on vähennetty parantamalla energiatehokkuutta, siirtymällä LED-valaistukseen sekä tehostamalla lämmön kierrätystä ja talteen ottoa. Myös kiinteistöjen resurssi-tehokkuutta on parannettu, ja lisätty omaa aurinkoenergian tuottamista. Satama pyrkii lisäksi kannustamaan ja tukemaan satama-alueilla toimivia yrityksiä päästöjen vähentämisessä. (Helsingin Satama 2023. 5. Vastuullinen satama.)

## **4 VUOSAAREN SATAMA JA SEN TOIMINTAMALLI**

### **4.1 Tietoja Helsingin Sataman historiasta ja nykyiset toimipisteet**

Helsingin satama on nykyisin yksi Suomen pääsatamista, jonka kautta kulkee merkittävä osa Suomen matkustaja- ja tavaraliikenteestä. Satamaa piti aiemmin yllä Helsingin kaupungin satamalaitos. Satama eriyttiin vuonna 1995 itsenäiseksi liikelaitokseksi, jonka nimi oli Helsingin Satama. Helsingin Satamasta tuli osakeyhtiö 1.1.2015, ja se sai nimekseen Helsingin Satama Oy. (Helsingin Satama s.a. Historia.) Helsingin kaupunki omistaa yhtiön kaikki osakkeet (Helsingin Satama s.a. Hyvä hallintotapa).

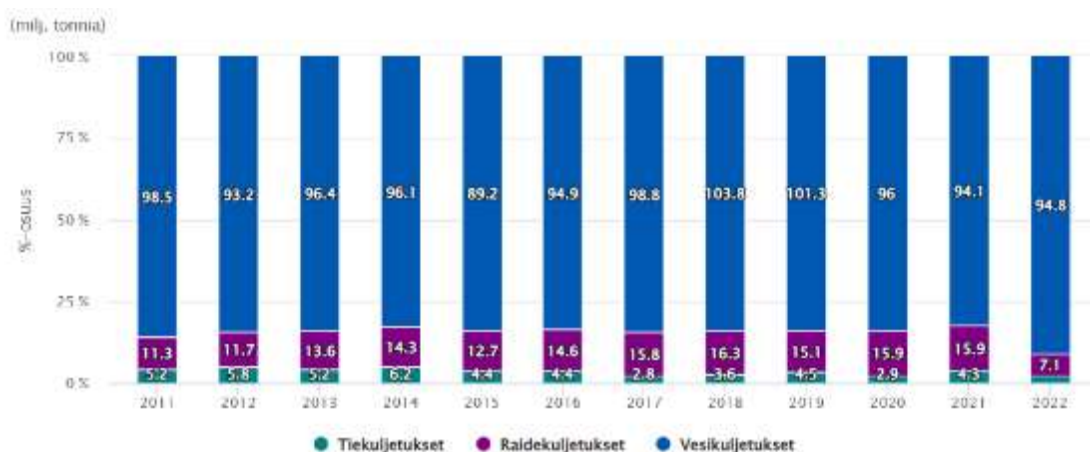
Helsingin Satamalla on nykyisin neljä matkustajaterminaalia. Tukholmaan lähtevät laivat käyttävät Olympiaterminaalia. Katajanokan terminaalista lähtee laivoja sekä Tukholmaan että Tallinnaan. Osa Tallinnaan menevistä laivoista lähtee Länsisatamasta. Saksan Travemüнден ja Viron Muugaan menevät laivat lähtevät Vuosaaren satamasta. Lisäksi Hernesaareen on rakennettu satama ulkomaisia suuria risteilylaivoja varten. (Helsingin Satama s.a. Rahti- ja matkustajasatamat).

Matkustaja-autolautat kuljettavat matkustajien lisäksi paljon ns. kumipyörälliä, kuten rahtia kuljettavia kuorma-autoja, rekkoja ja perävaunuja. Helsingin Sataman tavaraliikenne tapahtuu pääasiassa Vuosaaren sataman kautta. Vuosaaren satama on otettu käyttöön vuonna 2008. Vuosaaren sataman kautta

kulkee kontti- ja roro-liikennettä. Helsingin Satamalla on tytäryhtiö Loviisan satama, joka on erikoistunut teollisuuden tavaraliikenteeseen. (Helsingin Satama s.a. Vuosaaren satama.)

## 4.2 Helsingin sataman merkitys tavarakuljetuksissa Suomessa

Helsingin Satama on yksi Suomen ulkomaankaupan pääsatamista ja erikoistunut yksiköissä eli konteissa, rekoissa ja perävaunuissa kuljetettavaan tavaraa. Suomen ulkomaankaupan kuljetuksista kulkee 83 prosenttia meritse. (Tapaninen 2018, 70.) Vesiliikenteen osuus ulkomaan kuljetuksista on nykyisin jo 94,1 prosenttia (kuva 3). Vesiliikenteen kuljetussuorite oli vuonna 2022 yhteensä 267 419 miljoonaa tonnakilometriä (Traficom 2021a.)



Kuva 3. Liikennemuotojen osuudet ulkomaan kuljetuksissa (Traficom 2021a)

Helsingin satama on kolmanneksi suurin satama Suomessa satamien kautta kuljetettavien tavaroiden painon mukaan. Helsingin Sataman kautta kuljetettiin 15,2 miljoonaa tonnia lastia vuonna 2022. Helsingin Satamaa suurempia satamia ovat Kilpilahden (23,9 miljoonaa tonnia) ja HaminaKotkan (16,3 miljoonaa tonnia) satamat. (Traficom 2021b.)

Suurin osa Helsingin Sataman kautta kulkevasta tavarasta on Suomen ulkomaankaupan yksiköityä tavaraliikennettä eli rekoissa, perävaunuissa ja konteissa kuljetettavaa rahtia. Vuonna 2023 yksikköliikenteen määrä oli 11,5 miljoonaa tonnia, josta vientiä oli 6,3 miljoonaa tonnia ja tuontia 5,2 miljoonaa tonnia.

Kuvassa 4 on esitetty Vuosaaren sataman liikenteen määriä kuvaavia lukuja vuosilta 2021–2023.

Vuosaaren sataman liikenne	2021	2022	2023
Kontteja TEU	467 000	492 000	<b>452 000</b>
Trailereita ja rekkoja	292 000	280 000	<b>258 000</b>
Laivakäyntejä	2 543	2 235	<b>1 927</b>
Matkustajia	231 000	310 000	<b>336 000</b>

Kuva 4. Vuosaaren sataman liikennemäärät vuosina 2021–2023 (Helsingin Satama , Vuosikertomus 2023, 7)

Sataman kautta kulki 644 000 raskasta ajoneuvoa, jotka kuljettivat 8,1 miljoonaa tonnia tavaraa. Kumipyöräliikenteen osuus oli sataman kautta kulkeneesta yksikköliikenteestä 70 prosenttia vuonna 2023. Konttirahdin määrä oli 3,4 miljoonaa tonnia. Konttien määrä TEU-kontteina oli 452 000. Konttiliikenteen osuus yksiköidystä tavaraliikenteestä oli 30 prosenttia. Ulkomaan rahtia kuljettavia aluksia kävi Helsingin Satamassa 7 177 kappaletta. (Helsingin Satama 2024, 7.)

### 4.3 Vuosaaren sataman toimintamalli

Helsingin Satama toimii Helsingin kaupungin omistamilla satama-alueilla. Vuosaaren sataman toimintamalli on ns. landlord-malli eli Helsingin Satama hallinnoi, koordinoi, ohjaa ja valvoo sataman toimintaa ja luo satama-alueella toimivilla yrityksille toimintaedellytykset. Satama-alueella toimivat yksityiset satamaoperaattorit hoitavat tavaroiden käsittelyn eli lastaamisen ja purkamisen sekä muun logistiikan. Satamaoperaattorit omistavat käytössään olevat rakennukset ja työkoneet. (Söderena ym. 2021, 7.)

Nykyisin Vuosaaren satamassa toimii neljä satamaoperaattoria, jotka ovat Finnsteve Oy Ab, Multi-Links-Terminals Ltd Oy, Oy M. Rauanheimo Ab ja Steveco Oy (Helsingin Satama s.a. Vuosaaren sataman Operaattorit). Sataman toiselta päälliköltä on saatu puhelinkeskustelussa tieto, että vain kahdella suurimmalla satamaoperaattorilla on nykyisin käytössään konttilukkeja.

#### 4.4 Työkoneet Vuosaaren satamassa

Rahti tulee Vuosaaren satamaan tavallisesti joko kontti- tai Ro-Ro-laivoissa. Kontit puretaan laivoista tyypillisesti Ship-to-Shore eli STS-nostureilla. Nosturit laskevat kontit suoraan terminaalitraktorin kuljetusalustalle eli lavetille tai laiturille, josta konttilukit hakevat ne. Konttilukit kuljettavat kontit pinoihin varastoalueelle. Myös terminaalitraktorit voivat kuljettaa kontin varastoalueelle, jossa tarvitaan konttikurottajaa tai konttipinkkaria nostamaan kontti traktorin kuljetusalustalta ja pinoamaan kontti varastoalueelle. Ro-Ro-laivoilla saapuneet lavetit puretaan terminaalitraktoreilla, jotka kiinnittyvät helposti lavetteihin ja vetävät ne varastoalueelle. Lisäksi työkoneita käytetään irtotavaroiden käsittelyssä. (Söderena ym. 2021, 8.)

Vuosaaren satamassa toimivilla operaattoreilla on käytössään työkoneita, jotka voidaan jakaa seuraaviin tyypeihin:

- 1 satamanosturit
- 2 konttilukit
- 3 terminaalitraktorit
- 4 kurottajat
- 5 trukit (mm. haarukka- ja vastapainotrukit).

Lisäksi alueella käytetään muutamia yksittäisiä työkonetyyppejä, kuten sivuliftejä ja pyöräkuormaajia, sekä kiskoilla kulkevia vetureita ja nostureita. (Söderena ym. 2021, 8.)

Satamanostureita käytetään pystysuuntaisiin siirtoihin ja pinoamiseen. Kontti kiinnitetään siirrossa nosturin pukkien välissä olevaan laitteeseen. Satamanostureita on erityyppisiä ja erikokoisia. Kumipyörillä liikkuvia satamanostureita nimitetään RTG-nostureiksi (Rubber Tired Gantry Crane). RTG-nostureita käytetään erityisesti konttien nostossa ja siirrossa. Kiskoja pitkin liikkuvia nostureita kutsutaan RMG-nostureiksi. Kumipyörillä liikkuvat nosturit liikkuvat vapaasti, kun kiskoilla liikkuvat voivat toimia vain kiskoilla varustetulla alueella. (Konecranes s.a.)

Konttilukit (Straddle Carrier) ovat erikoistuneet konttien siirtämiseen ja pinoamiseen päällekkäin. Lukit liikkuvat kumipyörillä. (kuva 5.)



Kuva 5. Konttilukki (Barbadosport)

Lukit voivat olla 15,7 metrin korkuisia ja painaa jopa 70 tonnia. Isoimmat lukit voivat nostaa 60 tonnin painoisen kontin 12 metrin korkeuteen ja pinota neljä konttia päällekkäin. (Kalmar s.a. Konttilukit.)

Terminaalitruktorit eli ns. vetomestarit ovat erikoisajoneuvoja, joita käytetään perävaunujen siirtelyyn satamaterminaalissa. Niillä voidaan siirtää myös paperirullia tai kontilla lastattu lauttavaunu laivan ramppia pitkin laivaan. Lisäksi niillä voidaan siirtää puoliperävaunuja ja muita hinattavia kuormia vaakasuuntaan. (Kalmar s.a. Terminaalitruktorit.)

Myös kurottajat siirtävät ja pinoavat kontteja, mutta yleensä ne eivät kykene nostamaan kontteja niin korkealle kuin konttilukit. Kurottajan nostolaitteessa on teleskooppipuomi, jonka päähän voidaan kiinnittää tarvittava nostotyökalu. Teleskooppipuomin ansiosta kurottajalla on suurempi ulottuvuus tavanomaiseen konttilukkiin verrattuna. Toisaalta kurottajat tarvitsevat enemmän työskentelytilaa kuin konttilukit. (Kalmar s.a. Konttikurottajat.)



Satamassa käytetään lisäksi paljon erilaisia ja eri tarpeisiin teetettyjä työkoneita. Työkoneita voidaan varustaa erilaisilla nostotyökaluilla käyttötarkoituksen mukaan.

Vuosaaren satama tulee kehittämisohjelmansa mukaan lisäämään tavaraliikenteen tarvitsemää kenttäaluetta tulevaisuudessa. Vajaan 10 hehtaarin meritäyttö tuo kaivattua lisätilaa tavara- ja automatkustajaliikenteen tarpeisiin. (Helsingin Satama. Vuosaaren satama laajenee.) Tavaraliikenteen kasvaessa tarvitaan lisää lastin käsittelykoneita.

## **5 TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN**

### **5.1 Työkoneiden päästöt**

Työkoneiden kasvihuonepäästöihin lasketaan fossiilista alkuperää olevat hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>) sekä metaanipäästöt (CH<sub>4</sub>) ja dityppioksidi- eli typpioksiduulipäästöt (N<sub>2</sub>O) riippumatta alkuperästä. Metaanin ja dityppioksidin osuus työkoneiden kasvihuonekaasupäästöistä on merkityksetön (<0,5 %) verrattuna hiilidioksidipäästöihin. Sähkökäyttöisten työkoneiden päästöjen kohdalla tulisi ottaa huomioon sähkön tuotannosta aiheutuneet päästöt. (Pihlatie ym. 2022, 33.)

Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt kuuluvat taakanjakosektoriin. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet Ilmastovuosikertomuksen 2023 mukaan viime vuosina samalla tasolla. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2022 olivat 2,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. eli noin 9 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä. Työkoneiden päästöt ovat vähentyneet noin 5 prosentilla vuodesta 2005 vuoteen 2022. Niiden odotetaan vähentyvän myös tulevaisuudessa jake-luvelvoitteen nousun ja koneiden sähköistymisen ansiosta. Työkoneiden käyttötavoilla voidaan myös vaikuttaa päästöjen määriin. (Ympäristöministeriö 2023a, 12, 23, 58.)

Työkoneet muodostuvat laajasta ja monimuotoisesta joukosta erilaisia koneita, joista suurin osa käyttää polttomoottoria energia lähteenä. Työkoneita käytetään moniin eri tarkoituksiin ja erilaisissa ympäristöissä. Työkoneiden tyypit ja kokoluokat ovat laajoja konekategorioiden sisällä, ja kaluston käyttö-

tehokkuudet sekä käyttötunnit vaihtelevat runsaasti käyttötarkoitusten mukaan. (Nylund ym. 2016, 1). Työkoneissa käytetään pääsääntöisesti käyttövoimana moottoripolttoöljyä tai dieseliä. Metaanin eli biokaasun käyttö työkoneissa on vielä vähäistä (Pihlatie ym. 2021, 57). Lisäksi on bensiinikäyttöisiä työkoneita.

Työkoneet voivat olla yhdessä paikassa käytettäviä tai liikkuvia. Liikkuvien työkoneiden päästöt ovat tavallisesti huomattavasti suurempia kuin henkilöautojen päästöt. Työkoneiden käytöstä aiheutuviin päästöihin vaikuttavat koneen ikä ja ominaisuudet sekä käyttötapa ja työvaiheiden suunnittelu. (Ympäristöministeriö 2023a, 57, 58.)

Työkoneiden kokonaishiilidioksidipäästöistä vuonna 2019 oli dieselkäyttöisten osuus 91,2 ja bensiinikäyttöisten noin 8,4 ja kaasukäyttöisten noin 0,5 prosenttia (taulukko 1).

Taulukko 1. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen määrä ja eri käyttövoimien osuus (mukaillen Pihlatie 2021 ym. 57.)

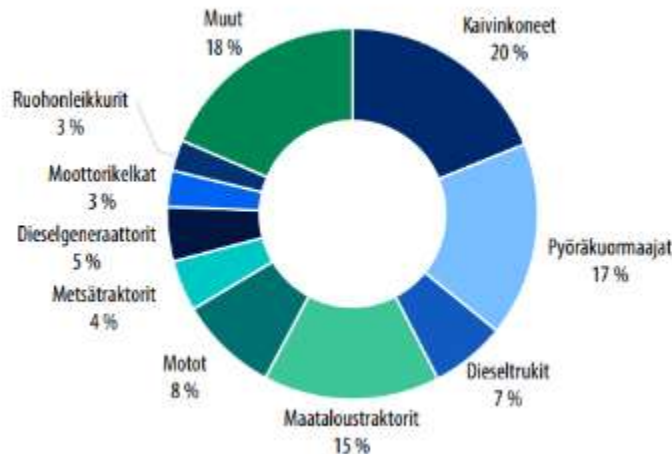
Käyttövoima	Hiilidioksidipäästöt (CO <sub>2</sub> )	
	tn/vuosi	Osuus %
Diesel	2 222 305	91,2
Bensiini	203 472	8,4
Kaasu	9 720	0,4
<b>Yhteensä</b>	<b>2 435 497</b>	<b>100</b>

Lukuisilla valmistajilla oli vuonna 2021 suunnitelmassa lisätä akkusähkökoneiden tarjontaa ja myyntiosuutta. Dieselpolttoaineen tai vastaavan hyödyntäminen on nähty vuonna 2019 välttämättömäksi keskitehoa käyttävien työkoneiden korkean energiankulutuksen vuoksi niin pitkään, kunnes vaihtoehtoisia käyttövoimia, kuten vetypolttokennoratkaisuja, saadaan markkinoille kustannustehokkaaseen hintaan ja niiden energiainfrastruktuuri saadaan kuntoon. (Pihlatie ym. 2021, 57.)

Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt olivat 2,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2021 eli noin 5 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä ja 9 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä. Päästöjen on ennakkotietojen mukaan arvioitu pysyvän samoina vuonna 2022. Työkoneiden päästöistä syntyi vuonna 2022 teollisuudessa 46,

palvelusektorilla 12, maa- ja metsätaloudessa 36 sekä kotitalouksissa 7 prosenttia. (Ympäristöministeriö 2023a, 58).

Kuvassa 6 on esitetty työkoneiden päästöjen jakautuminen konetyypeittäin vuonna 2022.

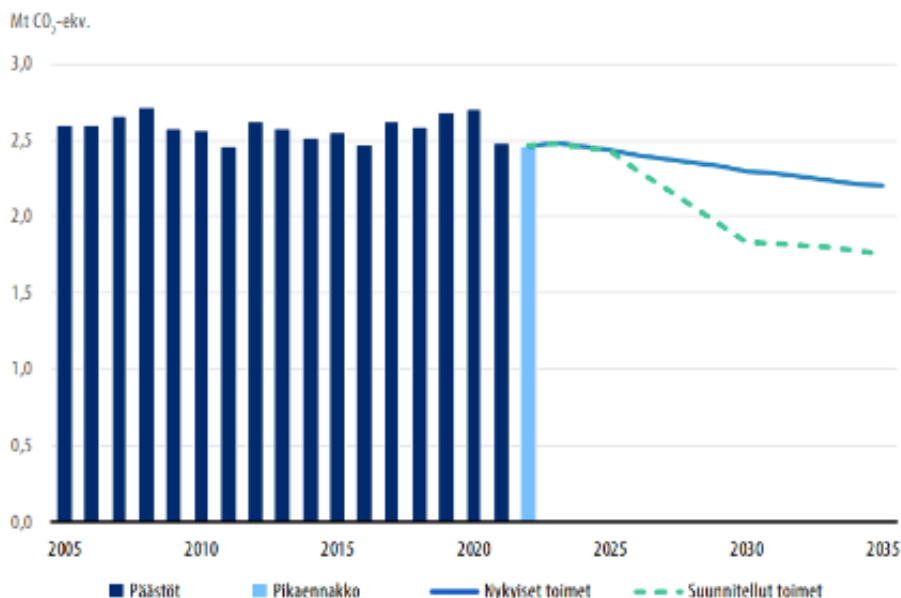


Kuva 6 Työkonealan kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen 2021 (Ympäristöministeriö 2023a, 58)

Suurimpia päästöjen aiheuttajia ovat olleet kaivinkoneet (20 %), pyöräkuormaajat (17 %) ja maataloustraktorit (15 %). Muiden työkoneeryhmien päästöt ovat jääneet alle 10 prosenttiin.

## 5.2 Työkoneiden päästöjen vähentämiskeinoja

Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen kehitys on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Työkoneiden päästöt vuosina 2005–2022 sekä arviot nykyisillä ja suunnitelluilla toimilla saavutettavasta päästökehityksestä (Ympäristöministeriö 2023a, 59)

Päästöjen määrä on ollut vähän yli tai alle 2,5 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuosina 2005–2021.

Työkoneiden hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää Pihlatien ym. (Pihlatie ym. 2021, 58–59) mukaan seuraavilla keinoilla:

- 1 uudistamalla nykyinen työkonekalusto energiatehokkaampiin versioihin
- 2 käyttämällä polttoaineita, joiden hiili-intensiteetti on pienempi
- 3 vaihtamalla kokonaan vähähiilisempään käyttövoimaan.

Lisäksi päästöihin vaikuttaa koneiden käyttötapojen ja operoinnin tehostaminen sekä automatisointi (Nylund ym. 2016, 14).

Moottoreiden energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa sen hyötysuhteen parantamista. Energiatehokkuuden parantamisen on katsottu vähentävät CO<sub>2</sub>-päästöjä enimmillään 15 prosenttia. Itse koneiden energiatehokkuuden parantamisella voidaan saada enimmillään 50 prosentin sekä koneiden käytön tehostamisella ja optimoinnilla enimmillään 35 prosentin vähennys hiilidioksidipäästöissä. Em. vähennyspotentiaaleja ei saa kuitenkaan laskea yhteen, koska osa vaikutuksista menee päällekkäin. (Nylund ym. 2016, 1, 14)

Työkoneen käyttö ja sen voimansiirto vaikuttavat koneen energiankulutukseen. Työkoneen energiatehokkuuden parantaminen voidaan toteuttaa moottorin ja voimansiirron toimintaa kehittämällä tai muuttamalla voimansiirto hybriditekniikalla toteutetuksi tai sähköiseksi. Työkoneen käyttöä voidaan tehostaa energian kulutuksen vähentämiseksi. Koneen ajaminen ja työn suorittaminen optimaalisella kierrosluvulla sekä joutokäynnin vähentäminen vähentävät energian käyttöä. Työkoneiden automatisointi ja operoinnin optimointi vähentävät energian kulutusta. Polttoaineen kulutuksen pieneminen vähentää paljon siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. (Nylund ym. 2016, 16.)

Suomessa pyritään vähentämään polttoaineiden hiilidioksidipäästöjä biopolttoaineiden jakeluelvoitteen avulla. Biopolttoaineiden jakeluelvoite ja sen korottaminen tulevaisuudessa on katsottu tehokkaaksi, nopeaksi ja lyhyellä aikavälillä ainoaksi keinoksi vähentää työkoneiden CO<sub>2</sub>-päästöjä (Pihlatie ym. 2022, 153).

Uusiutuvien biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain eli jakeluelvoitelain (Laki 446/2007) ja biopolttoöljyn käytön edistämisestä annetun lain eli biopolttoöljyn jakeluelvoitelain (Laki 418/2019) tarkoituksena on edistää uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Jakeluelvoitelain mukaan liikenne-polttoaineiden jakelijat ovat velvollisia toimittamaan säädetyn prosentin mukaisen vähimmäisosuuden uusiutuvia polttoaineita. Tätä velvollisuutta kutsutaan uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteeksi. Se koskee mm. moottoribensiiniä, dieselöljyä, maakaasua, biopolttoaineita ja biokaasua. Erikseen on säädetty kevyttä polttoöljyä kulutukseen toimittaville jakelijoille biopolttoöljyn jakeluelvoitteesta. (Energiavirasto s.a. Jakeluelvoite.)

Jakeluelvoitteen piiriin kuuluvat yritykset voivat itse käyttää heille sopivia keinoja jakeluelvoitteensa täyttämiseen. Yrityksen jakeluelvoitteen täyttäminen lasketaan siten, että sen kulutukseen toimittamasta polttoaineiden kokonaismäärästä tulee olla säädetty vähimmäismäärä uusiutuvia polttoaineita. Eli yrityksen ei tarvitse sekoittaa bensiiniin tai dieselöljyyn esim. jätteistä tuotettua polttoainetta, vaan se voi myydä sitä erikseen uusiutuvana polttoaineena tai biokaasuna.

Uusiutuvien polttoaineiden tuotantokustannukset ovat suuremmat kuin fossiilisten polttoaineiden. Tästä syystä uusiutuvat polttoaineet ovat ostajille kalliimpia, vaikka valmistajan kate ei niissä olekaan yhtä suuri kuin perinteisissä polttoaineissa. Jakeluelvoitteet nostavat myös perinteisten eli fossiilisten polttoaineiden hintoja, jotta yritysten katteet eivät laskisi. (Eromäki 2023.)

Jakeluelvoitelaki tuli voimaan vuonna 2008 alusta. Vuonna 2008 biopolttoaineiden osuudeksi oli säädetty 2 prosenttia, ja seuraavana vuonna osuus oli 4 prosenttia. Jakeluelvoitelain 5. §:n mukaan biopolttoaineiden osuuden tuli kasvaa ajan myötä. Tavoitteena on ollut biopolttoaineiden osuuden nosto niin, että niiden osuus on 30 prosenttia vuonna 2029 (Laki 419/2019 jakeluelvoitelain muuttamisesta, 5. §). Biopolttoöljyn jakeluelvoite on tullut voimaan vuonna 2021. Biopolttoöljyn osuus on aluksi ollut 3 prosenttia, ja se on tänä vuonna 6 prosenttia. Se nousee vuosittain 1 prosenttiyksiköllä, ja on enimmillään 10 prosenttia vuodesta 2028 alkaen. (Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä 5. §.)

Suurimmillaan uusiutuvien biopolttoaineiden jakelovelvoite on ollut 20 prosenttia vuonna 2020. Koska jakeluelvoitteen korottaminen on nostanut polttoaineiden hintoja, jakeluelvoitetta on laskettu vuodesta 2021 alkaen muuttamalla jakeluelvoitelain 5. §:ä. Biopolttoaineiden jakeluelvoite on 1.1.2024 alkaen 13,5 prosenttia. Jakeluelvoite nousee jakeluelvoitelain viimeisimmän muutoksen (Laki 1279/2023) jälkeen vuosittain siten, että se on 29 prosenttia vuonna 2025 ja 34 prosenttia vuonna 2030 ja siitä eteenpäin. (Energiavirasto s.a. Jakeluelvoite.)

Vaihtoehtoisten käyttövoimien infrastruktuurin toteutettavuus riippuu hyvin paljon työkoneen loppukäyttäjän ympäristöstä. Kestävien ja kehittyneiden biopolttoaineiden (biopolttoöljy ja biokaasu) käytön on katsottu olevan vain lähivuosien ratkaisu. Biopolttoaineiden jakeluelvoite ei ole ratkaisu liikenteen ja työkoneiden vihreään siirtymään. (Pihlatie ym. 2022, 11).

Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen on todettu pysyneen melkein samalla tasolla 30 vuoden ajan TYKO-2019 mallin tulosten mukaan. Jo käytössä olevien työkoneiden käytönaikaisten päästöjen tarkempi arviointi ja tarkentaminen edellyttää lisää tutkimusta, kenttäkokeita ja tietojen keräämistä (Pihlatie ym. 2022, 13–14). Kaasukäyttöisiä työkoneiden tuotekehitys ei ole vielä alkanut muiden kuin trukkien kohdalla. Työkoneiden laajamittainen sähköistyminen on vasta alkutekijöissään. Valtaosa suuripäästöisimmistä työkoneista, mm. maataloustraktorit ja pyöräkuormaajat, ovat dieselkäyttöisiä. Sähkö ja kaasu ovat vaihtoehtoisia käyttövoimia pienikokoisissa ja -tehoisissa työkoneissa. Suurikokoisten työkoneiden akkujen energiasisällön ja koneen tarvitseman tehon riittävyys asettaa haasteita niiden sähköistymiselle. Lisäksi sähköiset työkoneet edellyttävät latausmahdollisuuksien rakentamista. (Markkanen & Laukkonen 2021, 9–11, 20–21).

Työkonesektorin päästövähennyksiä ohjaavaa sääntelyä ei ole Suomessa eikä Euroopan unionissa. Työkonesektorin säädöskehikko ja ohjaavat keinot ilmastotavoitteiden ja energiatehokkuuden saavuttamiseksi ovat kehittymättömiä. Keskeinen hidaste on puuttuva CO<sub>2</sub>-regulaatio, mikä vähentää valmistajien panostusta koneiden tuotekehitykseen. (Valtioneuvoston tiedote 2022.)

Suomen tulee edistää kotimaassa ja EU:ssa työkonesektorin vihreää siirtymää. Työkoneiden käyttövoimana tulee hyödyntää uusia vähähiilisiä ja hiilettömiä energiamuotoja. Työkoneiden energiatehokkuutta tulee parantaa mm. hybridi- ja sähköisten voimalinjojen avulla. Suomi voi edistää työkoneiden vihreää siirtymää tutkimus-, kehitys- ja innovaatiohankkeiden, kokeilujen ja pilotoinnin avulla kotimaassa ja EU-tasolla. Lisäksi tulee edistää työkonesektoria sitovaa hiilidioksidipäästöjen sääntelyä. (Pihlatie ym. 2022, 153–154.)

Täyssähköiset työkoneet eivät sellaisenaan sovellu työkohteille, joille ei voida järjestää sähkön syöttöä. Näissä vaihtoehtoja ovat erilaiset hybridiratkaisut sekä työkohteiden paikallisen sähkön tuotannon tukeminen. Päävoimanlähteen sähköistyksen lisäksi hydrauliiikan ja toimilaitteiden kehittäminen on tärkeää, jotta autonomista operoinnin toiminta-aikaa voidaan pidentää. (Pihlatie ym. 2022, 148.)

Sähköisten työkoneiden kohdalla on otettava kuitenkin aina huomioon myös se, miten tuotettua sähköä kone käyttää. Sähkön tuotanto tuuli-, vesi- ja aurinkovoimalla ei aiheuta kasvihuonekaasupäästöjä. Myös ydinvoimalla tuotettu sähkö luetaan päästöttömäksi, mutta se ei ole uusiutuvaa energiaa jätteiden pitkän hajoamisajan vuoksi. Uusia energiamuotoja, joista ei tule kasvihuonepäästöjä, ovat biomassa ja hukkalämpö. (Energiamailma s.a., Energian tuotanto.)

Biopolttoaineen jakeluvaihteen ja sen nousun on katsottu olevan lyhyellä aikavälillä ainoa keino liikenteen ja työkoneiden päästöjen vähentämisessä. (Valtioneuvosto 2022). Biopolttoaineiden jakeluvaihtetta on kuitenkin suositusten vastaisesti alennettu viime vuosina liikenteen polttoaineiden hintojen nousun hillitsemiseksi.

### **5.3 Green deal -sopimukset ja HNRV:n hanke**

Ympäristöministeriö on tehnyt eri alojen järjestöjen kanssa Green deal -sopimuksia. Sopimusten tarkoituksena on edistää kestävästä kehityksestä ja kirittää ympäristötavoitteita. Sopimukset ovat vapaaehtoisia ja määräaikaista. Sopimuksissa voidaan asettaa lakeja ja ohjeita kunnianhimoisempia tavoitteita ja pyrkiä joustavilla toimintamalleilla tavoitteisiin. Työkonealaa koskee vuonna 2019

tehty työkonealan Green deal -sopimus ja vuonna 2020 tehty päästöttömien työmaiden – kestävien hankintojen green deal -sopimus. (Ympäristöministeriö s.a. Green Deal -sopimukset.)

Ympäristöministeriö ja Teknisen Kaupan Liitto ry solmivat vuonna 2019 Työkonealan Green deal -sopimuksen. Sopimuksessa on mukana 15 yritystä (tieto joulukuulta 2022). Sopimuksen tavoitteena on vähentää työkoneiden aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä lisäämällä täyssähkökäyttöisten ja muiden vähäpäästöisten työkoneiden tarjontaa, kannustamalla niiden nykyistä laajempaan hyödyntämiseen ja tukemalla uusin ratkaisuin tai muilla tavoin työkoneiden aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vähentämistoimenpiteitä. Konkreettisina tavoitteina on edistää täyssähkökäyttöisten työkoneiden eli vastapainotrukkien, nostinten ja pyöräkuormaajien osuutta. (Teknisen Kaupan liitto 2023; Ympäristöministeriö s.a. Green deal -sopimukset.)

Työkonealan Green deal -sopimuksen tavoitteena oli, että sähköisten vastapainotrukkien osuus vuosittain toimitetuista nousee 65 prosenttiin vuoden 2022 loppuun mennessä ja vähintään 70 prosenttiin vuoden 2025 loppuun mennessä. Täyssähköisten nostinten osuuden tavoitteeksi vuokrakalustosta oli asetettu 80 prosenttia vuoden 2022 loppuun mennessä ja vähintään 90 prosenttia vuoden 2025 loppuun mennessä. Tavoitteena oli myös, että vuosittain toimitetuista pyöräkuormaajista 5 prosenttia on täyssähköisiä vuoden 2025 loppuun mennessä. (Ympäristöministeriö s.a. Green deal -sopimukset.)

Sopimuksen tavoitteiden saavuttamista on arvioitu vuonna 2023. Täyssähköisten vastapainotrukkien osuus vuosittain toimitetuista oli jo 70 prosenttia vuoden 2022 lopussa eli tavoitteena ollut 50 prosenttia ylitettiin. Täyssähköisten nostinten osuustavoitetta (80 %) vuokrakalustosta ei ihan saavutettu saatavuus- ja toimitusongelmien vuoksi. Täyssähköisten pyöräkuormaajien kohdalla tavoitteeksi asetettu 5 prosentin osuus vuoteen 2025 mennessä saavutetaan todennäköisesti. (Valtioneuvosto 2023a; Ympäristöministeriö 2023c, 5).

Työkonealan Green deal -sopimuksessa on sovittu myös koulutuksen järjestämisestä alan toimijoille. Koulutuksen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi saavuttaa melun vähentymistä sekä myös terveydelle hai-



tallisten lähipäästöjen, kuten hiukkasten, hiilimonoksidin ja typpidioksidin, vähentymistä. Koulutukset on toteutettu verkossa, ja ne on suunnattu työkoneiden käyttäjille, koneurakoitsijoille ja muille aiheesta kiinnostuneille. (Motiva 2021.)

Työmailla syntyvien päästöjen vähentämiseksi on tehty green deal -sopimuksia ja työmaiden hiilineutraalisuuden edistämiseksi on tehty selvityksiä. Ympäristöministeriö on tehnyt vuonna 2020 Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimuksen, jossa on mukana myös Helsingin kaupunki. Sopimus on konkreettinen toimi Suomen taakanjakosektorin päästöjen vähentämiseksi ja Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi vuonna 2025. (Päästöttömät työmaat -sopimus s.a.)

Päästöttömät työmaat -sopimuksen tavoitteena on vähentää hankintayksiköiden työmailla syntyviä päästöjä pitkäjänteisesti julkisten hankintojen avulla. Työmaiden päästölähteitä ovat rakennusten lämmitys, työkoneet sekä kuljetukset työmaille ja työmailta ja työmaa-alueella. Työmaista aiheutuu työkoneiden päästöjen lisäksi haitallisia paikallispäästöjä ja melua. Sopimuksen mukaan työmailla työkoneista syntyvät päästöt ovat monella tapaa vaikeimmin vähennettävissä ja hallittavia. Vaihtoehtoisilla käyttövoimalla toimivien koneiden saatavuus on osittain heikkoa. Koneiden käyttövoimat ovat vielä paljolti fossiilisia, ja koneiden käyttöikä on pitkä. Lähes päästöttömät työmaat voivat olla kuitenkin mahdollisia vaihtoehtoisten käyttövoimien ja toimintatapamuutosten ansiosta ajan myötä. (Päästöttömät työmaat sopimus s.a. 2, 4.)

Sopimuksessa on mainittu päästöjen vähennyskeinoina vedyllä, sähköllä, bio-kaasulla ja yleisesti fossiilivapailla polttoaineilla toimivien työkoneiden hankinta. Päästöjä voidaan vähentää myös kouluttamalla henkilöstöä, ottamalla käyttöön energiatehokkaampia työtapoja ja asentamalla erilaisia lisäratkaisuja jo olemassa olevaan konekantaan. Lämmityksessä ja muussa sähkön käytössä tulee siirtyä uusiutuvista energialähteistä tuotettuun kaukolämpöön ja sähkөөn. (Päästöttömät työmaat sopimus s.a., 4.)

Päästöttömät työmaat -sopimuksen mukaan siinä mukana olevien julkisten hankintayksiköiden eli mm. Helsingin kaupungin työmaat ovat fossiilivapaita ja työmailla käytettävistä työkoneista, ja työmaiden sisäisissä kuljetuksissa käytettävistä ajoneuvoista toimii fossiilivapailla polttoaineilla 100 prosenttia eli

kaikki. Lisäksi on tavoitteena, että em. koneista ja ajoneuvoista vähintään 20 prosenttia toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Vuoden 2030 loppuun mennessä kaikkien (100 %) työmailla käytettävien koneiden ja sisäisten kuljetusten ajoneuvojen tulee toimia fossiilivapailla polttoaineilla ja 50 prosenttia em. koneista ja ajoneuvoista toimii sähköllä, biokaasulla ja vedyllä. (Päästöttömät työmaat sopimus s.a, 4, 5.)

Suomessa on toiminut vuosina 2019–2021 Hiilineutraalit ja resurssiviisaat yritysalueet (HNRV)-hanke. Helsingin kaupungin koordinoimaan yhteishankkeeseen kuuluivat Helsingin lisäksi Espoon, Vantaan ja Turun kaupungit, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Turku Science Park Oy sekä Turun yliopisto. Hankkeessa kehitettiin mukana olleiden kaupunkien yritysalueita ja työmaita kohti hiilineutraaliutta. (HNRV s.a.)

#### **5.4 Työkoneiden sähköistämisvaihtoehdot**

Työkoneiden hankintatilanteessa keskeisiin päätökseen vaikuttavista tekijöistä on työkoneen käyttövoiman soveltuvuus kyseessä olevaan käyttötarkoitukseen. Lisäksi päätökseen vaikuttaa hankintahinta ja käyttökustannukset, jotka syntyvät tulevana vuosina konetta käyttäessä.

Työkoneiden teknologiakehitys on nykyisin nopeaa. Ensimmäisinä sähköistyvät erityisesti pienemmät ja kevyemmät koneet. Keskikokoisissa työkoneissa lisääntyvät hybridi- ja vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät mallit. Trukkikategoriassa sähkö- ja kaasuersioita on hyvin saatavalla. Myös kaasukäyttöisiä traktoreita on Suomen markkinoilla (Agritek 2022.). Sähköistyminen on hitainta raskaissa ja paljon voimaa vaativissa liikkuvissa työkoneissa. Perinteiset käyttövoimat ovat näissä yhä hallitseva vaihtoehto. (Pihlatie ym. 2021, 59.)

Kokonaan sähköisissä työkoneissa käyttövoima saadaan ladattavasta akusta. Akkuteknologia on kehittynyt, mutta energiatehokkaat suuret akut nostavat koneiden hankintahintaa. Täyssähköisen työkoneen edellytyksenä on riittävän tehokas latausmahdollisuus, jotta koneella pystytään operoimaan keskeytyksittä työkohteessa. (Pihlatie ym. 2021, 59; Pihlatie ym. 2022, 85.)

Hybridikoneissa on sekä polttomoottori että sähkömoottori ja akku. Hybridityökoneiden teknologiaratkaisut ovat jaettu kahteen teknologiatyyppiin: sarja- ja rinnakkaisyhrideihin sekä niiden yhdistelmään. (Pihlatie ym. 2022, 86.)

Sarjarakenteisessa hybridissä polttomoottori tuottaa energiaa, joka varastoidaan akkuun. Työsuoritteeseen käytettävä energia puretaan suoraan akulta toimilaitteille. Sarjahybridiratkaisut ovat työkoneissa yleisempiä, koska niiden energiatehokkuus on parempi. Työsuorituksessa tarvittava energia tulee suoraan akulta toimintalaitteelle, jolloin moottorin käyttökuormitusta pystytään pitämään polttoainekulutuksen kannalta parhaalla toiminta-alueella. (Pihlatie ym. 2021, 60; Pihlatie ym. 2022, 86.)

Polttomoottori voi toimia polttoöljyn tai dieselin lisäksi metaanilla ja tulevaisuudessa myös vedyllä. Teholähteet ovat yhdistetty joko hydraulisen voimansiirtoon tai sähköiseen voimansiirtoon. Moottoreiden tuottamaa työtä välitetään suoraan koneen toimilaitteelle. Rinnakkaisyhbridien on katsottu soveltuvan parhaiten työkoneille, joita käytetään vaihtelevilla kuormituksilla. Hybridityökone voi toimia niin, että se kerää sähköenergiaa laskiessaan raskaita lasteja ja käyttää energiaa puolestaan niiden nostamisessa. (Pihlatie ym. 2021, 60.)

Työkoneen voimalinjan hybridisointi tuo joustavuutta polttomoottorin käyttöön ja mahdollistaa energian talteenoton. Osajärjestelmien sähköistäminen parantaa hyötysuhdetta. Hybridityökoneen polttomoottori mahdollistaa tarvittaessa pitemmät työsuoritukset. Hybridityökoneen hyödyt korostuvat työsykleissä, joissa keskimääräinen teho on alhainen ja hetkellinen kuormitus korkea. Tällöin kuormituspiikit voidaan tuottaa sähkömoottorilla energiavarastosta ja polttomoottori voidaan mitoittaa pienemmäksi. (Pihlatie ym. 2022, 85–86.)

## **5.5 Esimerkkejä markkinoilla olevista hybridi- ja sähkökonttilukeista**

Suomessa on saatavilla satamatyökoneita mm. Kalmarilta ja Konecranesilta. Yritykset valmistavat suuria työkoneita myös lentokentille ja kaivoksiin.

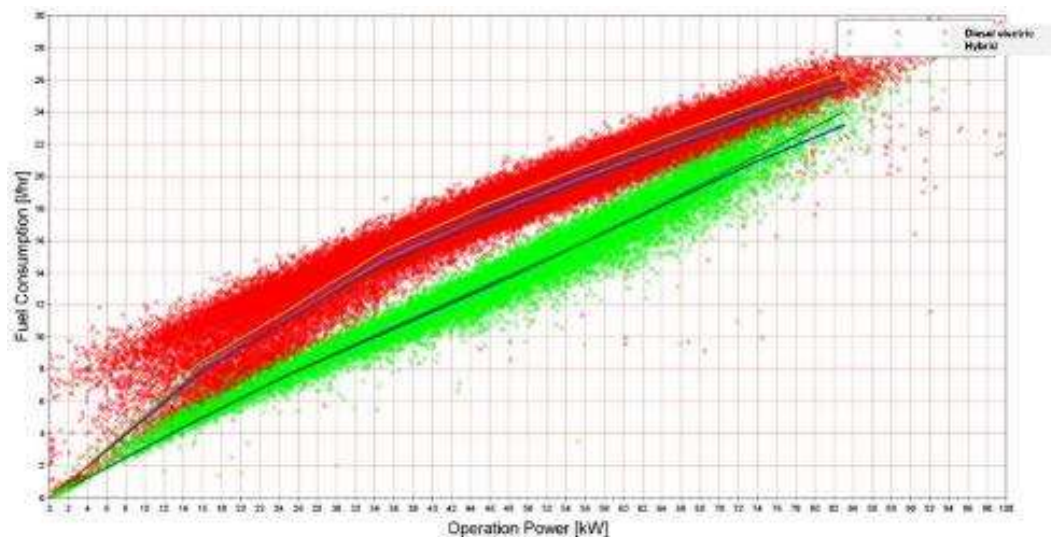
Kalmari tarjoaa satamissa käytettäviä konttilukkeja diesel- ja hybridiversioina sekä kokonaan sähköisenä. Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty eri käyttövoimalla toimivien konttilukkimallien tietoja nostovoimasta, painosta ja päästötasosta.

Taulukko 2. Tietoja Kalmarin diesel-, hybridi- ja sähkölukeista (Kalmar s.a. Konttilukit.)

Konttilukkimalli	SC460C	SC460H	SC460E
Käyttövoima	Diesel	Hybridi	Sähkö
Nostovoima	40-60 tn	40-60 tn	40-60 tn
Päästötaso	EU Stage IV	EU Stage V	
Oma paino	74 tn	74 tn	74 tai 76,5 tn

Lukin nostovoima on 40 tai 60 tuhatta kiloa riippuen siitä, onko se varusteltu yhdellä vai kahdella nostomoottorilla. Sähkölukin akun koko ja sitä myöten sen paino vaikuttaa lukin kokonaispainoon yli 2000 kilon verran. Lukeista ei ole ilmoitettu päästötietoja, vaan niiden Stage-luokitus.

Kuvassa 8 on esitetty Kalmarin diesel- ja hybridilukin polttoaineen kulutuksesta ja käyttötehosta teettämien mittausten tuloksia.



Kuva 8. Hybridi- ja dieselkonttilukin polttoainekulutuksen ja käyttötehon vertailu (Kuva on saatu Kalmarin myyntipäälliköltä sähköpostiviestin liitteenä.)

Hybridikäyttöisen konttilukin mittauspisteet on esitetty vihreällä ja dieselkonttilukin punaisella. Hybridikonttilukki saavuttaa saman käyttötehon vähemmällä polttoaineen kulutuksella ja pienemmillä päästöillä kuin dieselkonttilukki.

Kalmarin myyntipäälliköltä saadun tiedon mukaan hybridikäyttöisten konttilukien keskipulutus on 12–15 litraa yhden käynnissäolotunnin aikana. Kalmar laskee kulutuksen perusteella hybridikäyttöisten konttilukien CO<sub>2</sub>-päästöt käyttämällä kerrointa 2,66, joten em. keskipulutuksen perusteella CO<sub>2</sub>-päästöt ovat 31,9–39,9 kiloa tunnissa. Dieselkäyttöisen konttilukin päästöt ovat paljon korkeammat verrattuna hybridikonttilukkiin.

Kalmarilla on nyt markkinoilla tarjolla kahta eri akkuteknologiaa käyttäviä sähkökonttilukkeja, joista Kalmar käyttää nimiä korkea energian (High Energy) malli ja pikalatausta hyödyntävä korkean tehon (High Power) malli. Korkean energian sähkökonttilukin operointiaika on neljä tuntia ja lataus aika 45 minuuttia. Korkean tehon akuilla varustettu sähköinen konttilukki pystyy operoimaan maksimissaan 45–50 minuuttia, ja sen latausaika on 5–6 minuuttia. (Kalmar s.a. Sähköiset konttilukit).

Taulukossa 3 on esitetty tiedot diesel- ja hybridikonttilukin kasviuonekaasupäästöistä (Saavedran ym. s.a. 18).

Taulukko 3. Diesel- ja hybridikonttilukien kasviuonekaasupäästöjen vertailu 40 vuoden käyttöajalla (mukaillen Saavedra ym. s.a. 18)

Päästöt (tn)	CO <sub>2</sub>	Osuus %	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
Diesellukki	566 515		852	88	32
Hybridilukki	68 680	12,1	102	11	4

Taulukossa 3 päästöt on jaettu hiilidioksidipäästöihin sekä typen (N) ja rikin (S) oksideihin (O), joiden alatyypit on merkitty x:llä. Lisäksi on esitetty myös alle 10 mikrometriä olevien pienhiukkasten päästöt. Hybridikonttilukin hiilidioksidipäästöt ovat 12,1 prosenttia dieselkonttilukin päästöistä. Hybridikonttilukin muiden oksidien ja pienhiukkasten päästöt ovat noin 12 prosenttia pienemmät kuin dieselkonttilukin.

## **6 SATAMAN TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖTAVOITE JA PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISKEINOT**

### **6.1 Vuosaaren sataman työkoneiden päästötavoite**

Helsingin Satama on luonut vuonna 2019 hiilineutraali-manifestin. Satama on asettanut Hiilineutraali Helsingin Satama 2035 -toimenpideohjelmassaan tavoitteeksi, että sen oma toiminta on hiilineutraalia vuoteen 2035 mennessä. Helsingin sataman toimenpiteillä satama-alueen päästöjen arvioidaan laskevan 32 prosenttia verrattuna vuoteen 2015 mennessä. (Helsingin Satama 2020. Hiilineutraali Helsingin Satama 2035.)

Satama on asettanut hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteet eri toiminnoissaan Hiilineutraali Helsingin Satama -manifestissaan. Sataman omaa toimintaa koskevan tavoitteen lisäksi pyritään vähentämään kumipyöräliikenteen päästöjä ja työkoneiden päästöjä 60 prosentilla. Tavoitteena on myös aluspäästöjen vähentäminen 25 prosentilla. Vertailuvuotena käytetään vuotta 2015, ja tavoitteet tulee saavuttaa vuoteen 2035 mennessä. (Helsingin Satama 2020. Hiilineutraali Helsingin Satama 2035.)

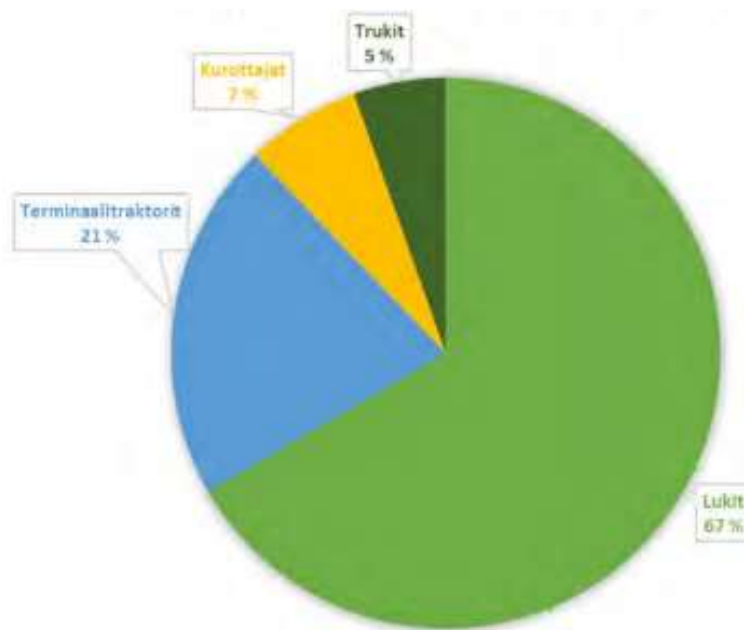
Myöhemmin tavoiteaikataulua on kiristetty. Nykyisin Sataman oman toiminnan hiilineutraalisuuden tulee toteutua jo vuonna 2025. Muille toiminnoille asetetut tavoitteet tulee saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Työkoneiden päästövähennykskeinoina on mainittu sähköisen työkoneinfrastruktuurin mahdollistaminen ja biopolttoaineiden käyttöön kannustaminen. (Helsingin Satama 2023, 24.)

### **6.2 VTT:n selvityksen keskeiset havainnot**

Helsingin kaupunki on tilannut Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä (lyhyemmin VTT) selvityksen Vuosaaren sataman työkone liikenteen päästövähennyksistä ja suunnitelman eli tiekartan päästövähennyksille. Raportti on julkaistu 25.3.2021. Selvitys kuuluu Hiilineutraaleja ja resurssiviisaita ratkaisuja yritysalueille -hankkeeseen (HNRY), joka on toteutettu 5/2019–5/2021. (Söderena ym. 2021.)

Helsingin kaupungin ympäristöpalvelut on haastatellut Vuosaaren sataman yrityksiä vuodenvaihteessa 2019–2020 selvittääkseen alueen tarpeita työkoneneiden päästövähennysten edistämiseksi. Haastatteluissa on käsitelty työkoneneiden päästöjen lisäksi laajemmin yritysten ympäristötyötä sekä Sataman ohjauskeinoja. (Pellikka s.a., 3, 27.)

Selvityksessä on esitetty Vuosaaren sataman työkoneneiden hiilidioksidipäästöjen jakautuminen eri työkonenetyyppien kesken (kuva 9). Lähes 90 prosenttia työkoneneiden päästöistä tulee lukeista (67 %) ja terminaalitraktoreista (21 %).



Kuva 9. Vuosaaren sataman hiilidioksidipäästöjen jakautuminen eri työkonenetyyppien kesken (Söderena ym. 2021, 58)

VTT:n selvityksen (Söderena 2021 ym., 36) mukaan työkoneneiden hiilidioksidipäästöt määräytyvät työsuoritteiden, energian ominaiskulutuksen ja käytetyn energian hiili-intensiteetin perusteella. Päästöjä vähentävät toimenpiteet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

1. toimenpiteet, joita voidaan soveltaa olemassa olevaan kalustoon
2. toimenpiteet, jotka edellyttävät uutta konekalustoa
3. toimenpiteet, jotka edellyttävät sekä uutta konekalustoa että uutta infrastruktuuria.

Todelliset hiilidioksidipäästöt määräytyvät käytetyn energian mukaan eli sen mukaan, käyttääkö työkonene fossiilista vai uusiutuvaa energiaa. Koneen tekno-

logia ei vaikuta hiilidioksidipäästöihin. Nollapäästöisiksi energianlähteiksi lasketaan sähkön ja vedyn sekä biopolttoaineiden käyttö. Biopolttoaineet eivät edellytä muutoksia työkoneisiin eikä infrastruktuuriin, ja ne voidaan ottaa käyttöön ”yhdessä yössä”. Biopolttoaineiden käyttöönotto ei kuitenkaan tuota päästövähennyksiä koko Suomen tasolla, koska biopolttoaineiden käytön lisääntyminen yhdessä kohteessa vähentää niiden käyttöä toisessa kohteessa jakeluvaihtelaskennan perusteella. (Söderena ym. 2021, 36.)

Uudet koneet ovat energiatehokkaampia. Koneita tulee kuitenkin tarkastella kokonaisuutena eli moottorin, ohjausjärjestelmien ja toimilaitteiden tehokkuuden osalta. Pelkkä moottoreiden kehitys ei tuota enää kovin merkittäviä päästövähennyksiä. Polttomoottorikäyttöisten koneiden uusimisella voidaan kuitenkin vähentää energiankulutusta, koska uudemmat työkoneet kuluttavat vähemmän polttoainetta. Hybridikoneilla voidaan sopivassa kohteessa saavuttaa polttoaineen kulutuksessa säästöä jopa 50 prosenttia, mikä vähentää samalla myös koneen hiilidioksidipäästöjä. (Söderena ym. 2021, 36.)

Kokonaan sähköisiin työkoneisiin siirtyminen mahdollistaa huomattavan energiatehokkuuden paranemisen ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen. Sähkön käyttö lasketaan nollapäästöiseksi. Tämä edellyttää kokonaan uusien työkoneiden hankintaa. Lisäksi sähköiset työkoneet edellyttävät latausinfrastruktuurin rakentamista. Sähköistäminen ei sovi välttämättä kaikille työkoneityypeille joko teknisten, taloudellisten tai operointiin liittyvien rajoitteiden vuoksi. Myös polttokennoteknologia mahdollistaisi päästöttömyyden, mutta se ei ole vielä käytössä satamatyökoneissa. (Söderena ym. 2021, 36.)

Energiankulutuksen vähentäminen on mahdollista hybridi- ja akkusähköisiä sekä maasähköllä toimivia työkoneita käyttämällä. Polttoaineiden kulusta ja päästöjä voidaan vähentää myös koneiden käyttöä tehostamalla eli mm. optimoimalla suoritteita, välttämättä joutokäyntiä ja automatisoinnilla. (Söderena ym. 2021, 36.)



### 6.3 VTT:n selvityksessä ehdotetut keinot hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi

VTT:n selvityksessä (Söderena ym. 2021, 49) on ehdotettu Vuosaaren työko-  
neiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi seuraavia toimia:

- nykyisten työko-  
neiden käyttöä (mm. tyhjäkäynnin minimointi) ja  
toimintatapoja kehittämällä
- uusiutuvien polttoaineiden (diesel ja CBG/LBG) käyttöönotolla
- hybridi- ja akkukäyttöisiin työko-  
neisiin siirtymisellä
- uusien ko-  
netyyppien (esim. portaalinosturit) käyttöönotolla
- automaatioasteen kasvattamisella vuosittain.

Satama voisi edistää hiilidioksidipäästövelvoitteen saavuttamista ja uusien vä-  
hähiilisten teknologioiden käytön nopeuttamista kannustinkeinoilla. Keskeisim-  
pinä mahdollisina kannustinkeinoina on selvityksessä (Söderena ym. 2021, 49)  
mainittu seuraavat:

- uusiutuvista polttoaineista aiheutuvan lisähinnan osittainen tai  
täysi korvaaminen satamaoperaattoreille
- alennus satamamaksusta uusiutuvalla polttoaineella saavute-  
tun päästövähennyksen perusteella
- alennus satamamaksusta sähköisillä työko-  
neilla siirrettyjen ta-  
varoiden osuuden perusteella ko. operaattorin tavaroiden siir-  
tomäärästä
- akkusähköisten tai muuten uuden teknologian työko-  
neiden hankkiminen Satamalle ja vuokraaminen satamaoperaattoreille  
käyttökokemusten saamiseksi pilotointihankkeen aikana
- huolehtiminen uusien päästöjä vähentävien työko-  
neteknologi-  
oiden tarvitseman infrastruktuurin saatavuudesta; esimerkiksi  
sähkölatausinfrastruktuuri ja LBG/CNG-tankkausasemat.

Sataman työko-  
neiden hiilidioksidipäästöjen vähennystavoite on 60 prosenttia  
vuoden 2015 tasosta. Selvityksessä on laskettu, että tarvittava päästövähennys  
olisi maksanut arviolta noin 1 miljoona euroa vuoden 2019 polttoainemäärällä  
ja lisähinnalla, jos kaikkien työko-  
neiden polttoaineena olisi käytetty uusiutuvaa  
dieseliä (Söderena ym. 2021, 58).

Konttilukkien ja kurottajien kohdalla biopolttoaineeseen siirtyminen nostaisi nii-  
den vuosittaisia polttoainekustannuksia merkittävästi. Selvityksen mukaan työ-  
ko-  
neiden merkittävimmät hiilidioksidipäästöjen lähteet ovat lukit (noin 70 %) ja  
terminaalitraktorit (noin 20 %). Työko-  
neiden hiilidioksidipäästöjen vähennysta-

voitteen saavuttamiseksi olisi siksi keskeistä edistää vähähiilisten käyttövoimien käyttöönottoa ensisijaisesti lukeissa ja terminaalitraktoreissa. Kurottajien ja trukkien merkitys hiilidioksidipäästövähennyksen saavuttamisessa on vähäinen. (Söderena ym. 2021, 49, 58–59, 60.)

Selvityksessä on muodostettu eri käyttövoimavaihtoehtojen arvioimiseksi laskentamalli, jolla on arvioitu kunkin konetyypin hiilidioksidipäästöt sekä investointi- ja käyttökustannukset. Laskennassa on käytetty lähtötietoina Vuosaaren sataman operaattoreilta haastatteluissa saatuja tietoja heidän käyttämistään työkoneista. Sähköistäminen on kustannustehokkainta paljon kuluttavilla työkoneilla, mutta sähköisten työkoneiden hankintakustannukset ovat suuremmat. Täyssähköiseen koneeseen siirtyminen pienentää käyttökustannuksia noin kaksi kertaa enemmän verrattuna hybridiin. (Söderena ym. 2021, 50, 58–59, 60.)

Sähköistyminen on erittäin kustannustehokas päästövähennyskeino lukeille ja kurottajille käyttökustannusten merkittävän alenemisen ansiosta. Myös hybridi-koneilla voi olla mahdollista saavuttaa matalammat kokonaiskäyttökustannukset. (Söderena ym. 2021, 60.)

Kuvassa 10 olevassa osittaisessa kuvakaappauksessa on esitetty arvioidut muutokset hiilidioksidipäästöissä ja käyttökustannuksissa, jos dieselikäyttöisen lukin sijasta käytetään hybridi- tai täyssähkölukkia taikka tavallisen dieselin sijasta käytetään uusiutuvaa eli biopolttoainetta.

Työkonetyyppi	Muutos	TTW päästöt (tCO <sub>2</sub> ekv)	Käyttö- kustannukset	Investointi- kustannukset	Vuositason kokonais- kustannukset
Lukki < 40 t	Vaihto hybridiin	-31	-12 107 €	11 406 €	-701 €
Lukki < 40 t	Vaihto täyssähköön	-105	-28 589 €	22 813 €	-5 777 €
Lukki < 40 t	Vaihto bioon	-103	18 000 €	0 €	18 000 €
Lukki => 40 t	Vaihto hybridiin	-137	-52 968 €	11 406 €	-41 562 €
Lukki => 40 t	Vaihto täyssähköön	-366	-100 063 €	22 813 €	-77 251 €
Lukki => 40 t	Vaihto bioon	-360	62 999 €	0 €	62 999 €

Kuva 10. Kuvakaappaus hybridi- ja täyssähkölukkien vuosittaisten päästöjen, käyttö- ja investointikustannusten sekä kokonaiskustannusten vertailu dieseliä ja biopolttoainetta käyttävään polttomoottorikonttilukkiin (mukailen Söderena ym. 2021, s. 58)

Kuvakaappaus on otettu VTT:n tutkimuksesta (Söderena ym. 2021, 58), jossa on ilmoitettu arvojen pohjautuvan pohjautuvat satamaoperaattoreilta ja työko-nevalmistajilta saatuihin tietoihin ja tutkimuksen tekoajan oletettuihin polttoai-neiden ja sähkön hintoihin sekä hybridi- ja sähkötyökoneiden energiatehokkuu-teen. Vertailutaulukko on kokonaan liitteessä 3.

Sähköisten terminaalitraktorien ja trukkien investointikustannukset ovat suu-rempia kuin säästöt niiden käyttökustannuksissa. Niissä koneissa, kuten termi-naalitraktorit, joissa sähköistäminen tai hybridi eivät ole kustannustehokkaita tai operoinnin kannalta järkeviä, voitaisiin hiilidioksidipäästöjä vähentää myös uu-siutuvan polttoöljyn tai biometaanin käytöllä. (Söderena ym. 2021, 50, 59–60.)

Selvityksen mukaan Vuosaaren satama-alueen sähköverkko riittää hyvin katta-maan tutkimuksen aikaan käytössä olleiden konttilukkien (33 kpl) ja terminaalit-raktorien (56 kpl) latauksesta aiheutuvan kuorman. (Söderena ym. 2021, 49, 54–55.) Vuosaaren sataman työkoneiden päästövähennysselvityksestä HNRV:n sivuilla julkaistun yhteenvedon (Markkanen s.a.) mukaan Sataman päästötavoitteisiin ei näyttäisi olevan mahdollista yltää joko ilman konttilukkien jonkinasteista sähköistymistä tai uusiutuvan moottoripolttoöljyn käyttöä.

VTT:n selvitystä (Söderena ym. 2021) varten on haastateltu Vuosaaren sata-massa toimivia satamaoperaattoreita. Työkoneiden käyttövoimana on ollut pää-sääntöisesti diesel eli fossiilinen polttoöljy. Operaattorit ovat olleet avoimia uu-sien käyttövoimien käyttöönottoon edellyttäen, että työkonetoiminnan tehok-kuus, operoitavuus ja kustannusrakenne säilyvät ennallaan. Uudistuksissa tulisi ottaa huomioon kustannukset ja kannattavuus. Uusiutuvan dieselin käyttö nos-taisi kustannuksia. (Söderena ym. 2021, 76.)

Satamaoperaattoreiden haastatteluvastausten mukaan asiakkaiden tietoisuus ympäristötekijöistä ja arvoista ei vielä näy toiminnassa, mutta se tulee vaikutta-maan toimintaan jo lähivuosina. Sähkötyökoneiden hankinnan haasteiksi kat-sottiin niiden kalliimpi hinta ja käyttörajoitteet. Sähköiset työkoneet kiinnostivat, ja muutamalla operaattorilla oli jo kokeiltavana sähkötrukkeja. Myös muut ope-raattorit suhtautuivat avoimin mielin sähkötyökoneiden pilotointiehdotuksille. (Söderena ym. 2021, 76.)

## 6.4 Tiekartassa ehdotetut toimenpiteet ja aikataulu

VTT:n Vuosaaren sataman työkoneliikenteen hiilidioksidipäästövähennyksistä laatima selvitys (Söderena ym. 2021) sisältää tiekartan eli suunnitelman. Tiekartasta laaditussa esitysmateriaalissa on kuva teknologiavaihtoehdoista hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ja niiden vaatimista toimenpiteistä (kuva 11). Kuvassa on korostettu sitä, että päästövähennyksiä on mahdollista saada koko ajan käytettävän kaluston mahdollisimman tehokkaalla käytöllä. (Helsingin kaupunki 2021, 4.)



Kuva 11. Teknologiavaihtoehdot hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen (Helsingin kaupunki 2021, 4)

Selvitykseen (Söderena ym. 2021, 63) sisältyvässä päästövähennysten tiekartassa on neljä eri tasoa, jotka ovat:

- 1 maailmanlaajuiset trendit ja lainsäädäntö
- 2 kansallinen ja Helsingin kaupungin kehitys
- 3 teknologiat, asiakkaat ja satamaoperaattorit
- 4 toimenpiteet.

Tiekartta sisältää aikataulun, joka alkaa vuodesta 2021 päästötavoitteiden saavuttamisvuoteen 2035 (Liite 4). Tarkastelujaksot on jaettu VTT:n selvityksen tiekartassa (Söderena ym. 2021, 65) kolmeen jaksoon:

- 1 pilotointihankkeen suunnittelu vuosina 2021–2022
- 2 uusien teknologioiden pilotointi vuosina 2022–2027 ja
- 3 vaiheittainen siirtymä kohti markkinaehtoista toimintaa vuosina 2027–2035.

Tiekartassa on ehdotettu, että pilotointihankkeen suunnitteluhankeen aikana mallinnetaan sähkökäyttöisten työkoneiden operointi tarvittavien akkukapasiteettien ja latausjärjestelmien mitoittamiseksi. Lisäksi hankitaan tietoja pilotointiin valittavista työkoneista ja latausjärjestelmistä. Sovitaan satamaoperaattoreiden ja biopolttoaineiden toimittajien kanssa uusiutuvan polttoöljyn käytön kokeilusta. Kartoitetaan laajemmin uusiutuvien polttoaineiden, kuten CNG:n (paineistettu maakaasu) tai LNG:n (nesteytetty maakaasu) ja etanolidieselin (ED95), tulevaisuuden näkymiä. (Söderena ym. 2021, 65.)

Pilotoinnin aikana selvitetään myös työkoneiden käytön tehostamistoimia. Aloitetaan keskustelut uusien toimintamallien kehittämiseksi hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinoista ja niistä aiheutuvien kustannusten kompensoinnista ja latausinfraan järjestämisestä. (Söderena ym. 2021, 66.)

Suunnittelun päätyttyä olisi selkeä suunnitelma pilotoitavista työkoneista ja latausinfraasta. Pilotointivaiheessa satamaoperaattoreilla pitäisi olla mahdollisuus kokeilla käyttötarpeiden ja mallinnuksen pohjalta luotuja toimintavaihtoehtoja. Kokeilumahdollisuus tulisi tarjota sekä sähkökäyttöisten työkoneiden että uusiutuvan moottoripolttoöljyn käyttöön eri-ikäisissä työkoneissa eri käyttöolosuhteissa. Lisäksi kokeiltaisiin pika- ja tavallisten latausasemien käyttöä ja kerättäisiin tietoja tehontarpeesta, tyypeistä ja sijainneista. (Söderena ym. 2021, 66.)

Pilotointihankkeen jälkeen satamaoperaattoreilla pitäisi olla enemmän tietoa sähkökäyttöisten työkoneiden käytöstä ja niiden tarvitseman latausinfrastruktuurinkäytöstä, mitoituksesta ja latauspisteiden optimaalisesta sijainnista. Satama voisi saatujen tietojen perusteella päättää, investoiko se itse pikalatausasemiin vai hankkiiko se palvelun latausoperaattoreilta. Kokeilun aikana saataisiin tietoja uusiutuvien polttoaineiden sopivuudesta eri-ikäisiin työkoneisiin ja biometaanin käyttömahdollisuudesta esim. terminaalitraktoreissa. (Söderena ym. 2021, 66–67.)

VTT:n selvityksen (Söderena ym. 2021, 66) mukaan Satama olisi suunnittelu-  
hankkeen omistaja. Satamaoperaattorit osallistuisivat pilotointihankkeen suunnitteluun ja toimintojen kehittämiseen. He olisivat mukana myös työkonevalmistajien ja polttoainetoimittajien kanssa käytävissä keskusteluissa. Sataman tulisi keskustella satamaoperaattoreiden kanssa mahdollisista kustannusten kompensointi- ja tukimalleista. Sataman vastuulla olisi valikoitujen sähkötyökoneiden ja latausasemien hankkiminen pilotointia varten.

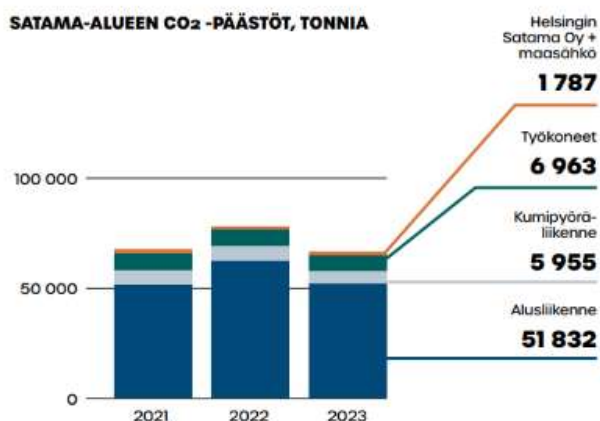
Helsingin Sataman hiilineutraaliusohjelman käytännön toteuttamista on arvioitu vuonna 2021. Auditoinnin mukaan toiminta on pääosin järjestetty asianmukaisesti. (Sataman vuosikertomus 2022. 5. Vastuullinen satama. Hiilineutraalisuus askeleen lähempänä.)

## 7 SATAMAN EDISTYMINEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISESSÄ

### 7.1 Edistyminen vuodesta 2019 vuoden 2023 loppuun mennessä

Helsingin Satama loi vuonna 2019 Hiilineutraali Helsingin satama -manifestin. Sataman tavoitteena on hiilineutraalit satama-alueet. Satamien vähähiilisuuden mittariksi on määritelty hiilidioksidipäästöt. Satama-alueiden päästöt jakautuvat aluspäästöihin, työkonepäästöihin, kumipyöräliikenteen päästöihin ja Sataman oman toiminnan päästöihin. (Helsingin Satama 2023. 5. Vastuullinen satama. Ympäristövastuu – vilkastunut liikenne kasvatti hiilidioksidipäästöjä.)

Sataman satama-alueiden hiilidioksidipäästöjen jakautuminen vuonna 2023 päästölähteiden mukaan on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Helsingin Sataman satama-alueen hiilidioksidipäästöt 2021–2023 (Helsingin Satama 2024, 25)

Satama-alueen päästöt olivat vuonna 2023 yhteensä 66 537 tonnia (Helsingin Satama 2024, 25). Suurin osa päästöistä tulee alusliikenteestä, jonka osuus päästöistä on noin 78 prosenttia. Toiseksi tulevat työkoneiden päästöt, joiden osuus on noin 10 prosenttia. Kumipyöräliikenteen päästöt ovat noin 9 ja sataman oman toiminnan päästöt 2,7 prosenttia.

Taulukossa 4 on esitetty Sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöjen muutokset vuodesta 2019 vuoteen 2023. Taulukon päästömäärät perustuvat Sataman vuosikertomuksissa ilmoitettuihin määriin (Helsingin Satama 2023, 5. Vastuullinen satama. Ympäristövastuu – Vilkastunut liikenne kasvatti hiilidioksidipäästöjä).

Taulukko 4. Työkoneiden päästöt 2019–2023 (Helsingin satama. Vuosikertomukset 2019–2022; 2023, 26)

Vuosi	CO2 tn	Muutos tn	Muutos-% ed. vuodesta	Muutos-% 2019 => 2023
2 019	7 602			
2 020	7 685	83	1,1	
2 021	7 802	117	1,5	
2 022	7 796	-6	-0,1	
2 023	6 963	-833	-10,7	-8,4

Muutossarakkeisiin on laskettu työkoneiden hiilidioksidipäästöjen muutos verrattuna edelliseen vuoteen. Muutosprosentti on saatu laskemalla päästöjen lisäyksen tai vähennyksen osuus edellisen vuoden päästöistä.

Taulukon 4 mukaan Sataman työkoneiden päästöt ovat Hiilineutraali Helsingin Satama -manifestin jälkeen eli vuosina 2020 ja 2021 kasvaneet. Vuosina 2022 ja 2023 päästöt ovat vähentyneet. Vuonna 2023 hiilidioksidipäästöt vähentyneet yli 10 prosenttia verrattuna edelliseen vuoteen. Vuodesta 2019 vuoteen 2023 työkoneiden hiilidioksidipäästöt ovat vähentyneet yhteensä 8,4 prosentilla.

Sataman kokonaistavaraliikenne sekä satamassa käsiteltyjen konttien määrä (TEU) ja sataman kautta kulkeneiden rekkojen, perävaunujen ym. määrä on

laskenut noin 8 prosenttia (taulukko 4). Satamassa käsiteltyjen konttien määrän lisäksi niiden yhteispaino on laskenut hiukan yli 10 prosenttia. (Helsingin Satama 2024, 7.)

Satama on maininnut vuoden 2021 vuosikertomuksessaan olleensa mukana VTT:n tutkimuksessa (Söderena ym. 2021), jossa selvitettiin Vuosaaren sataman vähähiilisten työkoneiden vaihtoehtoja. Lisäksi on mainittu toteutetuista ja seuraavana vuonna rakennettavista sähköautojen latauspaikkoista. (Helsingin Satama 2022. 5 Vastuullinen satama.)

## 7.2 Sataman edistyminen vuodesta 2015 vuoteen 2023

Hiilineutraali Helsingin satama -manifestissa päästötavoitteiden vertailuvuodeksi on asetettu vuosi 2015 (Helsingin Satama 2020. 6. Kestävä kehitys). Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoite on 60 prosenttia aikataulun kiristämisen jälkeen vuoteen 2030 mennessä (Helsingin Satama 2023, 5. Vastuullinen satama. Ympäristövastuu – Vilkastunut liikenne kasvatti hiilidioksidipäästöjä).

Taulukossa 5 on esitetty Sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöt vuodelta 2015 sekä vuosilta 2021–2023 ja niiden muutokset ja muutosprosentti verrattuna edelliseen vuoteen vuosilta 2023 ja 2022. Lisäksi on esitetty työkoneiden päästöjen prosentuaalinen muutos vuodesta 2015 vuoteen 2023.

Taulukko 5. Työkoneiden hiilidioksidipäästöt 2015 ja 2021–2023 (Helsingin satama. Vuosikertomukset 2017, 2021–2023; Söderena ym. 2021, 9)

Vuosi	CO2 tn	Muutos tn	Muutos-% ed. vuodesta	Muutos-% 2015 => 2023
2 015	5 344			
2 021	7 802	440		
2 022	7 796	-6	-0,1 %	
2 023	6 963	-833	-10,7 %	30,3 %

Sataman työkoneiden päästöt ovat vuonna 2015 olleet 5 344 CO<sub>2</sub> tonnia ja viime vuonna 6 963 CO<sub>2</sub> tonnia. Päästöt eivät ole vähentyneet, vaan päinvastoin kasvaneet 30,3 prosentilla eli lähes kolmasosalla vuodesta 2015 vuoteen 2023.



Sataman kokonaistavaraliikenne, käsiteltyjen konttien määrä sekä rekkojen, perävaunujen ja muiden määrä sekä niiden muutokset vuodesta 2015 vuoteen 2023 on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Sataman tavaraliikenteen kasvu vuodesta 2015 vuoteen 2023 (Helsingin Satama 2024, 7; 2017. 4. Tavaraliikenne.)

Tavaraliikenteen määrä	2015	2023	Muutos	Muutos-%
Sataman kokonaistavaraliikenne	11 410 000	13 940 000	2 530 000	22,2 %
Kontit TEU- kpl	430 000	452 000	22 000	5,1 %
Rekat, perävaunut ja muut, kpl	154 000	644 000	490 000	318,2 %

Satamassa käsiteltyjen konttien määrä on kasvanut 5,1 prosentilla sekä rekkojen ja perävaunujen ym. määrä yli kolminkertaistunut (lisäys 318,2 %) vuodesta 2015 vuoteen 2023. Työkoneiden päästöt aiheutuvat pääosin konttien käsittelyssä käytettävistä koneista. Rekkojen ja perävaunujen päästöt ovat mukana kumipyöräliikenteen päästömäärissä.

Taulukossa 7 on vähennetty ”oikaisuna” työkoneiden hiilidioksidipäästöjen määrästä vuonna 2023 konttien määrän lisääntymistä vastaava osuus (5,1 %) eli 355 CO<sub>2</sub> tonnia.

Taulukko 7. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen muutos vuodesta 2015 vuoteen oikaistuna käsiteltyjen konttien määrän kasvulla

Vuosi	CO <sub>2</sub> tn	Oikaisu CO <sub>2</sub> tn	Muutos tn 2015 => 2023	Muutos-% 2015 => 2023
2 015	5 344			
2 023	6 963	-355	1 264	23,6 %

Työkoneiden ”oikaisun” jälkeinen hiilidioksidipäästöjen määrä olisi ollut 6 608 CO<sub>2</sub> tonnia vuonna 2023. Työkoneiden hiilidioksidi päästöt ovat silti lisääntyneet verrattuna vuoden 2015 päästöjen määrään 1 264 tonnilla ja 23,6 prosentilla.

Sataman hiilidioksidipäästöjen vähennystavoite on nykyisin 60 prosenttia vuoden 2015 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Päästöjä on vähennettävä 3 206 CO<sub>2</sub> tonnilla, jotta päästöjen määrä olisi tavoitteeksi asetettu 40 prosenttia vuoden 2015 päästöistä eli 2138 CO<sub>2</sub> tonnia.

Vuonna 2023 työkoneiden hiilidioksidipäästöt olivat 6 963 CO<sub>2</sub> tonnia. Päästöjä on vähennettävä 4 825 CO<sub>2</sub> tonnilla, mikä on 69,3 prosenttia vuoden 2023 päästöjen määrästä vuoteen 2030 mennessä. Jos päästövähennystä laskettaessa otetaan huomioon konttiliikenteen kasvu, niin ”oikaisun” jälkeen päästöjä tulee vähentää 4 470 CO<sub>2</sub> tonnia eli 64,2 prosenttia.

### **7.3 Kysely Helsingin sataman päällikölle**

Tutkimuksen aikana tehtävällä sähköpostikyselyllä oli tarkoitus hankkia empiiristä aineistoa nykyisin satamassa käytössä olevista konttilukeista, tähänastisista toimenpiteistä konttilukkien päästöjen vähentämiseksi sekä näkemyksiä tai ehdotuksia päästöjen vähentämiseksi tulevaisuudessa. Kysymykset oli laadittu VTT:n tutkimuksen (Söderena ym. 2021) perusteella, ja lähetettiin sähköpostilla sataman kahdelle päällikölle.

Kyselyyn saatiin sähköpostilla vastaus vain yhdeltä Sataman päälliköltä. Sataman toisen päällikön kanssa ennen kyselyn lähettämistä käydyssä puhelin keskustelussa tuli ilmi, ettei hänellä ole mitään lisättävää kollegansa aiempaan vastaukseen (Sataman päällikkö 2. 2024). Vuosaaren satamassa toimii nykyisin vain kaksi konttilukkeja käyttävää satamaoperaattoria. Kumpikaan heistä ei vastannut vastanneet kyselyyn liikesalaisuuksien suojaamisen vuoksi.

Sataman päällikön kyselyvastausten mukaan Satama on käynyt VTT:n selvityksessä (Söderena ym. 2021) ehdotettuja keskusteluja satamaoperaattoreiden ja muiden alan toimijoiden, kuten sähkölatauksen palveluntarjoajien ja työko-nevalmistien ym. sekä VTT:n, kanssa. Sataman päällikön vastauksen mukaan em. keskustelut ovat olleet aktiivisia. (Sataman päällikkö 2024.)

Sataman päällikön vastausten mukaan Vuosaaren satama seuraa satamaope-raattoreiden edistymistä työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä sa-tamaoperaattorien raportoimien työkoneiden kuluttamien polttoaineiden perus-teella. Satama laskee kulutettujen polttoaineiden yhteismäärästä työkoneiden hiilidioksidipäästöjen määrän. Lisäksi satama keskustelee päästöistä operaat-toreiden kanssa. (Sataman päällikkö 2024.)

Sataman päällikön antamien tietojen mukaan VTT:n selvitykseen (Söderena ym. 2021) sisältyvää tietoa ei ole päivitetty. Vuosaaren satama voi edistää työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämistä hinnanalennuksilla. Satama voi hankkia sähköisiä työkoneita satamaoperaattoreille testattavaksi pilotointihankkeissa. Satama voisi uudistaa myös sopimustensa rakennetta niin, että satamaoperaattoreilta vaadittaisiin tiettyjä teknologioita vuokrasopimuksissa. Mahdollista olisi myös sisällyttää satamajärjestykseen määräyksiä hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä. (Sataman päällikkö 2024.)

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI

### 8.1 Yhteenveto tutkimustuloksista

Satama on asettanut Hiilineutraali Helsingin satama -manifestissaan (Helsingin Satama 2024, 24.) seuraavat tavoitteet:

- Helsingin Satama tähtää hiilineutraaliuteen omassa toiminnassaan vuoteen 2025 mennessä.
- Aluspäästöjä vähennetään 25 prosenttia vuoteen 2030 mennessä.
- Raskaan liikenteen päästöjä vähennetään 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä.
- Satama-alueiden työkoneiden päästöjä vähennetään 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä.

Kokonaiskuvan saamiseksi on selvitetty Sataman edistymistä hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä myös Sataman muissa toiminnoissa. Vertailuvuodeksi on otettu vuoden 2015 tietojen puuttumisen vuoksi vuoden 2019 päästöt. Taulukossa 8 on esitetty satama-alueen päästöjen yhteismäärän ja eri alaryhmien määrien kehitys vuosilta 2019–2023.

Taulukko 8. Helsingin Sataman satama-alueiden hiilidioksidipäästöt vuosilta 2019–2023 (Helsingin Satama 2024, 25; Sataman vuosikertomukset 2019–2023)

Satama-alueen CO <sub>2</sub> -päästöt	2019	2020	2021	2022	2023	Muutos tn	Muutos-% 2019=2023
Oma toiminta ja myyty maasähkö	4 028	1 464	1 608	1 524	1 787	-2 241	-55,6
Työkoneet	7 602	7 362	7 802	7 796	6 963	-639	-8,4
Kumipyörälli- kenne	6 260	6 073	6 300	6 400	5 955	-305	-4,9
Alusliikenne	66 887	61 516	51 600	63 400	51 832	-15 055	-22,5
<b>Yhteensä</b>	<b>84 777</b>	<b>76 415</b>	<b>67 310</b>	<b>79 120</b>	<b>66 537</b>	<b>-18 240</b>	<b>-21,5</b>

Sataman oman toiminnan ja satamissa vieraileville aluksille myydyin sähkön päästöt ovat vähentyneet yli puolella eli noin 55 prosentilla vuodesta 2019 vuoteen 2023. Sataman käyttämästä energiasta 73 prosenttia on tuotettu hiilivapaasti mm. aurinkopaneelien avulla (Helsingin Satama 2024, 27). Sataman oman toiminnan osuus hiilidioksidipäästöistä on noin 2,7 prosenttia.

Suurin satama-alueen hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja on alusliikenne, jonka osuus päästöistä on noin 78 prosenttia. Alusliikenteen päästöjä on onnistuttu vähentämään yli 15 000 tonnia ja yli 22,5 prosentilla. Tämän ansiosta myös satama-alueen päästöjen määrä on vähentynyt yli 21 prosentilla.

Kumipyöräliikenteen päästöjä on onnistuttu vähentämään vähiten eli vain noin 5 prosentilla vuodesta 2019 vuoteen 2030. Sen osuus sataman päästöistä on noin 9 prosenttia. Työkoneiden hiilidioksidipäästöt ovat vähentyneet 639 tonnilla eli 8,4 prosentilla. Vuonna 2023 työkoneiden päästöt ovat noin 10 prosenttia satama-alueen kokonaispäästöistä.

Hiilineutraali Helsingin satama -manifestissa asetettujen tavoitteiden saavuttaminen lasketaan vuoden 2015 päästöjen perusteella. Sataman hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärää ja sen jakautumista eri ryhmiin vuonna 2015 ei ole mainittu em. manifestin päivitettyissä versioissa. Vuosikertomuksissa ei ole annettu tietoja Sataman edistymisestä päästövähennyksissä verrattuna vuoteen 2015. Työkoneiden päästöjen määrä vuonna 2015 on mainittu VTT:n raportissa (Söderena ym. 2021, 56).

Sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöt ovat vuonna 2015 olleet 5 344 CO<sub>2</sub> tonnia. Päästöjä on tavoitteen mukaan vähennettävä 60 prosentilla eli 3 206 CO<sub>2</sub> tonnia vuoteen 2030 mennessä. Päästöjen määrä vuonna 2030 olisi tavoitteen toteutuessa 2 138 CO<sub>2</sub> tonnia.

Taulukossa 9 on esitetty työkoneiden päästöjen muutos vuodesta 2015 vuoteen 2030 sekä hiilidioksidipäästöistä vielä vähennettävä määrä vuoteen 2030 mennessä.

Taulukko 9. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen muutos vuodesta 2015 vuoteen 2023.  
(Helsingin Satama 2024, 25; Söderena ym. 2021, 9)

Vuosi	CO2 tn	Tavoite 2030	Muutos-% 2015 => 2023	Vähennettävä CO2 tn	Vähennysmäärä-% 2023:n päästöistä
2015	5 344				
2023	6 963	2 138	30,3	4 825	69,3
2023 "oikaistu"	6 608	2 138	23,6	4 470	67,6

Työkoneiden päästöt olivat 6 963 CO<sub>2</sub> tonnia vuonna 2023 ja konttiliikenteen kasvun perusteella tehdyn oikaisun (-355 CO<sub>2</sub> tonnia) jälkeen 6 608 CO<sub>2</sub> tonnia. Päästöt eivät ole vähentyneet, vaan päinvastoin kasvaneet 30,3 prosentilla eli lähes kolmasosalla vuodesta 2015 vuoteen 2023. Jos päästöjen määrässä otetaan huomioon satamassa käsiteltyjen konttien määrän kasvu 5,1 prosentilla vuodesta 2015 vuoteen 2023 ja vähennetään niitä vastaava määrä päästöistä, niin hiilidioksidipäästöt ovat silti lisääntyneet 1 264 tonnilla ja 23,6 prosentilla vuodesta 2015 eivätkä vähentyneet.

Sataman päällikön kyselyyn antamien vastausten mukaan Satama on käynyt VTT:n selvityksessä ehdotettuja keskusteluja aktiivisesti satamaoperaattoreiden ja muiden alan toimijoiden sekä myös VTT:n kanssa. Satama myös seuraa satamaoperaattoreiden edistymistä hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä ja keskustelelee heidän kanssaan päästöistä. (Sataman päällikkö 2024.)

Sataman päällikön kyselyvastausten mukaan VTT:n selvitykseen sisältyvää tietoa ei ole päivitetty. Satama on ilmoittanut voivansa edistää työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämistä myöntämällä alennuksia satamamaksuista. Muina edistämiskeinoina on mainittu, että Satama voisi hankkia sähköisiä työkoneita satamaoperaattoreille testattavaksi pilotointihankkeissa. Mahdollista olisi lisätä satamajärjestykseen määräyksiä hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä tai sisällyttää satama-alueiden vuokrasopimukseen edellytyksiä tiettyjen teknologioiden käytöstä. (Sataman päällikkö 2024.)

## 8.2 Johtopäätökset

Satama on edistynyt satama-alueiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä hyvin omien päästöjensä kohdalla. Sen onkin helpointa vaikuttaa omaan toimintaansa. Sataman omat päästöt ovat vain pieni osa koko satama-alueen päästöistä, esim. vuonna 2023 noin 2,7 prosenttia.

Satamalla ei näyttäisi olleen tehokkaita keinoja vaikuttaa kumipyöräliikenteen ja satamaoperaattoreiden käyttämien työkoneiden aiheuttamiin päästöihin. Myöskään satamassa vierailevien alusten hiilidioksidi päästöjen pienentäminen ei ole ns. sataman omissa käsissä. Silti alusten päästöjen vähentämisessä on onnistuttu vuodesta 2019 vuoteen 2023 hyvin (-22,5 %).

Satama on maininnut Hiilineutraali Helsingin Satama -manifestissaan (Helsingin Satama 2024, 25), että hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen edellyttää yhteistyötä kaikkien satamatoimijoiden kanssa. Satama on ilmoittanut manifestissaan kannustavansa ja edistävänsä satama-alueella palvelevia ja asiovia yrityksiä sekä vierailevia aluksia vähentämään hiilidioksidipäästöjään. Satamassa toimivat yritykset toimivat itsenäisesti, ja niillä on ensisijaisina oman yrityksensä taloudelliset ja muut tavoitteet. (Helsingin Satama 2024, 25),

Työkoneiden osalta manifestissa on mainittu keinoina sähköisen työkoneinfrastruktuurin mahdollistaminen ja biopolttoaineiden käyttöön kannustaminen. Biopolttoaineiden käyttö satamassa kuitenkin vähentäisi niiden käyttöä jossakin muussa kohteessa Suomen jakeluvuorotilainsäädännön vuoksi. Lisäksi biopolttoaineiden käyttöön siirtymiseen liittyy kustannus- ja muita negatiivisia vaikutuksia.

Vuosaaren sataman sähköinfrastruktuuri riittäisi VTT:n selvityksen mukaan kaikkien lukkien sähköistämiseen. Täyssähköisillä konttilukeilla työskentelyaika on enimmillään 4 tuntia, jonka jälkeen ne on ladattava. Niiden latausaika on 45 minuuttia. Nämä ominaisuudet asettavat rajoituksia niiden käytölle. Yhden dieselkonttilukin vaihto hybridiin vähentää hiilidioksidipäästöjä vuodessa 31 CO<sub>2</sub> tonnia ja täyssähköiseen 105 CO<sub>2</sub>-tonnia. Suuremmissa eli yli 40 tonnin konttilukeissa vaihto diesellukista hybridiin pienentää päästöjä 137 ja

täyssähköön 366 CO<sub>2</sub> tonnia. Päästövähennyksiä koskevat tiedot perustuvat VTT:n vuonna 2021 julkaisemaan raporttiin. (Söderena ym. 2021, 59.)

Taulukkoon 10 on laskettu, paljonko Vuosaaren satama saisi vuositasolla työkonepäästöjään pienemmään, jos satamassa käytössä olevista konttilukeista vaihdettaisiin 10 kappaletta joko hybridi- tai sähkökonttilukkeihin.

Taulukko 10. Hiilidioksidipäästöjen mahdollinen vähennys vuodessa, jos dieselkonttilukit vaihdetaan hybridi- tai täyssähköisiin konttilukkeihin. (mukailen Söderena ym. 2021, 59)

Konttilukki- tyyppi	Päästö- vähennys CO <sub>2</sub> -tn.	Kpl	Päästö- vähennys CO <sub>2</sub> -tn.
Täyssähkö	-105	10	-1 050
Hybridi	-31	10	-310

Vuosaaren satamassa nykyisin käytössä olevien konttilukkien määrä ja se, ovatko ne alle vai yli 40 tonnin konttilukkeja, ei ole tiedossa. Taulukossa 10 esitetyn laskelman mukaan 10 alle 40 tonnin dieselkonttilukin vaihto hybridi-konttilukkeihin vähentäisi hiilidioksidipäästöjä 1 050 CO<sub>2</sub> tonnia vuodessa. Hiilidioksidipäästöjä voitaisiin vähentää täyssähköisillä konttilukeilla yli kolme kertaa enemmän eli 1 050 CO<sub>2</sub> tonnia vuodessa.

Yhden suuremman eli yli 40 tonnia painavan dieselkonttilukin vaihtaminen täyssähköiseen konttilukkiin vähentää hiilidioksidipäästöjä 366 CO<sub>2</sub> tonnia ja hybridikonttilukkiin 167 CO<sub>2</sub> tonnia vuodessa (Söderena ym. 2021, 59). Jos Vuosaaren satamassa on yli 40 tonnia painavia konttilukkeja, niin yhdenkin vaihtamisella sähköiseen voidaan saada hiilidioksidipäästöjä vähennettyä 366 CO<sub>2</sub> tonnia eli noin 5 prosenttia vuoden 2023 hiilidioksidipäästöistä. Täyssähköisten konttilukkien käyttöä rajoittaa kuitenkin akkujen riittämättömyys koko työpäivän ajaksi yhdellä latauksella.

Taulukossa 11 on esitetty, paljonko Sataman pitää vähentää vielä työkonien hiilidioksidipäästöjä vuodesta 2023 vuoteen 2030 mennessä saavuttaakseen Hiilineutraali Satama -manifestin tavoitteen.

Taulukko 11. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähennysmäärä vuoteen 2030 mennessä

Vuosi	CO2 tn	Tavoite 2030	Muutos-% 2015 => 2023	Vähennettävä CO2 tn	Vähennysmäärä-% 2023:n päästöistä
2015	5 344				
2023	6 963	2 138	30,3	4 825	69,3

Työkoneiden päästöjä olisi vähennettävä vähintään noin 4 825 CO<sub>2</sub> tonnilla. Päästövähennysten määrä on lähes 70 prosenttia vuoden 2023 hiilidioksidipäästöistä. Päästövähennys pitää saada aikaan vuosien 2024–2030 aikana.

Konttilukkeja oli vuonna 2019 Vuosaaren satamassa 33 kappaletta (Söderena ym. 2021, 54). Lukkien osuus oli vuonna 2019 Vuosaaren sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöistä oli noin 70 prosenttia (Söderena ym. 2021, 68). Jos osuus Vuosaaren sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöistä on pysynyt samana, niin konttilukit aiheuttivat vuoden 2023 päästöistä noin 4 875 CO<sub>2</sub> tonnia. Määrä vastaa suunnilleen hiilidioksidipäästöjen määrää, joka on vielä vähennettävä vuoden 2023 toteutuneista päästöistä vuoteen 2030 mennessä.

Taulukossa 12 on esitetty, paljonko dieselkonttilukeista pitäisi vaihtaa täyssähköisiin tai hybridikonttilukkeihin, jos konttilukeista vuonna 2023 aiheutuneet päästöt saataisiin kokonaan vähennettyä. Satama saavuttaisi samalla myös työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteen, jos konttilukkien päästöt saadaan vähennettyä kokonaan.

Taulukko 12. Konttilukkien päästöjen vähentäminen vaihtamalla dieselkonttilukit täyssähköisiin tai hybridikonttilukkeihin

Konttilukkityyppi	Päästövähennys/kpl tn/vuosi	Lukkien päästöjen osuus tn 2023	Lukkeja tarvittaisiin kpl
Täyssähkö, yli 40 tn	366	4 875	13
Hybridi, yli 40 tn	137		36
Täyssähkö, alle 40 tn	105		46
Hybridi, alle 40 tn	31		157

Lukkien laskennallisten päästöjen vähentäminen kokonaan edellyttäisi, että satamassa vaihdettaisiin yli 40 tonnin dieselkonttilukkeja 13 kappaletta täyssähköisiin. Alle 40 tonnin dieselkonttilukkeja pitäisi vaihtaa 46 kappaletta sähköisiin.



kökonttilukkeihin saman päästövähennyksen saamiseksi. Yli 40 tonnin hybridi-konttilukkeja tarvittaisiin em. päästömäärän vähentämiseen 36 kappaletta ja alle 40 tonnin hybridikonttilukkeja 157 kappaletta.

Sataman konttilukkien nykyinen määrä ja kokoluokka ei ole tiedossa, mutta määrä lienee pysynyt suunnilleen samana kuin se oli vuonna 2019. Satama-operaattorit ovat sähköistäneet mm. satamanostureita, mutta näin saadut hiilidioksidipäästöjen vähennykset ovat jo toteutuneet (Helsingin Satama 2023. 5. Vastuullinen satama. Vilkastunut liikenne kasvatti hiilidioksidipäästöjä.)

Tutkimuksen tulosten mukaan Helsingin Satama ei ole onnistunut hyvin työko-  
neiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Hiilidioksidipäästöjen vähentä-  
minen vuoteen 2030 mennessä tulee olemaan erittäin haastavaa. Päästöta-  
voitetta ei ole mahdollista saavuttaa hybridikonttilukkien avulla, koska yhden  
alle 40 tonnin diesellukin vaihtaminen hybridiin vähentää hiilidioksidipäästöjä  
vain noin 31 CO<sub>2</sub> tonnilla. Isompia konttilukkeja pitäisi vaihtaa 13 kappaletta  
päästötaavoitteen saavuttamiseksi (taulukko 12). Täyssähköisten konttilukkien  
operointiin liittyy käytännön ongelmia mm. akkujen kapasiteetin, enimmäis-  
työskentelyajan ja lataamisajan vuoksi. Lisäksi täyssähköisten ja hybridikontti-  
lukkimallien hankintahinta on huomattavasti korkeampi kuin dieselkäyttöisten.  
Myöskään biopolttoaineiden käytön lisäämisellä ei ole järkevää yrittää saavut-  
taa asetettua tavoitetta, koska niiden käyttö vähennä koko Suomen tasolla hii-  
lidioksidipäästöjä.

Satama voisi vähentää päästöjä jonkin verran tukemalla satamaoperaattoreita  
hankkimaan vähempipäästöisiä täyssähköisiä konttilukkeja myöntämällä alen-  
nuksia satamamaksuista. Satama voi myös hankkia koekäyttöön hybridi- tai  
täyssähkölukkeja esimerkiksi leasing-sopimuksilla. Päästövähennystavoitetta  
ei kuitenkaan tutkimustulosten mukaan voida saavuttaa vaihtamalla diesel-  
käyttöiset konttilukit sähköisiin eikä ainakaan hybridikonttilukkeihin.

Satama voisi myös selvittää aiempaa tarkemmin, onko työkoneiden hiilidioksi-  
dipäästöjen määrä laskettu oikein. Erityisesti olisi tarpeen selvittää, mistä suu-  
rin osa työkoneiden hiilidioksidipäästöistä nykyään aiheutuu.

### 8.3 Ehdotuksia jatkotoimista

Tutkimustulosten perusteella Satamalla ei ole tässä vaiheessa nopeasti vaikuttavia keinoja ainakaan konttilukkien hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Satama voisi selvittää satama-alueilla tapahtuman toiminnan hiilidioksidipäästöjä ja niiden vähentämistä kokonaisuutena. Vaikka alusten, työkoneiden ja ns. kumipyöräliikenteen päästöjen vähentämiskeinot eivät ole sataman päätettävissä, kannattaa selvittää, missä em. osa-alueilla olisi nopeinta ja kustannustehokkainta saada päästövähennyksiä aikaan. Sataman kokonaispäästöjen vähentymismäärä on tärkeämpää ilmastonmuutoksen torjunnassa kuin eri toimintojen päästövähennystavoitteiden saavuttaminen.

Sataman ja satamaoperaattoreiden kannattaa seurata satamissa käytettävien työkoneiden teknologista kehitystä ja pyrkiä hankkimaan mahdollisimman vähäpäästöisiä työkoneita. Satama voisi edistää uusien sähköisten tai hybridi-konttilukkien käyttöä hankkimalla itse kokeiluun pari erilaista konttilukkimallia ja vuokraamalla ne koekäyttöön satamaoperaattoreille. Vasta kokeilun perusteella selviäisi, paljonko nykyisillä tai tulevaisuudessa myyntiin tulevilla täyssähköisillä ja hybridikonttilukeilla voidaan vähentää työkoneiden hiilidioksidipäästöjä Vuosaaren satamassa.

Satama ja satamaoperaattorit voivat joutua odottamaan, että vetyä pystytään hyödyntämään työkoneiden polttomooottoreissa. Vetyä pidetään tulevaisuuden polttoaineena. Se on puhdas energian lähde ja tehokas energian varastointiväline. Vedyn tuotanto vaatii paljon sähköä, ja sen varastointi ja kuljetus ovat vielä haastavia. Vety sopii hyvin teollisuuden, satamien ja raskaiden ajoneuvojen polttoaineeksi. (Vetytalous s.a.)

Suomen hallitus on päättänyt vetytalouden edistämisestä ja Suomen vetystrategian laatimisesta. Suomella katsotaan olevan edellytykset tuottaa jopa 10 prosenttia EU:n päästöttömästä vedystä vuonna 2030. (Valtioneuvosto 2023a.) Suomen peruskalliosta löytyy uutisten mukaan hyödynnettävissä olevaa vetyä. (Schönberg s.a.)

#### 8.4 Tutkimuksen luotettavuuden ja uskottavuuden arviointi

Tärkeimmät tämän tutkimuksen lähteistä ovat Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n raportteja. VTT:n omistaa Suomen valtio, ja se on yksi Euroopan johtavista tutkimuslaitoksista. VTT:n erityistehtävänä on riippumattomana ja puolueettomana tutkimuslaitoksena edistää tutkimuksen ja teknologian laaja-alaista hyödyntämistä sekä kaupallistamista elinkeinoelämässä ja yhteiskunnassa. VTT:n tutkimusraportteja voidaan käyttää lisätietojen hankkimiseksi myös muiden satamien tai teollisuusyritysten hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Opinnäytetyön teoriaosa täyttää em. perusteilla sen luotettavuudelle asetetut vaatimukset (Jyväskylän yliopisto.)

Opinnäytetyön tutkimusosa perustuu Helsingin Sataman julkisista vuosikertomuksista saatuihin tietoihin. Satama on osakeyhtiö, ja sen tilinpäätökset on tilintarkastettu. Tutkimusosassa hyödynnetyt ja analysoidut tiedot ja luvut ovat siten luotettavia. Luvuista on laadittu laskelmat, jotka on tarkastettu useampaan kertaan ennen niiden liittämistä opinnäytetyöhön taulukkoina. Helsingin Satamaa koskevat tutkimustulokset eivät ole sellaisinaan suoraan siirrettävissä muihin kohteisiin, koska on kyse vain yhtä yritystä koskevasta tapaustutkimuksesta. Tutkimustulokset voidaan ylemmällä tasolla yleistää siten, etteivät muutkaan yritykset eikä myöskään Helsingin kaupunki ole edenneet kovin nopeasti kohti oman toiminnan hiilineutraalisuutta vuonna 2025. Tutkimustulokset voidaan yleistää myös sillä perusteella, etteivät sähkökäyttöiset raskaat ja liikkuvat työkoneet ole helposti sähköistettävissä. Nekään eivät ole täysin päästöttömiä, jos otetaan huomioon akkujen raaka-aineiden tuotanto ja niiden käyttämisen sähkön tuotantotapa.

Tutkimuksen empiirisessä osuudessa oli tarkoitus hankkia aineistoa Vuosaaren satamassa käytössä olevista lukeista ja jo tehdyistä toimenpiteistä niiden päästöjen vähentämiseksi sekä ehdotuksia tulevaisuudessa käyttöön otettavista keinoista. Suunnitellut kyselyt kahdelle konttilukkeja käyttävän satamaoperaattorin edustajille eivät toteutuneet yrityssalaisuuksien vaarantumisen pelon vuoksi. Sataman päälliköistä toinen vastasi sähköpostikyselyyn. Vastajien määrän vuoksi empiirinen aineisto jäi vähäiseksi, mutta ainoalta kyselyyn vastanneelta saatiin kyselyn ja tutkimuksen kannalta merkityksellisiä tietoja.

## LÄHTEET

Agritek 2022. Ajankohtaista. New Holland biokaasutraktori nyt Suomessa. Julkaistu 5.4.2022. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.agritek.fi/new-holland/ajankohtaista/t6-biokaasutraktori-nyt-suomessa> [viitattu 2.5.2024]

Autoalan tiedotuskeskus 2019. Polttoaineet ja käyttövoimat. Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. Käyttövoimaopas. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://www.aut.fi/files/2044/Kayttovoimaopas\\_2019.pdf](https://www.aut.fi/files/2044/Kayttovoimaopas_2019.pdf) [viitattu 12.5.2024]

Barbadosport s.a. Konttilukin kuva. JPG-kuva.

Saatavissa: <https://barbadosport.com/wp-content/uploads/2022/03/modern11-768x1020.jpg> [viitattu 19.5.2024]

Energiamaailma s.a. Energian tuotanto. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto> [viitattu 9.5.2024]

Energiavirasto s.a. Jakeluvaihte. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/jakeluvaihte> [viitattu 8.5.2024]

Eromäki, V. 2023. Mikä ihmeen jakeluvaihte? YLE. julkaistu ja päivitetty 10.6.2023. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20036079>. [viitattu 9.5.2024]

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/1628 liikkuviin työkoneisiin tarkoitettujen polttomoottoreiden kaasu- ja hiukkaspäästöjen raja-arvoihin ja tyyppihyväksyntään liittyvistä vaatimuksista. Annettu 14.9.2016. [Viitattu 25.4.2024]

Euroopan komissio s.a. Ilmaston muutoksen syyt. WWW-julkaisu. Saatavissa: [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change\\_fi](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_fi) [Viitattu 25.4.2024]

Haikala, T. 2024. Yliopistolehti 10/2023. Sähköautojen määrä räjähti – joka kolmas Suomessa vuonna 2023 ensirekisteröity henkilöauto liikkuu sähköllä. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/kestavyysmurros/sahkoautojen-maara-rajahiti-joka-kolmas-suomessa-vuonna-2023-ensirekisteroity-henkilo-auto-liikkuu-sahkolla> [viitattu 13.5.2024]

HNRY s.a. Hiilineutraalit ja resurssiviisaat yritysalueet -hanke. 2019–2021. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://hnry.fi>. WWW-julkaisu [viitattu 2.5.2024]

Helsingin kaupunki 2021. Alustus Tiekartasta. Tiekartta Vuosaaren sataman CO2-päästövähennyksille. VTT:n esitys 12.4.2021. PDF-julkaisu.

Saatavissa: [https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/ilmasto-teot/hankkeet/Vuosa\\_tiekartta\\_visualisointi.pdf](https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/ilmasto-teot/hankkeet/Vuosa_tiekartta_visualisointi.pdf) [viitattu 18.3.2024]

Helsingin kaupunki. 2024. Hiilineutraali Helsinki. Hiilineutraali Helsinki -päästö-  
vähennysohjelma, päivitetty 1.2.2024. PDF-julkaisu.

Saatavissa: <https://ahjojulkaisu.hel.fi/FD5F54B0-6CB8-CB87-9406-8D6935700000.pdf> [viitattu 18.4.2024]

Helsingin kaupunki s.a. Hiilineutraali Helsinki -päästövähennysohjelma ja sen  
seuranta. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://helsinginilmastoteot.fi/city-act/helsingin-ilmastotavoitteet-ja-seuranta> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin kaupunki s.a. Helsingin kaupunkistrategia 2021–2025. Liikenne-  
ratkaisut. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.myhelsinki.fi/fi/valitse-vastuullisemmin/helsinki-hiilineutraaliksi>. [viitattu 18.4.2024]

Helsingin kaupunki. 2024. Kaupunginhallituksen päätös 26.2.2024. Pöytäkirja  
110 §. Esittelijän perustelut. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://paatokset.hel.fi/fi/asia/hel-2024-001854?paa-tos=39c7d703-b372-436a-b2cd-5a74b44791ea> [viitattu 18.3.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Hiilineutraali Satama. Hiilineutraali satama mani-  
festi. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/tietoa-meista/vastuullisuus/ymparisto-vastuu/hiilineutraali-satama> [viitattu 2.5.2024].

Helsingin Satama Oy. s.a. Historia. WWW-dokumentti.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/tietoa-meista/helsingin-satama/historia> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Hyvä hallintotapa. WWW-dokumentti.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/tietoa-meista/helsingin-satama/hyva-hallintotapa> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Rahti- ja matkustajasatamat. WWW-dokumentti.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/ammattilaisille/rahti-ja-matkustajasatamat> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Vuosaaren satama. WWW-dokumentti.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/ammattilaisille/rahti-ja-matkustajasatamat/vuosaaren-satama> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Vuosaaren satama laajenee. WWW-dokumentti.

Saatavissa: [www.portofhelsinki.fi/uudistamme-satamaa/sataman-kehittamisohjelma/vuosaaren-satama-laajenee](http://www.portofhelsinki.fi/uudistamme-satamaa/sataman-kehittamisohjelma/vuosaaren-satama-laajenee) [viitattu 19.4.2024]

Helsingin Satama Oy. s.a. Vuosaaren sataman operaattorit. WWW-doku-  
mentti.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/ammattilaisille/rahti-ja-matkustajasatamat/vuosaaren-satama> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2020. 3. RAHTI. Rahtimäärä ylsi lähes edellisen ennätysten tasolle. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://vuosikertomus2019.portofhelsinki.fi/tavaraliikennelukuina> [viitattu 28.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2020. 6. KESTÄVÄ KEHITYS. Matkalla hiilineutraaliksi. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://vuosikertomus2019.portofhelsinki.fi/kestavakehitys> [viitattu 28.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2020. 6. KESTÄVÄ KEHITYS. Hiilineutraali Helsingin Satama 2035. WWW-julkaisu. Saatavissa:

<https://vuosikertomus2019.portofhelsinki.fi/kestavakehitys/hiilineutraali-helsingin-satama-2035/> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2022. 5. VASTUULLINEN SATAMA. Vastuullinen satama – hiilineutraalisuus askeleen lähempänä. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://vuosikertomus2021.portofhelsinki.fi/vastuullisuus> [viitattu 28.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2023. 5. VASTUULLINEN SATAMA. Ympäristövastuu – viikastanut liikenne kasvatti hiilidioksidipäästöjä. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://vuosikertomus2022.portofhelsinki.fi/vastuullisuus/ymparistovastuu> [viitattu 16.4.2024]

Helsingin Satama Oy. 2024. Vuosikertomus 2023. PDF-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.portofhelsinki.fi/wp-content/uploads/2024/03/Vuosikertomus-2023.pdf> [viitattu 27.4.2024]

HNRY s.a. Hiilineutraaleja ja resurssiviisaita ratkaisuja yritysalueille. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://hnry.fi/> [viitattu 2.5.2024]

Ilmastolaki 423/2022. Annettu 10.6.2022. [viitattu 2.5.2024]

Ilmasto-opas s.a. Ilmastopolitiikan seuranta. Poliittikkatoimet liikenteen päästöjen vähentämiseksi ja niiden eteneminen. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/politiikkatoimet-liikenteen-paastojen-vahentamiseksi-ja-niiden-eteneminen> [viitattu 26.4.2024]

Jyväskylän yliopisto s.a. Menetelmäpolku. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku> [viitattu 16.5.2024]

Kalmar. Gargotec Finland Oy s.a. Konttilukit. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/konttilukit/sahkoinen-konttilukki/> [viitattu 17.5.2024]

Kalmar. Gargotec Finland Oy s.a. Sähköiset konttilukit. PDF-julkaisu.

Esitteet tilattavissa: <https://www.kalmarglobal.com/equipment-services/straddle-carriers/electric-straddle-carrier/> [viitattu 17.5.2024]

Kalmar. Gargotec Finland Oy s.a. Terminaalitraktorit. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/terminaalitraktorit/> [Viitattu 17.5.2024]

Kalmar. Gargotec Finland Oy s.a. Konttikurottajat. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/konttikurottajat> [Viitattu 17.5.2024]

Kalmarin myyntipäällikkö. 2024. Gargotec Finland Oy. Sähköpostiviesti  
14.5.2024. [Viitattu 16.5.2024]

Kananen, J. 2019 Opinnäytetyön ja pro gradun pikaopas – Avain opinnäytetyön ja pro gradun kirjoittamiseen. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu -sarja. ISBN 978-951-830-521-0. PunaMusta Oy. [Viitattu 10.5.2024]

Konecranes s.a. Konecranes Oyj. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://www.konecranes.com/fi/laitteet/satamalaitteet> [Viitattu 17.5.2024]

Laki biopolttoöljyn käytön edistämisestä 418/2019. Annettu 29.3.2019.  
[Viitattu 9.5.2024]

Laki uusiutuvien biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä  
446/2007. Annettu 13.4.2007.[viitattu 2.5.2024]

Laki uusiutuvien biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun  
lain muuttamisesta 419/2019. Annettu 29.3.2019. .[viitattu 2.5.2024]

Laki uusiutuvien biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun  
lain muuttamisesta 1279/2023. Annettu 28.12.2023. .[viitattu 2.5.2024]

Laske oma hiilijalanjälki s.a. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/laske-oma-hiilijalanjalki-ja-aloita-ilmastodieetti> [Viitattu 12.5.2024]

Liebherr Finland Oy Ab. s.a. Satamanosturit. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://www.liebherr.com/int/fi/fin/suomi/yritysta-koskevia-tietoja/liebherr-tuotedivisioonat/satamanosturit/satamanosturit.html> [viitattu 17.5.2024]

Markkanen, J. s.a. Miten työkoneet valjastetaan hiilineutraalin sataman luomiseen. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://hnry.fi/tyokoneiden-vahahiiliset-ratkaisut-vuosaaren-rahti-satamatoiminnassa> [viitattu 3.5.2024]

Markkanen, J & Laukkonen, A. 2021. Työkoneiden päästöjen perusennuste ja sähköistymisen vaikutus päästöihin, 2021, VTT Asiakas-raportti Nro VTT-CR-00245-21. PDF-julkaisu.  
Saatavissa: [cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT\\_CR\\_00245\\_21.pdf%20](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT_CR_00245_21.pdf%20) [viitattu 28.4.2024 ]

Motiva Oy. s.a. Ratkaisut. Kestävä liikenne. Valitse auto viisaasti. WWW-julkaisu.

Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energiالاhteet/diesel](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energiالاhteet/diesel) [12.5.2024]

Motiva Oy. s.a. Työkonealan verkkokoulutus. Uusi työkonealan verkkokoulutus opastaa päästöjen vähentämiseen.2021.WWW-julkaisu.

Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2021/uusi\\_tyokonealan\\_verkkokoulutus\\_opastaa\\_paastojen\\_vahentamiseen.17383.news](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2021/uusi_tyokonealan_verkkokoulutus_opastaa_paastojen_vahentamiseen.17383.news) [viitattu 1.5.2024]

Mäenpää, A. 2024.Helsingin Sanomat. Verkkouutiset 27.4.2024. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.verkkouutiset.fi/a/liikenneministeri-hsssa-polttomootoriautot-eivat-tule-katoamaan-suomesta-koskaan/#394df79d>

Nylund, N-O., Söderena, P. & Rahkola, P. 2016.Työkoneiden CO2päästöt ja niihin vaikuttaminen. Tutkimusraportti VTT-R-04745-16 PDF-julkaisu.

Saatavissa: [https://www.transsmart.fi/files/426/Tyokoneiden\\_CO2\\_paastot\\_ja\\_niihin\\_vaikuttaminen.pdf](https://www.transsmart.fi/files/426/Tyokoneiden_CO2_paastot_ja_niihin_vaikuttaminen.pdf) [viitattu 2.5.2024]

OPENCO2NET. s.a. CO2-termit tutuiksi. WWW-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa> [viitattu 10.5.2024]

Pellikka, S. s.a. Haastatteluyhteenveto. Vähäpäästöisen työkoneliikenteen edistäminen Vuosaaren satamassa. PDF-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/ilmasto-teot/hankkeet/hnry-haastatteluyhteenveto-vuosaaren-satama.pdf> [Viitattu 3.5.2024]

Pihlatie, M., Laurikko, J., Naumanen, M., Wiman, H., Rökman, H., Pettinen, R., Paakkinen, M. Hajduk, P. Rahkola, P., Laukkanen & M. Sahari, A. 2021. Kaupallisten ajoneuvojen rooli liikenteen ilmastopolitiikassa (KAROLIINA). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:34 ISBN PDF 978-952-383-460-6. PDF-dokumentti

Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163098> [viitattu 28.4.2024]

Pihlatie, M., Söderena, P., Markkanen, J., Nylund, N-O., Rahkola, P., Aman, R., Muona, T., Penttinen, R., Shah, S.& Barabauskas, M. 2022. Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot. VTT Valtioneuvoston Selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:63. PDF-julkaisu.

Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164372/VNTEAS\\_2022\\_63.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164372/VNTEAS_2022_63.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [viitattu 29.4.2024].

Päästöttömät työmaat sopimus. s.a. Päästöttömät työmaat – Kestävien hankintojen green deal -sopimus. PDF-julkaisu.

Saatavissa: <https://hnry.fi/wp-content/uploads/2021/04/Green-deal-sopimus-allekirjoitettavaksi.pdf> [viitattu 2.5.2024]

Saavedran, C., Welvaarts, W., Koironen, V. & von Broeck, D. s.a. Port electrification and the Road to Zero. A Kalmar and Rebel white paper. PDF-julkaisu.

Saatavissa: <https://www.kalmarglobal.com/news--insights/whitepapers/port-electrification-and-the-road-to-zero-emissions/> [Viitattu 16.5.2024]



Sataman päällikkö. 2024. Helsingin Satama Oy. Sähköpostiviesti 8.5.2025.  
[Viitattu 18.5.2024]

Sataman päällikkö 2. 2024. Helsingin Satama Oy. Sähköpostiviesti ja puhelinkeskustelu 16.5.2024. [Viitattu 18.5.2024]

Schönberg, K. s.a. Yle. 18.3.s.a. Suomen peruskalliosta saattaa löytyä suuret energiavarat – luonnollinen vety voi muuttaa kaiken. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20079433> [viitattu 19.5.2024]

Stage s.a. Koneluokitus. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: [www.koneluokitus.fi/stage-paastoluokitus](http://www.koneluokitus.fi/stage-paastoluokitus) [viitattu 18.5.2024]

Söderena, P., Nylund, N-O., Pettinen, R., Muona, T., Markkanen, J., Paakkinen, M., Similä, L., Koljonen, T., Sokka, L. & Pihlatie, M. 2021. Selvitys ja tiekartta Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksille. VTT:n raportti VTT-CR-01565-20 | 25.3.2021W. PDF-dokumentti.  
Saatavissa: <https://hnry.fi/wp-content/uploads/2021/04/Selvitys-ja-tiekartta-paastovahennyksille.pdf> [viitattu 27.4.2024]

Tapaninen, U., 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Gaudeamus Oy, ISBN 978-951-672-376-4 [viitattu 18.4.2024].

Teknisen Kaupan Liitto ry. 2023. Green deal -sopimusten väliaikatavoitteet hyvällä mallilla. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://tekninen.fi/uutishuone/green-deal-sopimusten-valiaikatavoitteet-hyvalla-mallilla> [viitattu 2.5.2024]

Traficom 2021a. Liikenne- ja viestintävirasto. Tilastot, Tavaraliikenne Suomessa. Julkaistu 28.9.2021.Päivitetty 3.5.2024. WWW-dokumentti.  
WWW-dokumentti.  
Saatavissa: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/tavaraliikenne-suomessa> [viitattu 16.4.2024.]

Traficom. 2021b. Liikenne- ja viestintävirasto. Tilastot, Liikenne satamissa. Julkaistu 24.6.2021.Päivitetty 31.1.2024. WWW-dokumentti.  
Saatavissa: <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenne-satamissa> [viitattu 16.4.2024]

Tuomi, J. Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Toinen uudistettu painos. Helsinki: Tammi. [Viitattu 17.5.2024]

Valtioneuvosto 2022. Liikkuvien työkoneiden päästövähennysten tiellä haasteita. Tiedote 605/2022. Julkaistu 19.20.2022.  
Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/selvitys-liikkuvien-tyokoneiden-paastovahennysten-tiella-haasteita> [viitattu 26.4.2024]

Valtioneuvosto 2023a. Valtioneuvoston periaatepäätös vedystä. 9.2.2023. Työ- ja elinkeinoministeriön laatima muistio 9.2.2023.  
Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f8080db83> [26.4.2024]

Valtioneuvosto 2023b. Valtioneuvoston tiedote. Green deal -sopimus lisännyt työkonealan sähköistymistä. Tiedote julkaistu 5.9.2023.  
<https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/green-deal-sopimus-on-lisannyt-tyokonealan-sahkoistymista>

Vetytalous s.a. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://vetylaitos.fi/vetytalous> [Viitattu 19.5.2024]

Ympäristöministeriö 2023. Ympäristöministeriö ja Teknisen Kaupan Liitto ry. Green deal -sopimus on lisännyt työkonealan sähköistymistä. Tiedote 5.9.2023. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/green-deal-sopimus-on-lisannyt-tyokonealan-sahkoistymista> [viitattu 26.4.2024]

WWF s.a. Mistä ilmastonmuutos johtuu? WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos> [Viitattu 27.4.2024].

Ympäristöministeriö s.a.. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka> [viitattu 28.4.2024].

Ympäristöministeriö. s.a. Green Deal -sopimukset. Päästöttömät työmaat. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://ym.fi/green-deal-sopimukset>. [viitattu 2.5.2024]

Ympäristöministeriö. s.a. Green Deal -sopimukset. Työkonepäästöjen vähentäminen. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://ym.fi/green-deal-sopimukset> [viitattu 2.5.2024]

Ympäristöministeriö. s.a. Ilmaston muutoksen hillintä. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/ilmasto-muutoksessa/ilmastonmuutoksen-hillinta> [viitattu 26.4.2024]

Ympäristöministeriö s.a. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. WWW-julkaisu.  
Saatavissa: <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka> [viitattu 26.4.2024]

Ympäristöministeriö. 2023a. Ilmastovuosikertomus 2023. Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:27 K 17/2023 vp. PDF-julkaisu ISBN pdf: 978-952-361-576-2.  
Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165065/YM\\_2023\\_27.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165065/YM_2023_27.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
ISBN pdf: 978-952-361-576-2 [viitattu 26.4.2024]

Ympäristöministeriö. 2023b. Ilmastovuosikertomus 2023. Tiivistelmä. PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165065/YM-ilmastovuosikertomus-2023-tiivistelma.pdf?sequence=7&isAllowed=y> [viitattu 26.4.2024]

Ympäristöministeriö. 2023c. Työkonealan Green deal -sopimuksen väliarviointi kaudelta 10/2019–12/2022 (tiivistelmä). PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf/94ff25a0-76ee-2f55-d6dc-b5e2355528a2/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf/94ff25a0-76ee-2f55-d6dc-b5e2355528a2/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf/Ty%C3%B6konealan+green+deal+-sopimuksen+arviointi+2023+-+tiivistelm%C3%A4.pdf?t=1693540934592) [viitattu 28.4.2024]

...

## KYSELYLOMAKE SATAMAN EDUSTAJILLE

### Taustaa

VTT on tehnyt Helsingin kaupungin toimeksiannosta selvityksen Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksistä. Toimeksiannosta laadittu raportti *Selvitys ja tiekartta Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksille* on julkaistu 25.3.2021.

Sataman tavoitteena on vähentää satama-alueiden työkoneiden päästöjä 60 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 2015 tasosta. Selvityksen mukaan sataman konttilukkien päästöt olivat noin 70 prosenttia sataman työkoneiden päästöistä.

Selvitystä tehtäessä on haastateltu Helsingin Satamaa ja satamassa toimivia yrityksiä 31.11.2019–31.1.2020 välisenä aikana. Haastatteluissa on työkoneiden päästöjen lisäksi käsitelty laajemmin yritysten ympäristötyötä sekä Helsingin Satama Oy:n ohjauskeinoja. Haastateltavien näkemykset eivät edustaneet yritysten virallisia kantoja.

Olen tekemässä opinnäytetyötäni, jonka tarkoituksena on selvittää, onko Vuosaaren satamassa pystytty vähentämään konttilukkien hiilidioksidipäästöjä selvityksen jälkeen ja myös, miten VTT:n Tiekartan toimenpiteiden toteuttaminen on edennyt tähän mennessä.

1. Mistä vuosikertomuksiin saadaan työkoneiden hiilidioksidipäästöjen määrä?
2. Miten Satama seuraa satamaoperaattoreiden edistymistä työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä?
3. Onko VTT:n selvityksen tiekarttaa päivitetty, kun työkoneiden hiilidioksidipäästöjen 60 %:n vähentämisen aikataulua on kiristetty vuodesta 2035 vuoteen 2030?
4. Mitä ohjaus- tai muita keinoja Vuosaaren Satamalla voisi olla työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi?

## KYSELYLOMAKE SATAMAOPERAATTOREILLE

### Taustaa

VTT on tehnyt Helsingin kaupungin toimeksiannosta selvityksen Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksistä. Toimeksiannosta laaditun raportti *Selvitys ja tiekartta Vuosaaren sataman työkoneliikenteen päästövähennyksille* on julkaistu 25.3.2021. Selvityksen mukaan satamalukkiin päästöt olivat noin 70 prosenttia sataman työkoneiden hiilidioksidipäästöistä.

Selvitystä tehtäessä on haastateltu yrityksiä 31.11.2019–31.1.2020 välisenä aikana. Myös yritystänne on haastateltu satamaoperaattoreille suunnatussa osassa. Haastateltavien näkemykset eivät edustaneet yritysten virallisia kantoja.

Olen nyt tekemässä opinnäytetyötä, jossa selvitän, miten **Vuosaaren satama** on onnistunut vähentämään lukkiin hiilidioksidipäästöjä.

Vastauksessanne antamanne tiedot ovat luottamuksellisia. Esim. työkoneiden määrä tullaan ilmoittamaan opinnäytetyössäni vain yhteismääränä. Yritystänne koskevia muitakaan tietoja ei tulla ilmaisemaan siten, että niistä voisi käydä ilmi, mikä yritys on kyseessä.

### KYSYMYKSET

1. Onko yrityksenne tehnyt toimenpiteitä 1.2.2020 (edellisten haastattelujen jälkeen) lukkiin hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi Vuosaaren satamassa?
  - Jos on tehty, niin mitä ja paljonko päästöt ovat vähentyneet?
2. Nykyisin käytössä olevat lukit Vuosaaren satamassa
  - Paljonko Teillä on nykyisin lukkeja Vuosaaren satamassa?
  - Minkä kokoisia (teho ja nostokyky) lukit ovat?
  - Minkäikäisiä lukit ovat ja paljonko niillä on vielä käyttöikä?
  - Mikä on lukkiin käyttövoima?
3. Lukkiin hankinta tulevaisuudessa Vuosaaren satamaan
  - Onko yrityksellänne suunnitelmia hankkia uusia lukkeja?
  - Jos on, niin milloin uusien lukkiin hankinta voisi olla ajankohtaista?
  - Jos on, niin olisitteko kiinnostuneita osallistumaan vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien lukkiin pilotointiin ennen hankintaa?
4. Vähempipäästöiset lukit Vuosaaren satamassa
  - hybridi eli sähkö-dieselkäyttöiset lukit  
Mitä etuja ja haittoja em. lukkiin tyypistä voisi olla yrityksenne toiminnassa?
  - sähkö- eli akkukäyttöiset lukit  
Mitä etuja ja haittoja sähkökäyttöisistä lukeista voisi olla yrityksenne toiminnassa?
  - Olisiko yrityksenne kiinnostunut em. uusien lukkiin koekäytöstä?
  - Kumpi eli hybridilukki vai täyssähköinen lukki olisi kiinnostavampi ja millä perusteella?
5. Miten Vuosaaren satama voisi edistää lukkiin hiilidioksidipäästöjen vähentämistä yrityksenne näkökulmasta?

## SATAMATYÖKONEIDEN PÄÄSTÖJEN JA KÄYTTÖKUSTANNUSTEN VERTALU ERI KÄYTTÖVOIMILLA (Söderena ym. 2021, 58)

Taulukko 4: Hiilidioksidiekvivalenttitonnin hinta vuosina 2020–2021  
verrattuna fossiilisella MPÖ:llä toimivaan työkoneeseen.

Työkone tyyppi	Muutos	TTW päästöt (tCO <sub>2</sub> ekv)	Käyttö- kustannukset	Investointi- kustannukset	Vuositason kokonais- kustannukset	TTW säästetyn CO <sub>2</sub> ekv-tonnin hinta
Lukki < 40 t	Vaihto hybridiin	-31	-12 107 €	11 406 €	-701 €	-22 €
Lukki < 40 t	Vaihto täyssähköön	-105	-28 589 €	22 813 €	-5 777 €	-55 €
Lukki < 40 t	Vaihto bioon	-103	18 000 €	0 €	18 000 €	175 €
Lukki => 40 t	Vaihto hybridiin	-137	-52 968 €	11 406 €	-41 562 €	-303 €
Lukki => 40 t	Vaihto täyssähköön	-366	-100 063 €	22 813 €	-77 251 €	-211 €
Lukki => 40 t	Vaihto bioon	-360	62 999 €	0 €	62 999 €	175 €
T-traktori <= 36 t	Vaihto täyssähköön	-46	-12 702 €	18 050 €	5 348 €	115 €
T-traktori <= 36 t	Vaihto bioon	-46	7 997 €	0 €	7 997 €	175 €
T-traktori > 36 t	Vaihto täyssähköön	-63	-17 154 €	18 050 €	896 €	14 €
T-traktori > 36 t	Vaihto bioon	-62	10 800 €	0 €	10 800 €	175 €
Kurottaja => 40 t	Vaihto hybridiin	-30	-11 556 €	7 521 €	-4 035 €	-135 €
Kurottaja => 40 t	Vaihto täyssähköön	-100	-27 288 €	26 573 €	-715 €	-7 €
Kurottaja => 40 t	Vaihto bioon	-98	17 180 €	0 €	17 180 €	175 €
Trukki <= 5 t	Vaihto täyssähköön	-9	-2 502 €	12 033 €	9 531 €	1 041 €
Trukki <= 5 t	Vaihto bioon	-9	1 575 €	0 €	1 575 €	175 €
Trukki > 5 t	Vaihto hybridiin	-11	-4 056 €	9 025 €	4 969 €	473 €
Trukki > 5 t	Vaihto täyssähköön	-35	-9 577 €	12 033 €	2 456 €	70 €
Trukki > 5 t	Vaihto bioon	-34	6 030 €	0 €	6 030 €	175 €

## TIEKARTAN AIKATAULU TYÖKONEPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI

	2021–2022	2022–2027	2027–2035	2035–
	<p><b>Tavoite 2035: Vuosaaren sataman työkoneiden CO<sub>2</sub>-päästöjen vähenemä 60 % vrt. vuoden 2015 taso</b></p>			
	<p>Hillineutraalien toimintojen kysynnän kasvu sekä energiatehokkuuden parantaminen</p>			
	Ei-PKS:n taakanjako, Nyt Suomi -39 %	Uusiutuvan energian edistäminen (EU) 2018/2001	Puhtaiden ajoneuvojen edistäminen (EU) 2019/1161	Kuorma-autojen CO <sub>2</sub> -lainsäädäntö
	<p>Kansalliset päästövähennystavotteet (ilmasto- ja energiastrategia (nyt 2016), hallitusohjelma, liikenne -50 %). Päivitetään 2021</p>			
	<p>Huoltovarmuus, vaikutukset käyttövoimien ja infrastruktuurin osalta</p>			
	<p>Uusiutuvan jakeen osuuden kasvu moottoripolttoöljyssä (3 % / 2021 – 10 % / 2030)</p>			
	<p>Satamatoimintojen kasvu</p>			
	<p>Työkoneteknologian kehittyminen kohti pienempiä CO<sub>2</sub>-päästöjä sekä energiatehokkuuden parantaminen</p>			
	<p>Vähähiilisten palveluiden kysynnän kasvu / CO<sub>2</sub>-päästöjen hintakompensointi / todelliset CO<sub>2</sub>-päästöt</p>			
	<p>Vuosaaren kilpailullanne keskeisten kilpailijatasatamien kanssa</p>			
	Uusien teknologojen pilotointi ja toimintamallien kehittäminen		Vaihteellinen siirtyminen markkinaehtoiseen vaihteelliseen toimintaan	
	Operaattoreiden mallinnus akkusuhteisten työkoneen mitoittamiseksi (akut ja lataus)	Akkusuhteisten työkoneiden pilotointi	Akkusuhteisten työkoneiden vaihteellinen käyttöönnotto	
	Pilotoitinnan valittavien työkoneiden ja latausjärjestelmien valinta mallinnusten ja arvioiden pohjalta	Tarvittavien latausjärjestelmien pilotointi (pika ja tavallinen, älylatausjärjestelmät) ja operointimallit	Latausinfrastruktuurin rakentaminen palvelumaan laajempaa työkonejoukkoa	
	Uusiutuvien polttoaineiden pilotointi polttoaine- ja konevalmistajien konsultointi käytön osalta	Uusiutuvien polttoaineiden käytön pilotointi	Pilotoitinvaiheen kokemusten reflektointi ja tulosten huomiointi jatkokäytössä	
	Markkinakeskustelu uusien toimintamallien muodostamiseksi (hiilivapaa satamapalvelu, latausinfraan liittyvä sataman muuhun infrastruktuuriin, jaardinsturit)		Uusiutuvan dieselin vaihteellinen käyttöönnotto	
			Uusien operointimallien laajamittainen käyttöönnotto	



Maailmanlaajuiset trendit, lainsäädäntö

Kansallinen ja Helsingin kaupungin kehitys

Teknologiat, asiakkaat ja satamaoperaattorit

Toimenpiteet